



**José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos, DSc
Editor**

Geologia Ambiental e Médica do Estado da Bahia

Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

Volume I

Licenciamento e Estudos Ambientais

Salvador

2021

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos, DSc

Editor

Geologia Ambiental e Médica do Estado da Bahia

Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

Volume I

Licenciamento e Estudos Ambientais

Salvador
2021

Copyright © 2021 by José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta edição pode ser utilizada ou reproduzida — em qualquer meio ou forma, seja mecânico ou eletrônico, fotocópia, gravação etc. — nem apropriada ou estocada em sistema de banco de dados sem a expressa autorização do autor.

Todos os direitos reservados pelo Editor, seja no todo ou parte do material, incluindo os direitos de tradução, reprodução, reutilização das ilustrações, recitação, transmissão, reprodução em microfilme ou por qualquer outro meio, e transmissão ou armazenamento, adaptação eletrônica, software ou qualquer outro método ainda desconhecido ou em desenvolvimento.

Texto fixado conforme as regras do Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa
(Decreto Legislativo nº 54, de 1995)

Design e Diagramação: Aciel Ashantis

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Anjos, José Ângelo Sebastião Araújo dos
Geologia ambiental e médica do estado da Bahia
[livro eletrônico] : avaliação de impactos ambientais
(AIA) ; volume I : licenciamento e estudos ambientais
/ José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos [editor] . --
1. ed. -- Salvador : EDUFBA, 2021 . --
(Coleção ambiental ; 1)

ISBN 978-65-00-23593-7

ISSN 2764-2283

DOI <https://doi.org/10.60111/978-65-00-23593-7>

1. Geociências 2. Geologia ambiental 3. Impacto
ambiental - Estudo de casos I. Título II. Série.

21-66853

CDD-553

Índices para catálogo sistemático :

1. Geologia e meio ambiente 553

Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária – CRB- 1/3129

Acerca do Editor

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos

Geólogo, Especialista em Avaliação de Impactos Ambientais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre e doutor em Engenharia Mineral pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Associado da Universidade Federal da Bahia (UFBA), lecionando na graduação em geologia as disciplinas Geologia Ambiental e Geologia de Campo II, no Programa de Pós-graduação em Geologia, as disciplinas Geologia Ambiental; Grandes Minas do Semiárido Baiano, e Avaliação de Impactos Ambientais/Recuperação de Áreas Degradadas. Coordenou o Programa de Pós-graduação em Geologia durante o período de 2018 a 2019. Lecionou na Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC), nos cursos de Ciências Biológicas, Engenharia Ambiental, Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas, e no Programa de Pós-graduação em Energia, da Universidade Salvador (UNIFACS), as disciplinas: Avaliação de Impactos Ambientais (AIA); Plano de Recuperação de áreas Degradadas (PRAD) e Gestão Ambiental, durante o período de 2005 a 2009. Na Universidade Salvador, implementou o curso de Engenharia Ambiental, lecionando as disciplinas Geologia Ambiental e Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) (2008 a 2013), coordenou o Programa de Pós-graduação em Energia (2009 a 2011), além de lecionar e orientar monografias na especialização em AIA/RAD e Segurança do Trabalho da UNIFACS. Líder do Grupo de Pesquisa Geoquímica das Interfaces do Instituto de Geociências da UFBA, e do Grupo de Pesquisa Geologia Ambiental e Médica do Estado da Bahia. Associado da Sociedade dos Protetores dos Desvalidos (SPD), fundada em 1827.

Departamento de Geologia

Instituto de Geociências

Universidade Federal da Bahia

R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina

Salvador - BA, 40170-290

Tel.: +55 (71) 99988-8027

E-mail: jose.anjos@ufba.br

<https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

<http://lattes.cnpq.br/8936674581256938>

Acerca dos Autores

André Klumb

Mestre em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Trabalhou 7 anos na área de mapeamento geológico para o Serviço Geológico do Brasil, SUREG de Belo Horizonte, e 12 anos na área da exploração mineral em diversos países, para empresas nacionais e internacionais de capital aberto e, desde Outubro de 2016, é professor da Universidade Federal da Bahia, na área de exploração mineral e mapeamento geológico. e-mail: andreklumb@gmail.com

Camila Evangelista Fonseca de Souza

Graduação em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). e-mail: milageologia@gmail.com

Cassiano José Souza da Silva

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Especialista em Planejamento e Gestão do Meio Ambiente, pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, pela Universidade Católica do Salvador, com Pós-Graduação em Regulação da Indústria de Energia, pela Universidade Salvador (UNIFACS). e-mail: eng_cassiano@yahoo.com.br

Fabiano Silva Sandes

Graduado em Ciências Sociais pela Universidade Federal da Bahia | Especialização em Avaliação de Impacto Ambiental e Recuperação de Área Degradada | Auditoria Ambiental Interna (UNIFACS) | Gestão de Resíduos Sólidos Socialmente Integrada (UFBA) | Ciência e Tecnologia na área de concentração da Engenharia Ambiental da UFBA. Carreira desenvolvida na área de Sociologia Ambiental | Esp. Avaliação de Impacto Ambiental e Recuperação de Área Degradada | Esp. Gestão de Resíduos Sólidos Socialmente Integrada (UFBA), com experiência no acompanhamento, outorga, Arqueologia, mineração, planejamento, controle de licenciamento, supressão de vegetação, valoração ambiental, perícia ambiental, elaboração de relatórios socioeconômicos e desenvolvimento de indicadores de desempenho para 56 municípios Baianos na área de Resíduos Sólidos para implantação de Aterros Sanitários. e-mail: fabiano.s.sandes@gmail.com

Fernando Nascimento Santos

Perito Criminal Federal da área de Meio Ambiente, possui graduação em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), com período Sanduíche na University of Wisconsin - River Falls, nos Estados Unidos. e-mail: santos.fnascimento@gmail.com

Luciana Souza de Oliveira

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Salvador, é bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia, Mestranda em Ecologia aplicada à Gestão Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGECOLOGIA), sediado no Instituto de Biologia da UFBA. Atualmente servidora Pública do Estado da Bahia. e-mail: oliveira7.luciana@gmail.com

Marcela Lima Ferreira

Engenheira sanitária e ambiental, atuando na área de planejamento de serviços públicos de saneamento básico e de gestão integrada de resíduos sólidos de municípios do Estado da Bahia. Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (Ufba), com pós-graduação em Avaliação de Impactos e Recuperação de Áreas Degradadas, pela Universidade Salvador (Unifacs). e-mail: marcelalima.eng@gmail.com

Milena Marlim Caria de Souza

Possui bacharelado em Engenharia Química pela Universidade Salvador (2012). Especialista em Avaliação de impactos e recuperação de áreas degradadas, pelo mesmo instituto (2014). Mestre em Geoquímica: Pe-

trôleo e Meio ambiente pela Pospetro na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Atualmente doutoranda em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente pela UFBA Tem experiência na área de Engenharia Química com ênfase na área ambiental, atuando principalmente com os seguintes temas: Fotocatálise heterogênea, remediação ambiental de matrizes aquosas, uso de ferramentas quimiométricas com planejamento experimental fatorial, geoquímica, remediação de solos contaminados por petróleo, projetos de equipamentos de indústrias químicas e petroquímicas, consultoria ambiental e educação ambiental. e-mail: milena.eq@gmail.com

Marcelo Henrique de Jesus

Graduado em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestrando em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos no Instituto de Geociências. Especialização em curso na área de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Socialmente Integrados na Escola Politécnica da UFBA. Atuou em projetos de Iniciação científica na área de Hidrogeologia/Geoprocessamento/Pedologia e como estagiário na Agência Nacional de Mineração–ANM/DNPM, na Divisão de Fiscalização (DIFIS/BA) e na Companhia Brasileira de Pesquisa Mineral-CPRM. Tem experiências em Geotecnologias de SIG (geoprocessamento). Tem interesses na área de Geotecnologias aplicadas à recuperação de lixões. e-mail: marcelohenrique_ufba@hotmail.com

Nina Flor de Souza Marques

Advogada pela Universidade Católica do Salvador (UCSal), OAB/BA 35.257. Pós-graduada em Avaliação de Impactos e Recuperação de Áreas Degradadas pela Universidade Salvador (UNIFACS). Pós-graduanda em Direito Ambiental pela Universidade Estácio Sócia. Diretora da Ambiente Sustentável – Assessoria e Treinamento Ltda.

Website: www.ambientesustentavel.com.br; e-mail: nina.marques@ambientesustentavel.com.br

Rodrigo A. Carvalho

CEO e Fundador da Ekosocial Engenharia. Engenheiro Ambiental com Especialização em Avaliação de Impacto Ambiental e Recuperação de Área Degradada, pela UNIFACS e Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos Socialmente Integrada, pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Engenheiro Ambiental pela FTC. Especialização em Avaliação de Impacto Ambiental e Recuperação de Área Degradada (UNIFACS). Atuante há quase 10 anos em projetos de licenciamento para lançamento de efluente, Aterros Sanitários, Perícia Ambiental, Projeto de Contingência para gasoduto, Arqueologia, Resposta de condicionante, Mineração, Transportadora, Estudo de Viabilidade Ambiental e mapeamento aéreo de drones para licenciamento. e-mail: ekosocialengenharia.rodrigo@gmail.com

Dedicamos esta obra ao Prof. Dr. Lucedino Ribeiro
(in memoriam)



Professor Lucedino (terceiro da esquerda para a direita) com grupo de outros participantes no Congresso Latino Americano de Ciências do Solos - 1996 em Água de Lindoia -SP.

"Lucedino da Paixão Ribeiro, sinônimo de: Solidariedade; Ética; Alegria; Carinho; e competência. Assim, na busca de quem somos, conseguimos, em especial, os filhos acadêmicos e colegas da universidade, identificar um homem exemplar. Entretanto, o que mais nos inspirou foi seu espírito de "luz" associado a gratidão. Agradeço a energia planetária por ter colocado "Lucedino" nos nossos destinos, e o privilégio de homenageá-lo. Saudade! E alegria pela oportunidade de manter seu legado vivo!"

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos

"O Prof. Dr. Lucedino Ribeiro era Geógrafo, mestre em Geociências, Doutor em Geografia Física pela USP e Pós-Doutor pela Orstom, França. Além dos atributos científicos, era poeta e compositor, por isso acabava atraindo muitos admiradores de várias áreas do conhecimento. Trabalhou com pesquisa e desenvolvimento a partir 1969 no Instituto de Geociências, no Departamento de Geoquímica da UFBA, e começou atuar como docente em 1977, ministrando aulas para a Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente e depois para as graduações em Geologia, Geografia, Biologia e Agronomia. Como membro do antigo Programa de Pós-Graduação em Geociências

e membro e coordenador do antigo Programa de Geoquímica e Meio Ambiente permitiu orientar inúmeros trabalhos de Dissertação de Mestrado e Tese de Doutorado. Publicou diversos trabalhos científicos como artigos para revistas indexadas e capítulo de livro nas áreas da sua especialidade. Atuava como pesquisador principalmente nas linhas de Prospecção em Geoquímica, Geoquímica em Superfície e Pedologia, onde era mais ativo. Escreveu dezenas de artigos para periódicos, publicou livros e orientou vários estudantes de iniciação científica, graduação, mestrado e doutorado. Foi um pedólogo de renome nacional e internacional, ajudando a estruturar e desenvolver a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Atuou ativamente em reuniões, congressos, trabalhos técnicos, campos e discussões da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, o que lhe rendeu justas homenagens pela sociedade.

Fabio Nunes e Olivia Oliveira

“O Prof. Dr. Lucedino Paixão Ribeiro tinha um grande senso de humor, era carismático, amigo fiel e uma alma caridosa, acolhendo orientandos como filhos. Seu legado ultrapassa as fronteiras da Ciência do Solo e ainda hoje alcança almas de forma indelével.”

Fabio Nunes

“Tive o prazer e honra de conviver com Lucedino por alguns anos no Instituto de Geociências/UFBA. As portas do seu Gabinete no IGEO estavam sempre abertas a todos aqueles que quisessem aumentar o aprendizado. Sua sapiência ultrapassava os muros do saber estritamente técnico e transbordava multidisciplinaridade e lições de vida! Todos que tiveram o privilégio de conhecê-lo certamente se tornaram um pouco mais experientes, como profissionais e como cidadãos, pois como citou Saint-Exupery, ele foi o verdadeiro exemplo que ao ter passado por nós, deixou um pouco de si – e foi o bastante para jamais esquecer-lo.”

Olivia Oliveira

“Tinha uma facilidade genética de atrair e congregar. Foi meu orientador no mestrado e co-orientador no doutorado no Instituto de Geociências da UFBA. Meu primeiro encontro com ele foi em 1992, quando buscava informações sobre o mestrado em Geoquímica e alguém me indicou a sala do coordenador do programa de Pós-graduação. Lá encontro um homem negro, muito forte, a primeira impressão foi a de ser um atleta, parecia um armário. Confesso que as aulas com ele eram difíceis de entender graças ao seu vozeirão que reverberava nas paredes da sala de aula. Mas era na sua sala, seu escritório, sempre de portas abertas, que as discussões rolavam. Sobre tudo. E a pedologia se transformava numa ciência com aromas, sons, sensações de tato, gosto e lembranças. Viajávamos nas descrições daqueles perfis de solos por ele visitados... Algo que a ciência do solo, cada vez mais impregnada pela escola americana, fria e redutora nos níveis de classificação, se distanciava da escola francesa, com seu *Regards sur le sol* de Allan Ruellan. O Prof. Lucedino era discípulo da escola francesa, com sua subjetividade que gerava infundáveis discussões nos eventos que reuniam pedólogos de todo o país. Sempre muito respeitado pelos seus pares, Lulu era um daqueles raros pedólogos que descreviam um perfil visto há décadas como se o estivesse vendo agora. Textura, cheiro, o som da faca ou do martelo pedológico, as sutis diferenças entre cada centímetro de profundidade. Dos muitos orientandos, um grupo ainda se reúne em sua homenagem: o Pedologia Lucediniana! Amigos criados pelo mestre, que sempre relembram seu sorriso cativante, seus ensinamentos, suas festas de fim de ano.”

José Martin Ucha. Um dos filhos de Lulu

“Lucedino não me revelou [apenas] os segredos do solo, ele me mostrou as ferramentas, e me apontou os caminhos para o saber das terras, transformou meu olhar para as “pedras”, me fez ver dentro das paisagens novos “horizontes”. Com ele, aprendi a “afagar a terra”! Era um sábio e reunia em sua arte de ensinar leveza, sapiência, alegria, gentileza, frugalidade e humildade. Ele acreditava em Nós e generosamente dava as ferramentas para conquistarmos o nosso espaço na “TERRA!”

Obrigada Pai Lulu
Sua filha Espoleta !!”

Claudia Csekö Nolasco de Carvalho

“Agregar talvez seja a palavra que melhor defina Lucedino. Poderia ser Gentileza: ninguém era mais gentil! Poderia ser sorriso: Homem de sorriso fácil, sabia provocar e receber sorriso como ninguém! Com certeza poderia ser beleza: ele era a mistura perfeita entre o sexy e o elegante, charme sem igual! Poderia ser Amor: ele transpirava amor em tudo que fazia e provocava paixões ao discorrer sobre o que amava! Poderia ser Professor: Mestre Lucedino sabia orientar um aluno como nenhum outro, seja na vida acadêmica, profissional e pessoal. Mas o conjunto de tudo isto que é Lucedino mantinha um grupo unido, na verdade mantém até hoje, nos chamamos de Luzcedinianos, ele nos juntou e nos mantém juntos, seus alunos e os que ele carinhosamente chamava de agregados! Sim, a palavra que melhor define Lucedino, sem dúvida nenhuma é: Agregador.”

Miguel Angelo e Lilian Reis

“Pessoa prestativa e de uma grande generosidade e que transmitia nas suas palavras, ensinamentos de perseverança, respeito às pessoas e muita humildade, sempre demonstrando que para conseguir as coisas necessita-se de sacrifícios, com exemplos de passagens difíceis da sua vida profissional e de alguns preconceitos sofridos. Fiz parte do time dos seus diletos alunos e que tiveram a felicidade de tê-lo como professor, pesquisador, orientador e companheiro de algumas viagens técnicas, enfim um profissional competente e humano de extrema grandeza, que nos deixou, infelizmente, de uma maneira precoce.”

Albérico Paixão

“Vai o meu amor imenso ao mestre e pai que Lulu foi e sempre será para nós, que nos deu uma família além do sangue e a paixão pela placenta da Terra.”

Patrícia Santos Santana

“Lucedino, mestre de muitas gerações de geólogos, geógrafos e engenheiros”

Bernardino Figueiredo

“Lucedino era bem ativo na área do conhecimento científico. Como colega sempre foi cortês e alegre. Viajei com Lucedino e Emanuel da Geografia para a Chapada Diamantina, quando nascia a criação do Parque da Chapada. Passamos uma semana com grande harmonia e produzimos um documento envolvendo Solo, Geologia e Clima da Chapada. O astral dos colegas até hoje não esqueço.”

Telesforo Marques

“Embora eu tenha sido de outro departamento, lembro de Lucedino um professor e pesquisador atento e cordial do Departamento de Geoquímica. Um sorriso largo e alegria contagiante. Saudade dele! Tinha-o como um colega amigo!”

Zelinda Leão

“Pessoa generosa, muito prestativa, excelente pedólogo, contribuiu no desenvolvimento do Mapa Pedogeoquímico do Estado da Bahia”

Sergio Nascimento

“Seu legado se mantém vivo no IGEO/UFBA como grande pesquisador e propagador da ciência”

Olivia Cordeiro Oliveira

"Lembro-me do dia em que conheci Lucedino. Foi numa viagem de campo ao Sul da Bahia e maio de 1974. Eu, aluna do mestrado; ele, professor do IGEO. Não tinha como não perceber aquele homem alto, forte, bonito, elegante, de voz pausada e muito polido. Conversamos bastante e nos tornamos amigos.

Em seguida a vida nos afastou. Ele envolvido com seu doutorado na USP; eu, trabalhando em Cruz das Almas na Escola de Agronomia. No começo dos anos 90 voltamos a nos reunir no IGEO/UFBA. Agora éramos colegas no Departamento de Geoquímica, onde ele tinha um papel atuante em cursos de graduação e pós-graduação. Seus trabalhos tinham como enfoque principal o solo nos seus mais diferentes aspectos, trabalhos estes desenvolvidos com seus muitos alunos de graduação e pós-graduação. Trabalhou em várias regiões da Bahia trazendo informações importantes: sobre a evolução da matéria orgânica e a contaminação de solos na área de Santo Amaro; relações solo-relevo nos tabuleiros costeiros da Bahia; e sobre a pedogênese em áreas de clima semiárido. Foi colaborador de várias revistas científicas, entre elas a renomada Revista Brasileira de Ciência do Solo. Sempre foi um colaborador importante na preparação de eventos relacionados aos solos tendo trazido no início da década de 80, a Salvador, o Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, do qual foi Presidente. Sua procura por conhecimento levou-o a participar de vários congressos internacionais e a participar ativamente das suas viagens de campo. Em 2006, prematuramente, a fatalidade nos privou do seu convívio, mas seu legado continua presente através dos seus muitos alunos, hoje profissionais, que se espalham pelo território baiano e brasileiro."

João Pessoa/PB. maio de 2021.

Profa. Maria José

Prefácio

Jose Angelo Sebastiao Araujo dos Anjos graduou-se em Geologia pela UFBA, com mestrado e doutorado em Engenharia Mineral pela Universidade de São Paulo. É especialista em Planejamento e Administração dos Recursos Naturais e em Avaliação de Impacto Ambiental. Também fez cursos de aperfeiçoamento em Geologia e Meio Ambiente na UFBA, e de especialização e em Avaliação de Impacto Ambiental na UFRJ. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal da Bahia. Prof. Angelo tem 37 anos de experiência no ensino e nas pesquisas destas matérias citadas acima, isso o credencia, face a esta vasta experiência, a escrever e organizar um excelente livro que abrange a Geologia Ambiental, dando uma ímpar contribuição para o entendimento, a divulgação, as recomendações de prevenção, proteção e remediação de áreas degradadas pela intervenção humana no estado da Bahia.

Desde o início do século XX registram-se inúmeros trabalhos científicos, tecnológicos e de políticas públicas de geologia aplicada ao planejamento urbano e regional que trazem como princípio a observação empírica de que o meio físico ao mesmo tempo em que condensa as potencialidades também impõe limites aos empreendimentos humanos.

Esses limites, ao não serem respeitados, causam o mau uso do território inclusive causando acidentes geológicos e gerando situações de perdas de vida ou de economias tanto para os governos como para os empreendedores. Se, devidamente antecipadas e estudadas, essas “surpresas” ou “fatalidades geológicas”, como são tratadas corriqueiramente, poderiam ser previstas e muitas vezes evitadas.

As regiões metropolitanas e os aglomerados urbanos caracterizam-se por apresentar expressivo adensamento populacional e uma considerável concentração de renda, além de possuírem graves distorções urbanas, tais como: crescimento físico desmesurado e desordenado, conurbação, conflito entre diversas atividades econômicas, retenção especulativa do solo urbano e produção de vazios urbanos infra estruturados, uso e ocupação de solos inadequados, crescimento físico nas periferias urbanas, com formação de cidades-dormitório e segregação espacial da população de baixa renda, aumento da poluição e da agressão ao meio ambiente, com o comprometimento dos recursos naturais.

Outrossim, é importante racionalizar a utilização dos recursos naturais existentes, necessários para o incremento da produção mineral, principalmente, de material para a construção civil, abastecimento de água para a população e de insumos básicos para a atividade industrial, de forma a compatibilizar a aptidão do meio físico e a preservação ambiental com o desenvolvimento econômico e a melhoria da qualidade de vida da população. Por falta de planejamento, é comum encontrar áreas adequadas à agricultura e de matérias-primas minerais para a construção civil,

ocupadas por vilas populares, obrigando os agricultores e mineradores a buscarem áreas cada vez mais distantes dos centros consumidores, encarecendo o preço final dos produtos.

Em todas as atividades humanas, o início do Século XXI é marcado pela busca da sustentabilidade. Ou descobrimos e colocamos em prática maneiras mais racionais de usar os recursos naturais, ou teremos cada vez mais desequilíbrios climáticos, poluição do ar, das águas e dos solos e uma consequente baixa da qualidade de vida de um número cada vez maior de pessoas. Neste cenário, a Geologia Ambiental ou Geoambiental tem uma importante contribuição a dar.

Geologia Ambiental é a geologia aplicada ao meio ambiente, consistindo no estudo dos problemas geológicos decorrentes da relação entre o homem e a superfície terrestre. Este campo das geociências vem tendo um grande avanço nos últimos 20 anos, em face da efetiva contribuição no desenvolvimento sustentável do Planeta.

A geologia ambiental interage com a geografia, a biologia, a geomorfologia, a agronomia, a química, a medicina e outras ciências para estabelecer e definir os relacionamentos entre os diversos meios que integram os sistemas da paisagem. Sua importância está diretamente relacionada à capacidade de apoio à gestão ambiental e ao planejamento e ordenamento territorial.

Os estudos geoambientais fornecem subsídios técnicos para vários setores como:

MINERAÇÃO (recursos minerais); AGRICULTURA (fertilidade do solo); SAÚDE PÚBLICA (qualidade das águas, áreas contaminadas); URBANISMO (indicação de limitação ou expansão); MORADIA (material de construção); DEFESA CIVIL (escorregamentos); TRANSPORTE (obras viárias); TURISMO (áreas de beleza cênicas); MEIO AMBIENTE e PLANEJAMENTO (instituições públicas, zoneamento ecológico-econômico, ordenamento do território, comitês de bacias hidrográficas, empresas privadas e sociedade).

Em suma, entendemos que o conhecimento das geociências se constitui um instrumento indispensável para a definição de políticas públicas para os governos federal, estaduais e municipais, bem como iniciativas do setor privado que pretenda contribuir para o desenvolvimento sustentável do país.

A contextualização acima é para mostrar como é relevante a contribuição deste livro sobre Geologia Ambiental para o estado da Bahia, que disponibiliza informações indispensáveis para o desenvolvimento sustentável do Brasil e parabenizar os autores pelos excelentes trabalhos apresentados e em especial o Prof. Angelo pelo esmero em organizar esta importante obra.

Geólogo DSc. Cassio Roberto da Silva
Pesquisador em Geociências
Serviço Geológico do Brasil-CPRM

Conteúdo

Prefácio	12
<i>Cássio Roberto da Silva</i>	
Introdução	16
<i>José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	
Parte I: Licenciamento Ambiental	18
Apresentação	19
<i>Lúcia Cardoso</i>	
1. Diretrizes para a realização da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) tendo em vista o Termo de Referência para estudo de médio impacto no Estado da Bahia: extração mineral e beneficiamento	22
<i>Nina Flor de Souza Marques, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	
2. Licenciamento Ambiental de Usinas Hidrelétricas no Brasil e na Bahia: Uma Análise Crítica do Processo	34
<i>Cassiano Jose Souza Silva e José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	
Parte II - Resíduos Sólidos	81
Apresentação	82
<i>Fabiano S. Sandes</i>	
3. Avaliação de Impactos Ambientais na Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos, no Âmbito socioeconômico	86
<i>Fabiano S. Sandes, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	
4. Critérios para Seleção de Áreas, para Implantação de Aterro Sanitário, no Município de Paulo Afonso-Ba	102
<i>Rodrigo A. Carvalho, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	
5. Alternativa Locacional para Implantação de Aterro Sanitário de Pequeno Porte no Município de Boquira-Bahia.	116
<i>Luciana Souza de Oliveira, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	
Parte III - Mapeamento Geoambiental	133
Apresentação	134
<i>Eduardo Paim</i>	
6. Fitorremediação de Solos Contaminados por Derramamento de Petróleo	138
<i>Milena Marlim Caria de Souza, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	
7. Diagnostico das áreas de risco de deslizamento mapeadas pela Defesa Civil de Salvador em 2016.	148
<i>Fernando Nascimento Santos, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos</i>	

-
8. Mapeamento Geoambiental do Meio Biofísico da Área da Cidade e Entorno de Taperoá – Ba – Brasil 182
Marcelo Henrique de Jesus; José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos; Flavio Sampaio
9. Proposições para criação da APA da Barragem de Morrinhos localizada no município de Poções/BA. 200
Marcela Lima Ferreira, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos
10. Análise dos impactos causados por processos erosivos em Mata de São João-Ba: Estudo de caso da Ba-093 214
Fabio Bezerra Damasceno, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos
11. Caracterização Geológica e Topografia Espeleológica da Gruta do Castelo, Vale do Pati, Chapada Diamantina (Ba). 224
Camila Evangelista Fonseca de Souza, Andre Klumb, José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos

Introdução

Esta publicação E-book versa sobre Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), tema de grande repercussão no Brasil à exemplo dos acidentes das barragens de rejeito de ferro nos municípios de Mariana e Brumadinho, no estado de Minas Gerais, ou o surgimento de resíduos de petróleo que impactaram o litoral nordeste brasileiro, no ano de 2019. Tem como objetivo apresentar para a comunidade científica das geociências, estudos inéditos sobre AIA desenvolvidos nas formas de monografias.

Essas pesquisas foram desenvolvidas e defendidas nos últimos 10 (dez) anos, respectivamente, durante os períodos de 2010 a 2020. É importante ressaltar que esses estudos não foram publicados como artigos de revistas ou livros especializados na área das geociências.

Cabe destacar que estas pesquisas foram objeto de monografias em nível de artigos científicos de graduação, tais como: Trabalho Final do Curso (TFG) da Graduação em Oceanografia da Universidade Federal da Bahia (UFBA); Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Salvador (UNIFACS); e Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia.

Enquanto em nível de especialização foram desenvolvidos artigos científicos no Programa de Pós-graduação da UNIFACS, denominado Especialização em Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)/Recuperação de Áreas Degradadas (RAD).

Assim, para melhor adequação do conteúdo, o compendio foi subdividido em três (03) capítulos: o primeiro norteado para o Licenciamento Ambiental no Estado da Bahia; o segundo enfatizando a problemática dos resíduos sólidos urbanos e seus conflitos; e o terceiro capítulo descrevendo diferentes formas de mapeamento geoambiental desenvolvido, em especial, pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, na graduação em geologia.

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos



Parte I: Licenciamento Ambiental

Apresentação

O licenciamento ambiental caracteriza-se como um dos principais instrumentos da política ambiental brasileira, alicerçado em leis, decretos e resoluções normativas, que disciplinam os ritos processuais aplicáveis, desde a fase de requerimento até a emissão da licença ambiental pelo órgão licenciador.

Além disso, o licenciamento ambiental é o procedimento administrativo pelo qual a administração pública, por intermédio do órgão ambiental competente, analisa a proposta apresentada para o empreendimento e o legitima, considerando as disposições legais e regulamentares aplicáveis e sua interdependência com o meio ambiente, emitindo a respectiva licença.

Cabe destacar, que ao licenciar uma atividade significa, inicialmente, avaliar os processos tecnológicos em conjunto com os parâmetros ambientais e socioeconômicos, fixando medidas de controle, levando-se em conta os objetivos, critérios e normas para conservação, defesa e melhoria do ambiente e, especialmente, as diretrizes de planejamento e ordenamento territorial do Município e do Estado.

Diante deste cenário, as licenças ambientais são estabelecidas mediante condições, restrições e proposições de medidas de controle ambiental (condicionantes), que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental. Para o estabelecimento das condicionantes, o órgão ambiental competente considera, dentre outros aspectos, as medidas mitigadoras e compensatórias, o impacto da atividade sobre o meio ambiente, o cumprimento das normas e exigências ambientais e a viabilidade técnica e econômica de seu cumprimento.

Segundo a Constituição Federal de 1988, em seu art. 23, foi estabelecida a competência comum entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios para a atuação em matéria ambiental, reservando à Lei Complementar a fixação de normas de cooperação entre os mesmos, tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional.

Nesse sentido, em 2011 foi sancionada a Lei Complementar nº 140, aprovada em 08 de dezembro de 2011, que fixou normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora.

Com base na LC nº 140/2011, o licenciamento ambiental se dará em um único nível de competência, cabendo ao IBAMA o licenciamento ambiental de atividades e empreendimentos com impacto ambiental de maior magnitude, envolvendo o território de mais de um estado, ficando os órgãos ambientais estaduais responsáveis pelo licenciamento no âmbito estadual e os municípios responsáveis em licenciar

e fiscalizar as atividades consideradas como de impacto ambiental local.

No Estado da Bahia, as atividades consideradas como de impacto ambiental local de competência dos Municípios estão disciplinadas por meio da Resolução CEPRAM nº 4327 de 31 de outubro de 2013 e suas alterações.

Enquanto o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) é o órgão executor da Política Estadual de Meio Ambiente no Estado da Bahia, com as atribuições nas áreas de controle ambiental, florestas e recursos hídricos. Os procedimentos para o licenciamento ambiental, envolvendo a supressão de vegetação, resgate de fauna e as outorgas tramitam na Diretoria de Regulação (DIRRE), que tem por finalidade planejar, organizar e coordenar as ações necessárias para emissão das licenças ambientais e dos demais atos autorizativos de meio ambiente e de recursos hídricos.

Desse modo, no exercício do poder de polícia administrativa, todos os entes federados, por intermédio de seus órgãos ambientais, estão aptos a licenciar e fiscalizar atividades e empreendimentos utilizadores de recursos naturais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.

Lucia Cardoso é Consultora Senior da AMBIENTE SUSTENTÁVEL – Assessoria e Treinamento Ltda, apoiando os diversos setores em processos de licenciamento e regularização ambiental. Engenheira Química, Advogada Ambiental, Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (UnB), Especialista em Meio Ambiente pela Universidade de Kitakyushu (Japão). Dirigiu o Centro de Recursos Ambientais – CRA (atual INEMA), de março 2003 a dezembro 2006.

E-mail: lucia.cardoso@ambientesustentavel.com.br

1

Diretrizes para a realização da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) tendo em vista o Termo de Referência para estudo de médio impacto no Estado da Bahia: extração mineral e beneficiamento

Guidelines for carrying out the Environmental Impact Assessment in view of the Term of Reference for a medium impact study in the State of Bahia - mineral extraction and processing

Nina Flor de Souza Marques
José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) foi introduzida no Brasil através da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela promulgação da Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. A AIA é um instrumento da Política Ambiental que visa analisar os impactos ambientais positivos e negativos causados por determinada atividade ou empreendimento. O presente artigo propõe diretrizes que visam orientar a elaboração da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que é um item constante no Termo de Referência (TR) disponibilizado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA) para Estudo Ambiental de Médio Impacto (EMI) para empreendimentos de mineração que visem à extração mineral e beneficiamento associado objetivando a produção de brita.

Avaliação de Impacto Ambiental • Termo de Referência • Bahia

The Environmental Impact Assessment (EIA) was introduced in Brazil through the National Environmental Policy (PNMA), enacted by the Federal Law No. 6,938 of August 31, 1981. The EIA is an instrument of the Environmental Policy designed to analyze the positive and negative environmental impacts caused by a given activity or enterprise. This article aims to propose guidelines for the elaboration of the Environmental Impact Assessment, which is required by the Term of Reference (TR) issued by the Institute for the Environment and Water Resources of the State of Bahia (INEMA) for Environmental Studies of Medium Impact (EMI) for mining projects involving mineral extraction and associated processing and production of crushed stone.

Guidelines for the Environmental Impact Assessment • Term of Reference • Bahia

N.F.S. Marques

Advogada, especialista em Direito Ambiental, e Diretora da Ambiente Sustentável – Assessoria e Treinamento Ltda (Website: www.ambiente-sustentavel.com.br). e-mail: nina.marques@ambientesustentavel.com.br

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

1.1 Introdução

O presente artigo propõe diretrizes que visam orientar a elaboração da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), descrevendo as ações que devem ser feitas com essa finalidade. Trata-se do AIA que consta no Termo de Referência (TR) disponibilizado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA) para Estudo Ambiental de Médio Impacto (EMI) de empreendimentos de mineração que visem à extração mineral e beneficiamento associado objetivando a produção de brita. Ressalta-se que esse TR é aplicável somente para esta atividade, que relaciona-se à construção civil.

O referido Termo de Referência possui 8 (oito) itens que devem ser atendidos pelo empreendedor, quais sejam:

1. Disposições Gerais
2. Informações Gerais
3. Caracterização do Empreendimento
4. Caracterização Ambiental
5. Unidades de Conservação
6. Área de Preservação Permanente
7. Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)
8. Documentação Cartográfica

As diretrizes sugeridas no presente artigo são específicas para elaboração do item “7. Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)” constante no referido TR, que assim determina:

Identificar os impactos ambientais relacionados à implantação e operação do empreendimento e propor medidas mitigadoras ou compensatórias, para os impactos negativos, bem como aquelas potencializadoras dos impactos positivos.

Deverão ser avaliadas as possibilidades de ocorrência de acidentes durante as obras e a operação do empreendimento, seus efeitos sobre o meio ambiente e os sistemas e procedimentos destinados a prevenir a ocorrência de tais eventos.

Entretanto, ainda que informado no TR o conteúdo do AIA, restam as seguintes perguntas: como o AIA deve ser elaborado? Quais os procedimentos que devem ser seguidos?

Será proposto, assim, um passo a passo para a sua elaboração, esclarecendo a dúvida dos empreendedores, na busca por contribuir para o fortalecimento da gestão ambiental no Estado da Bahia.

1.2 Avaliação de Impacto Ambiental

Em 1981, o Brasil criou a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída através da promulgação da Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Nessa Lei foi criado o instrumen-

to de Avaliação de Impacto Ambiental, conforme art. 9º, inc. III. Vejamos abaixo:

Art 9º - São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente:

- I. o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;*
- II. o zoneamento ambiental;*
- III. a avaliação de impactos ambientais;*
- IV. o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;*
- V. os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;*
- VI. a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas;*
- VII. o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;*
- VIII. o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;*
- IX. as penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental.*
- X. a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA;*
- XI. a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes;*
- XII. o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais.*
- XIII. instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros. (destacamos)*

Os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente visam atingir o objetivo dessa política, que é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no país condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (Lei nº 6.938/1981, art. 2º).

Segundo Sánchez (2013), pode-se definir processo de avaliação de impacto ambiental como um conjunto de procedimentos concatenados de maneira lógica, com a finalidade de analisar a viabilidade ambiental de projetos e fundamentar uma decisão a respeito.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 001 de 23 de janeiro de 1986, no art. 1º, considera impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: i) saúde, segurança e o bem-estar da população; ii) atividades sociais e econômicas; iii) biota; iv) condições estéticas, sanitárias e qualidade dos recursos ambientais.

Sendo assim, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) compreende a análise dos impactos ambientais apontados para as fases de planejamento, implantação e operação de um determinado empreendimento ou atividade, consolidando-se em estudo ambiental que provém subsídio à tomada de decisão do órgão público durante o processo de licenciamento ambiental requerido pelo empreendedor.

1.3 Embasamento Legal no Estado da Bahia

A Lei Ambiental do Estado da Bahia nº 10.431/2006, prevê em seu art. 6º, inc. IX, o instrumento da Avaliação de Impactos Ambientais, vejamos:

Art. 6º - São instrumentos da Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção da biodiversidade:

- I. os Planos Estaduais de Meio Ambiente, de Mudanças do Clima, de Proteção da Biodiversidade e de Unidades de Conservação;
- II. o Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos - SEIA;
- III. a Educação Ambiental;
- IV. a Avaliação e Monitoramento da Qualidade Ambiental;
- V. o Zoneamento Territorial Ambiental;
- VI. as Unidades de Conservação e outros Espaços Especialmente Protegidos;
- VII. as normas e os padrões de qualidade ambiental e de emissão de efluentes líquidos e gasosos, de resíduos sólidos, bem como de ruído e vibração;
- VIII. o Autocontrole Ambiental;
- IX. a Avaliação de Impactos Ambientais; o Licenciamento Ambiental, que compreende as licenças e as autorizações ambientais, dentre outros atos emitidos pelos órgãos executores do SISEMA;
- X. a Fiscalização Ambiental;
- XI. os instrumentos econômicos e tributários de gestão ambiental;
- XII. a cobrança pelo uso dos recursos ambien-

tais e de biodiversidade;

XIII. *a Compensação Ambiental;*

1.4 Conferência Estadual de Meio Ambiente.

De acordo ao art. 36 da Lei Estadual nº 10.431/2006, “a Avaliação de Impacto Ambiental - AIA é o instrumento associado ao licenciamento, que possibilita diagnosticar, avaliar e prognosticar as consequências ambientais relacionadas a planos, programas e projetos, bem como à localização, instalação, construção, operação, ampliação, alteração, interrupção ou encerramento de uma atividade ou empreendimento, conjunto de atividades ou empreendimentos, segmento produtivo ou recorte territorial”.

O Decreto nº 11.235 de 10 de outubro de 2008, que regulamentou a Lei Estadual nº 10.431/2006, previu em seu art. 99 que “os empreendimentos, obras e atividades, públicos ou privados, suscetíveis de causar impacto no meio ambiente, devem ser objeto de avaliação de impactos ambientais”. O parágrafo único desse artigo conceituou Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)

Quadro 1.1 – Enquadramento da atividade mediante a legislação ambiental da Bahia

ANEXO IV				
TIPOLOGIA E PORTE DOS EMPREENDIMENTOS E ATIVIDADES SUJEITOS AO LICENCIAMENTO AMBIENTAL				
CÓDIGO	TIPOLOGIA	UNIDADE DE MEDIDA	PORTE	POTENCIAL POLUIDOR
DIVISÃO B: MINERAÇÃO				
Grupo B3: Minerais Utilizados na Construção Civil, Ornamentos e Outros				
B3.4	Basalto, Calcários, Gnaisses, Granitos, Granulitos, Meta-renitos, Quartzitos, Sienitos, Dentre Outras Utilizadas Para a Produção de Agregados e Beneficiamento Associado (Britamento)	Produção Bruta de Minério (t/Ano)	Pequeno < 100.000 Médio > 100.000 < 500.000 Grande > 500.000	M

como “o instrumento que possibilita diagnosticar, avaliar e prognosticar as consequências ambientais relacionadas à localização, instalação, construção, operação, ampliação, interrupção ou encerramento de uma atividade ou empreendimento”.

O Decreto Estadual nº 14.024/2012, aprovou o Regulamento da Lei Ambiental do Estado da Bahia nº 10.431/2006 e revogou o Decreto Estadual nº 11.235/2008, estabelecendo no artigo 91 que “o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades suscetíveis de causar impacto ao meio ambiente deve ser fundamentado em Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)”. O parágrafo único do referido artigo afirma que “os critérios para a definição da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), exigível para cada licenciamento, serão definidos de acordo com a sua classificação, conforme Anexo IV”.

O referido anexo IV do Regulamento da Lei Estadual nº 10.431/2006 estabelece a Tipologia e o Porte dos Empreendimentos e Atividades sujeitos ao Licenciamento Ambiental. A atividade em comento, qual seja, a extração mineral e beneficiamento associado objetivando a produção de brita (lavra e beneficiamento de gnaíse e granulito), enquadra-se na Divisão B, Grupo B3, Código B3.4, conforme abaixo transcrito:

Conforme o artigo 109 do Regulamento da Lei Estadual nº 10.431/2006, a classificação de empreendimentos e atividades obedece o enquadramento em classes, de acordo ao porte do empreendimento e ao potencial poluidor, sendo:

- I. Classe 1 - pequeno porte e pequeno potencial poluidor;
- II. Classe 2 - médio porte e pequeno potencial poluidor ou pequeno porte e médio potencial poluidor;
- III. Classe 3 - médio porte e médio potencial poluidor;
- IV. Classe 4 - grande porte e pequeno potencial poluidor ou pequeno porte e alto potencial poluidor;
- V. **Classe 5 - grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e alto potencial poluidor;**
- VI. Classe 6 - grande porte e alto potencial poluidor.

Ainda de acordo ao art. 109, que traz o quadro classificatório abaixo, diante dos parâmetros estabelecidos em classes, verifica-se que o empreendimento de lavra e beneficiamento de gnaíse e granulito pode ser enquadrado nas classes 2, 3 ou 5, visto que o potencial poluidor dessa atividade é sempre médio e o porte do empreendimento pode ser pequeno, médio ou grande a depender da produção bruta de minério em t/ano.

Nos termos do art. 92 do Regulamento da Lei Estadual nº 10.431/2006, define-se estudos ambientais como espécies de Avaliação de Impacto ambiental:

Art. 92 - Constituem espécies de Avaliação de Impacto Ambiental - AIA a serem apresentadas pelo empreendedor:

- I. Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto

Ambiental - EIA/RIMA, a ser exigido das atividades ou empreendimentos efetiva ou potencialmente causadores de significativa degradação ambiental, definidos como classe 6, de acordo com o Anexo IV deste Regulamento;

- II. *Estudo Ambiental para Atividades de Médio Impacto - EMI, a ser exigido das atividades ou empreendimentos definidos como classes 3, 4 e 5, de acordo com o Anexo IV deste Regulamento;*

- III. *Estudo Ambiental para Atividades de Pequeno Impacto - EPI, a ser exigido das atividades ou empreendimentos definidos como classes 1 e 2, de acordo com o Anexo IV deste Regulamento;*

Quadro 1.2 – Enquadramento das classes – Porte do empreendimento x Potencial Poluidor Geral

		Potencial Poluidor Geral		
		P	M	A
Porte do Empreendimento	P	1	2	4
	M	2	3	5
	G	4	5	6

Onde, P = pequeno, M = médio, G = grande, e os números indicam a respectiva classe

Ou seja, no Estado da Bahia, a Avaliação de Impacto Ambiental se consolida em espécies de estudo ambiental, exigindo-se o Estudo Ambiental para Atividades de Pequeno Impacto (EPI) para as atividades ou empreendimentos definidos como classes 1 e 2. Já para as atividades ou empreendimentos definidos como classes 3, 4 e 5 exige-se o Estudo Ambiental para Atividades de Médio Impacto (EMI). E, por fim, é exigido o Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), para as atividades ou empreendimentos efetiva ou potencialmente causadores de significativa degradação ambiental, definidos como classe 6.

Ressalta-se que, para fins de análise do presente artigo, considera-se os empreendimentos de mineração para produção de brita com produtividade igual ou superior a 500.000 t/ano, enquadrado como classe 5, para os quais é exigido o Estudo Ambiental para Atividades de Médio Impacto (EMI). O art. 123 do Regulamento da Lei Estadual nº 10.431/2006 define que o EMI será realizado pelo empreendedor, de acordo com o Termo de Referência aprovado pelo órgão ambiental licenciador, que na Bahia é denominado como Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA).

1.5 Diretrizes Sugeridas Para Orientar A Realização Da Avaliação De Impactos Ambientais (AIA)

Para iniciar a realização da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), deve-se, primeiramente, verificar qual o empreendimento e a atividade a ser desenvolvida, fazendo-se um levantamento dos impactos ambientais potenciais decorrentes das diversas fases do empreendimento. Em empreendimento de mineração a fase de planejamento compreende principalmente o mapeamento geológico, a prospecção geofísica e geoquímica e a retirada de material para testes e ensaios. Devem ser consideradas ainda as fases de implantação, operação e desativação do empreendimento.

As informações fornecidas pelo empreendedor e observações realizadas durante as visitas técnicas são utilizadas como subsídio para o levantamento dos impactos ambientais potenciais. A partir de então, para cada ação são identificados os prováveis impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico.

Em seguida devem ser realizadas reuniões interdisciplinares, envolvendo os técnicos especialistas de diversas áreas do conhecimento, a exemplo de engenheiro de minas, ambiental, florestal, civil, biólogo, geólogo, urbanista, sociólogo, advogado e arqueólogo,, inclusive com a presença dos coordenadores do estudo, que possuem uma visão geral do projeto, para análise e discussão conjunta dessa listagem prévia com os impactos identificados (método Listagem de Verificação ou Checklist).

Essas reuniões proporcionam maior interação entre os técnicos das diferentes áreas envolvidas no estudo, de forma que todas as características e especificidades do projeto sejam contempladas. Dessa forma, configura-se como de fundamental importância que a análise dos impactos ambientais seja realizada por equipe multidisciplinar.

De modo a melhor esquematizar as atividades e impactos identificados, sugere-se que a descrição seja organizada em forma de quadro. Esse quadro pode ser alterado ao longo do processo à medida que os técnicos julguem pertinente a inclusão de novos impactos ambientais inerentes ao projeto e que não tenham sido objeto do levantamento preliminar ou a exclusão de alguns que não sejam pertinentes, tendo como produto final uma listagem definitiva.

Os quadros abaixo exemplificam de modo meramente ilustrativo alguns impactos ambientais preliminares que podem ser identificados por uma equipe técnica, nas fases de implantação, operação e desativação de um empreendimento de mineração para extração e beneficiamento para produção de brita:

Esse modelo de quadro compreende a divisão em atividade, aspecto e impacto, pois, de acordo com Sánchez (2013), as ações são as causas, os impactos são as consequências, enquanto os aspectos ambientais são os mecanismos ou os processos pelos

quais ocorrem as consequências.

É importante ressaltar que os impactos listados acima são apenas genéricos que podem ser aplicáveis aos empreendimentos de mineração para extração e beneficiamento para produção de brita. E por serem considerados como impactos genéricos, foram selecionados apenas para exemplificação. Entretanto, em uma análise específica deve-se levantar os impactos realmente pertinentes a um determinado empreendimento.

O Estado da Bahia, por exemplo, possui diferentes ecossistemas: Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado. O solo em cada região é diferente, assim como a vegetação e demais recursos naturais, e conseqüentemente os impactos ambientais também são diferentes, principalmente no que tange à sua intensidade. Assim, como dito, deve-se analisar especificamente os impactos aplicáveis a cada empreendimento.

Conforme o Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Salvador (1992), os principais impactos da mineração sobre o meio ambiente registrados na RMS são: (i) desmatamentos; (ii) remoção do solo fértil durante o decapeamento e não reaproveitamento posterior; (iii) poluição dos mananciais de superfície e subsuperfície; (iv) poluição do ar; (v) poluição sonora e vibração; (vi) impacto visual e degradação paisagística.

Já de acordo ao livro Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo (1992), dentre os principais impactos da atividade mineral na RMS, pode-se citar: (i) supressão de vegetação; (ii) alteração da rede de drenagem; (iii) alteração da topografia; (iv) geração de resíduos sólidos; (v) geração de poeira; (vi) emissão de gases; (vii) vibração, etc.

Ressalta-se assim, que para a realização de um AIA deve ser feita uma análise específica levando-se em consideração a região onde o empreendimento está inserido, as características do meio e os impactos pertinentes.

A etapa seguinte para a realização da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) é a classificação de atributos individuais de cada impacto, com a utilização de determinados parâmetros.

Segundo Sanchez (2013) todo estudo de impacto ambiental deve explicitar os critérios de atribuição de importância que adota. As expressões como “grande importância” ou “impacto mínimo” não significam a mesma coisa para todas as pessoas.

O impacto será tanto mais significativo quanto mais importante ou vulnerável o recurso ambiental ou cultural afetado e, ao mesmo tempo, quanto maior a solicitação ou pressão sobre esse recurso (SANCHEZ, 2013).

Fase	Atividades	Aspectos	Impactos
Implantação	Circulação de veículos e máquinas	Emissão de ruídos	Alteração dos níveis de ruídos
		Emissão de Gases	Deterioração da qualidade do ar
		Vazamento de óleo	Contaminação do solo
		Suspensão de material particulado	Degradação da qualidade do ar
	Limpeza da Área	Supressão Vegetal	Perda da Cobertura Vegetal
	Contratação de mão de obra		Perda e afugentamento de espécies da fauna
		Aumento da oferta de emprego e renda	Qualificação da mão de obra
			Elevação da arrecadação tributária

Quadro 1.3 – Exemplos Genéricos de Impactos Ambientais na Fase de Instalação

Quadro 1.4 – Exemplos Genéricos de Impactos Ambientais na Fase de Operação

Fase	Atividades	Aspectos	Impactos
Operação	Tratamento do minério	Emissão de Material Particulado	Deterioração da qualidade do ar
			Impactos sobre a saúde humana
		Risco de acidentes	Perda de vida e materiais
		Emissão de ruído	Incômodo e desconforto

Fase	Atividades	Aspectos	Impactos
Desativação	Retaludamento e implantação de sistema de drenagem	Estabilização do terreno e controle de infiltração	Prevenção de processos erosivos
	Revegetação e recuperação de áreas degradadas	Restabelecimento da cobertura vegetal	Prevenção de processos erosivos
	Dispensa da mão de obra	Deslocamento de assentamentos humanos	Alteração dos modos de vida tradicionais

Quadro 1.5 – Exemplos Genéricos de Impactos Ambientais na Fase de Desativação

Entretanto, a literatura traz diversas sugestões para a escolha de atributos e critérios de avaliação da importância dos impactos. Nesse sentido, com base em recomendações da doutrina e da Resolução Conama nº 001/1986 art. 6º, inc. II, sugere-se a utilização dos seguintes parâmetros: (i) meios afetados, (ii) natureza, (iii) incidência, (iv) permanência/duração, (v) reversibilidade, (vi) abrangência/alcance, (vii) possibilidade de controle e (viii) magnitude.

Devido à existência de juízo de valor na Avaliação de Significância dos impactos, ou seja, verificar quão significativos os mesmos são para os meios afetados, a subjetividade permeia todo o processo de AIA, desde a identificação até a proposição das medidas e programas de acompanhamento.

Uma forma de minimizar tal subjetividade é por meio do estabelecimento de procedimentos de análise que provoquem

Natureza:

Julgamento de valor qualitativo sobre uma alteração das condições ambientais.

Positivo	P	Quando o impacto é benéfico a um ou mais fatores ambientais
-----------------	----------	--

Incidência:

Dinâmica de ocorrência dos impactos.

Direto	D	Impactos diretamente atribuídos às atividades do empreendimento
---------------	----------	--

Permanência/Duração:

Dinâmica temporal dos impactos.

Temporários	1	Impactos que geram alterações ambientais em um determinado intervalo de tempo
Cíclicos	2	Impactos que geram alterações ambientais em intervalos de tempo repetidos

Reversibilidade:

Possibilidade de retorno das alterações ambientais às suas condições originais.

Reversível	1	Quando é possível reverter a tendência do impacto com a suspensão / término da atividade geradora
Reversível com Medida	2	Quando apenas é possível reverter a tendência do impacto, levando-se em conta a aplicação de medidas

Abrangência/Alcance:

Estima a abrangência geográfica de ocorrência dos impactos.

Pontual	1	Impactos localizados na área de intervenção do empreendimento
Local	2	Impactos que afetam a vizinhança do entorno
Difuso	3	Impactos que extrapolam a vizinhança

Possibilidade de Controle:

Possibilidade de controlar os efeitos ambientais.

Controlável	1	Há a possibilidade imediata de controle do impacto com uma ação direta
Controlável com Medidas	2	Há a possibilidade de controle do impacto, mediante implementação de medidas

Magnitude:

Relação entre a intensidade da ação e a vulnerabilidade/resiliência do meio afetado.

Baixa Magnitude	1	Alterações ambientais de baixa relevância ou quando os impactos se enquadrarem em dois dos seguintes parâmetros: Temporário, Reversível, Pontual e Controlável
Média Magnitude	2	Alterações ambientais de média relevância ou nas situações intermediárias de classificação
Alta Magnitude	3	Alterações ambientais de alta relevância ou quando os impactos se enquadrarem em dois dos seguintes parâmetros: Permanente/Indeterminado, Irreversível, Difuso e Incontrolável

a discussão entre os componentes da equipe multidisciplinar, como ocorre nas reuniões multidisciplinares anteriormente citadas.

Para facilitar a diferenciação entre os impactos positivos e negativos, foram adotadas colorações distintas, utilizando-se as cores verde (impactos positivos) e vermelho (impactos negativos).

A depender da natureza do impacto, são propostas medidas de controle, sendo que para impacto ambiental de potencial negativo são propostas medidas mitigadoras, enquanto que para aqueles classificados como positivos são propostas medidas maximizadoras ou potencializadoras.

Em seguida devem ser indicados os planos e programas que são importantes para garantir a manutenção e o acompanhamento das atividades e impactos gerados, para se concretizar a minimização das consequências negativas e maximização das positivas, já que nos planos e programas constam os procedimentos de execução das medidas de controle propostas.

1.6 Resultado da Avaliação de Impactos Ambientais

Após a identificação e levantamento dos impactos ambientais, estes devem ser detalhadamente descritos, de forma a esclarecer a origem dos mesmos, utilizando como base o diagnóstico. Em seguida os impactos são organizados de modo a indicar a numeração, denominação, descrição, classificação, ponderação, medidas, planos e programas, quando couberem.

Esse detalhamento será exemplificado a seguir através da escolha de dois possíveis impactos aplicáveis a um empreendimento de mineração para extração e beneficiamento para pro-

dução de brita, sendo um negativo e outro positivo, para a fase de implantação, estabelecendo-se, respectivamente, medidas mitigadoras e potencializadoras.

Meios Afetados:

Ressalta-se que em um AIA esse detalhamento deve ser realizado para todos os impactos potenciais identificados do impacto, para todas as fases do empreendimento, salientando-se a impor-

Físico	F
Biótico	B

1.7 Medidas mitigadoras, potencializadoras e compensatórias

Após a identificação e classificação dos impactos ambientais potenciais, devem ser propostas pela equipe multidisciplinar ações que visem a redução ou eliminação dos impactos negativos (medidas mitigadoras e compensatórias) e também ações objetivando a maximização dos impactos positivos (medidas potencializadoras).

As medidas mitigadoras ou compensatórias propostas se baseiam na previsão de eventos adversos potenciais sobre os itens ambientais destacados, tendo por objetivo a eliminação ou atenuação de tais eventos. Já as medidas potencializadoras, conforme citado anteriormente, visam otimizar as condições de implantação do empreendimento através da maximização dos efeitos positivos.

As medidas estabelecidas em um AIA devem ser implementadas pelo empreendedor e sugere-se que todas as medidas mitigadoras, compensatórias e potencializadoras identificadas para todos os impactos/fases do empreendimento sejam sistematizadas em um quadro conforme exemplo a seguir.

Ressalta-se que apenas para exemplificar foram escolhidas medidas mitigadoras e potencializadoras para dois impactos, sendo um positivo e um negativo, para a fase de implantação, que são os mesmos descritos em tópico anterior (alteração dos níveis de ruído e qualificação da mão de obra). Mas em um AIA deverão ser esquematizadas todas as medidas mitigadoras, compensatórias e potencializadoras relativas a todos os impactos, em todas as fases do empreendimento.

1.3 Planos e Programas Ambientais

Além da apresentação das medidas mitigadoras e potencializadoras, é importante que o AIA contemple a indicação de planos e programas ambientais aplicáveis ao empreendimento, visando a implementação das referidas medidas de controle e/ou acom-

Atividade	Circulação de Veículos e Máquinas	
Aspecto	Emissão de Ruído	
Impacto nº 01	Alteração dos Níveis de Ruído	
Durante a fase de implantação haverá uma grande circulação de veículos e máquinas, os quais emitirão ruído e, como consequência, os níveis de ruído da região serão alterados durante esta fase. Os efeitos do ruído podem passar despercebidos, mas o acúmulo, com o decorrer do tempo, pode originar problemas físicos e sociais. No entanto, o efeito mais comum da exposição ao excesso de ruído é a perda auditiva.		
Meios Afetados	Socioeconômico / Biótico / Físico	
Natureza	Negativo	
Incidência	Direto	
Permanência	1	Temporário
Reversibilidade	1	Reversível
Abrangência	2	Local
Possibilidade de Controle	2	Controlável com Medidas
Magnitude	2	Média
Medidas/Planos/Programas Caráter NEGATIVO		
1. Uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI).		
2. Fiscalização da obra, medição e controle da emissão de ruídos.		
3. Manutenção periódica dos veículos.		
4. Programa de Gerenciamento de Emissão de Ruído.		
Atividade	Contratação de Mão de Obra	
Aspecto	Aumento da Oferta de Emprego e Renda	
Impacto nº 02	Qualificação da mão de obra	
A oferta de empregos irá beneficiar os trabalhadores da área de influência do empreendimento, gerando renda familiar e contribuindo para o desenvolvimento de vários setores da economia local e regional. Dessa forma, durante a fase de implantação, será contratada mão de obra local, levando a um incremento na geração de empregos de caráter temporário. Esse impacto propicia uma queda no índice de desemprego e aumento da renda individual e familiar, melhorando a qualidade de vida, através de maior acesso aos bens de consumo.		
Meios Afetados	Socioeconômico	
Natureza	Positivo	
Incidência	Direto	
Permanência	1	Temporário
Reversibilidade	3	Irreversível
Abrangência	3	Difuso
Possibilidade de Controle	3	Incontrolável
Magnitude	3	Alta
Medidas/Planos/Programas Caráter POSITIVO		

panhamento e avaliação da eficácia dessas medidas na redução ou maximização dos impactos.

O acompanhamento envolve ações por parte do poder público, do empreendedor e dos grupos de interesse. Cabe ao empreendedor cumprir os requisitos legais (condicionantes de licença); implementar os programas; monitorar e registrar os dados do acompanhamento e avaliar os resultados alcançados. Ao poder público, cabe verificar e fiscalizar o cumprimento dos condicionantes; implementar os controles cabíveis; conferir e validar evidências fornecidas pelo empreendedor. A comunidade também pode ser envolvida no acompanhamento dos impactos, exercendo o controle social e cumprindo o papel de cidadão.

Apresenta-se a seguir, como exemplificação, alguns planos e programas para a implementação e monitoramento das medidas mitigadoras ou compensatórias dos impactos negativos e das medidas potencializadoras dos impactos positivos que podem ser aplicáveis aos empreendimentos de mineração que visem à extração mineral e beneficiamento associado para produção de brita:

- Programa de Comunicação Social (PCS)
- Programa de Educação Ambiental (PEA)
- Programa de Gerenciamento de Emissão de Ruído
- Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)
- Plano de Treinamento e Qualificação dos Funcionários
- Programa de Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas (PRAD)
- Plano de Gerenciamento de Risco (PGR)
- Plano de Monitoramento, Resgate e Salvamento da Fauna e Flora
- Plano de Fechamento de Mina

1.8 Conclusões da Avaliação de Impacto Ambiental

Após levantamento dos impactos ambientais potenciais, e proposição de medidas, planos, e programas, o resultado final do AIA busca estimar a importância do empreendimento em análise bem como a sua viabilidade ambiental.

Importa verificar se os efeitos negativos gerados, ainda que considerados inevitáveis, podem ser atenuados com a adoção de medidas socioambientais de caráter mitigador e/ou compensatório, e ainda, a adoção de medidas de caráter potencializador para os impactos positivos do empreendimento. O desenvolvimento econômico e as questões sociais devem ser levados em consideração para apontar a viabilidade ambiental ou não do empreendimento.

1.9 Considerações Finais

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), como visto, visa ana-

lisar os prováveis impactos ambientais causados por determinada atividade ou empreendimento, sejam impactos negativos, que possam comprometer a qualidade ambiental e careçam de medidas mitigadoras, sejam positivos, que possam ser potencializados através de programas de melhorias socioambientais.

Estudos mais recentes indicam uma tendência no sentido de que a avaliação dos impactos seja feita pelo método descritivo. Procura-se, de forma sintetizada, apresentar em um quadro a discussão dos impactos (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM, 1992).

Sendo assim, restam sugeridas no presente artigo as diretrizes para a realização da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), levando-se em consideração o Termo de Referência (TR) disponibilizado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA) para Estudo Ambiental de Médio Impacto (EMI) de empreendimentos de mineração que visem à extração mineral e beneficiamento para produção de brita, a partir da adoção do seguinte passo a passo:

1. Identificação do empreendimento e da atividade a ser desenvolvida;
2. Levantamento dos impactos ambientais potenciais pelos coordenadores do AIA levando em consideração a atividade e as especificidades da região/local do empreendimento;
3. Visita técnica ao local do empreendimento;
4. Reunião com equipe técnica multidisciplinar para avaliação da pertinência dos impactos já levantados, bem como dos novos impactos apontados pela equipe e em seguida realizar a ponderação dos impactos ambientais utilizando-se os parâmetros pré-estabelecidos;
5. Após listagem definitiva dos impactos ambientais pertinentes, descrevê-los detalhadamente, esclarecendo a origem dos mesmos, organizando-os de modo a indicar a numeração, denominação, classificação e ponderação;
6. Proposição de medidas mitigadoras, compensatórias e potencializadoras para os impactos identificados, bem como planos e programas ambientais que visam a implementação das referidas medidas;
7. Opinar pela viabilidade ambiental ou não do empreendimento, fundamentando a opinião.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA- NÚCLEO SÃO PAULO. Problemas Geoló-

gicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo, 1992.

BRASIL. Lei nº 6938 de 31/08/1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acesso em: 07 de nov. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 001, de 23 de janeiro de 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. Comissão Técnica de Meio Ambiente – Grupo de Trabalho de Redação. Mineração e Meio Ambiente. Brasília-DF, 1992.

INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Termo de Referência para Estudo de Médio Impacto (EMI) Extração e Beneficiamento (Pedreira).

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Governo do Estado da Bahia. Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Salvador. Salvador, 1992.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2ª edição, São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

WIKIPEDIA. Avaliação de Impacto Ambiental. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Avalia%C3%A7%C3%A3o_de_Impacto_Ambiental>. Acesso em: 07 de nov. 2015.

2

Licenciamento Ambiental de Usinas Hidrelétricas no Brasil e na Bahia: Uma Análise Crítica do Processo

Environmental Licensing for Hdropower Plants in Brazil and in Bahia State: A Critical Analysis of the Process

Cassiano José Souza da Silva
José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos

O presente estudo buscou, através do mapeamento do processo de licenciamento ambiental de hidrelétricas, identificar as falhas que atualmente impactam nos prazos para a concessão das licenças ambientais destes empreendimentos. Para tanto foi adotada a metodologia de mapeamento de processos amplamente utilizada na área de qualidade, o método da causa e efeito, tendo sido realizado um estudo dos regulamentos que tratam do tema na esfera federal e no Estado da Bahia, de forma a se identificar todas as entradas e saídas de processo, os quais foram amplamente discutidos e mapeados. Ao final foram apontadas as falhas identificadas, com destaque para a falta de integração entre os diversos órgãos, em especial por conta da existência de uma legislação desconecta, tendo sido sugerida uma revisão do marco regulatório ambiental vigente em nosso país, de forma a simplificá-lo e tornar o licenciamento ambiental mais eficiente.

Palavras-chave: licenciamento ambiental, hidrelétrica, processo, atrasos.

By mapping the current environmental licensing process for hydropower plants in Brazil at large and particularly in Bahia State, the present study sought to identify the main flaws impacting the deadlines for granting the licenses for such projects. To this end, we have used a cause and effect methodology widely employed for measuring the quality of this public service, including a study of the regulations dealing with the topic at the federal and state level, in order to identify all the inputs and outputs making this process too long. Among the main flaws identified in this study, we call particular attention to the lack of integration between the various agencies, especially due to the existence of disconnected legislation. In closing, we offer suggestions for a revision of the environmental regulatory framework in force in our country, in order to simplify it and make the whole process more efficient.

Keywords: environmental licensing, hydropower plants, processdelays

C.J.S. Silva

Especialista em Planejamento e Gestão do Meio Ambiente. e-mail: eng_cassiano@yahoo.com.br

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

2.1 Introdução

O licenciamento ambiental foi instituído no Brasil através da Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981, a qual estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), tendo se configurado como um marco histórico para a preservação ambiental em nosso país.

A Lei n.º 6.938/81 instituiu ainda o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) com a função de assistir o Presidente da República na formulação de diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente, tendo o mesmo sido efetivamente implantado em 1983, quando da aprovação do Decreto 88.351/83 que regulamentou a Lei do PNMA e estabeleceu as bases para o funcionamento do Conselho.

Com a criação da Política Nacional do Meio Ambiente e, em especial, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, o licenciamento ambiental dos grandes projetos começou a ser discutido no Brasil, tendo a construção de barragens se figurado como uma das primeiras atividades regulamentada pelo CONAMA, o qual em 05 de março de 1985 aprovou a Resolução 002, determinando que se oficiassem todos os órgãos federais, estaduais e municipais e demais empresas responsáveis pela construção de barragens, de que os projetos de implantação das mesmas deveriam ser objeto de licenciamento pelos órgãos estaduais competentes por se tratar de atividade considerada potencialmente poluidora.

O licenciamento ambiental, no entanto, somente foi regulamentado em 1986, quando da publicação da Resolução CONAMA n.º 001, a qual definiu as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), mas foi somente em 1997, com edição da Resolução CONAMA n.º 237, que os procedimentos e competências para o licenciamento ambiental foram efetivamente estabelecidos.

Ao longo das duas últimas décadas o licenciamento ambiental no Brasil ganhou importância e um aparato legal amplo e por vezes confuso, formado por dezenas de leis e decretos, quase quatrocentas resoluções do CONAMA, além de portarias, instruções normativas e outros instrumentos publicados pelos mais diversos órgãos e das mais diversas esferas de governo.

Para o licenciamento de uma hidrelétrica, por exemplo, faz-se necessário observar leis e decretos correlatos ao tema nas esferas federal, estadual(is) e municipal(is), além de normas do CONAMA, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), da Agência Nacional de Águas (ANA), da Marinha Mercante do Brasil, da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), entre outros.

Este complexo aparato tornou o licenciamento ambiental extremamente regulamentado, em especial para os projetos de

hidrelétricas, que em geral afetam vários municípios, por vezes mais de um estado, áreas protegidas, terras indígenas, comunidades tradicionais, sítios arqueológicos, cavernas, etc.

Em geral o licenciamento de uma grande hidrelétrica, desde a formalização do processo no órgão ambiental até a obtenção da Licença de Instalação (LI) e início das obras, leva entre 4 e 5 anos, mas estes prazos estão cada vez mais dilatados. Processos como o das hidrelétricas de Ipueiras, Pai Querê, Cachoeira e Ribeiro Gonçalves se arrastam há anos. Todos estes empreendimentos tiveram seus estudos ambientais rejeitados pelo órgão licenciador.

O Aproveitamento Hidrelétrico de Ribeiro Gonçalves, por exemplo, previsto para ser implantado no rio Paranaíba, entre os estados do Maranhão e Piauí, teve seus estudos ambientais devolvidos pelo IBAMA devido ao não atendimento ao Termo de Referência. O Parecer Técnico expedido pelo Instituto inicia sua conclusão indicando que não há no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) informações sobre temas básicos para se chegar a uma análise conclusiva sobre a viabilidade do empreendimento. Adicionalmente, pode-se constatar que ações básicas neste tipo de processo não foram realizadas, como a obtenção de Licença para Coleta e Transporte do material botânico coletado durante a realização dos estudos e a avaliação da interferência da implantação do empreendimento sobre a exploração de recursos minerais, entre outras, representando falhas que poderiam ser evitadas caso o empreendedor tivesse pleno domínio das exigências ambientais para o licenciamento do projeto.

É justamente com o objetivo de identificar os “gargalos” no licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas que se buscou mapear os processos que o envolvem. Para tanto, foram estudadas as legislações e procedimentos adotados a nível federal pelo IBAMA e a nível estadual pelo Instituto de Meio Ambiente da Bahia (IMA), antigo Centro de Recursos Ambientais (CRA), além do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), FUNAI, Fundação Cultural Palmares, Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), entre outros.

O entendimento de que o licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos sofre atrasos por conta da falta de conhecimento de todo o processo por parte dos empreendedores se configura como a hipótese desta dissertação, à qual tentaremos confirmar ao longo de seu texto.

Adicionalmente, cabe justificar a escolha por estudar os procedimentos para o licenciamento na esfera federal e no Estado da Bahia, a qual foi pautada pela importância do IBAMA como organismo licenciador dos grandes projetos hidrelétricos do país e pelo fato do licenciamento ambiental na Bahia ter sido o primeiro do país a ser certificado pela NBR ISO 9.001/2000 em 2001 e re-certificado em 2004, o que coloca o IMA como um

dos organismos mais eficientes e avançados neste campo.

O presente estudo encontra-se estruturado em sete capítulos, estando apresentado no Capítulo 1 uma breve descrição do estado da arte dos projetos hidrelétricos em relação ao meio ambiente, sendo abordado neste o histórico do setor hidrelétrico no Brasil, os princípios deste tipo de geração de energia, o potencial hidrelétrico brasileiro, além de uma sucinta descrição das etapas de concepção de um projeto de natureza hidrelétrica e uma análise acerca da inserção da componente ambiental no setor.

No Capítulo 2 encontra-se abordado mais profundamente o modelo de licenciamento ambiental empregado no nosso país e as competências para a efetivação do mesmo. Já o 3º Capítulo é dedicado ao relato da base teórica e metodológica empregadas no desenvolvimento da pesquisa, sendo inicialmente apresentada a estreita relação entre meio ambiente e qualidade e em seguida o aprofundamento à cerca das ferramentas utilizadas para a construção deste trabalho.

Os Capítulos 4 e 5 analisam mais detalhadamente o licenciamento ambiental nas esferas federal e na Bahia, respectivamente. Fazem um aprofundamento à cerca do licenciamento de hidrelétricas e se constituem na base para o Capítulo 6, onde é feito o mapeamento dos processos de licenciamento. Este último traz os resultados da pesquisa estampados através dos diversos mapas de processo, que, uma vez integrados, permitem o amplo conhecimento das etapas necessárias a serem cumpridas para se obter as licenças ambientais.

Por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões do trabalho, sendo feito neste uma avaliação dos processos de licen-



Fig. 2.1 – Usina Hidrelétrica de Marmelos.. Fonte: CEMIG, 2009.

ciamento ambiental de hidrelétricas na esfera federal e no Estado da Bahia, e sugeridas algumas ações para que se possa agilizar o processo de licenciamento deste tipo de empreendimento.

2.2 O Estado Da Arte: Hidrelétricas versus Meio Ambiente

A geração hidrelétrica no Brasil caracteriza-se como uma atividade tradicional, com mais de 120 anos de história. Trata-se de uma tecnologia inteiramente dominada, mas em constante aperfeiçoamento, que somente nos últimos vinte anos passou a incorporar a componente ambiental para a tomada de decisão. Gerar energia a partir de uma fonte hídrica de maneira sustentável é o grande desafio, afinal de contas, o meio ambiente é o seu principal combustível.

2.2.1 Geração Hidrelétrica, Um Breve Histórico

O aproveitamento das forças das águas antecede a era cristã, onde rodas d'água já eram utilizadas para bombeamento e moagem de grãos, mas o primeiro uso desta tecnologia para a geração de energia elétrica somente foi registrado no final do Século XIX, mais precisamente em 1886, quando foi construída a primeira usina para geração de energia hidrelétrica junto às cataratas do Niágara, na fronteira dos Estados Unidos da América com o Canadá.

As primeiras usinas eram pequenas e se quer possuíam barragens, aproveitando apenas a velocidade das águas para gerar a energia elétrica. A tecnologia até então empregada era incipiente, o que limitava a capacidade de geração e, sobretudo, o transporte da energia gerada.

No Brasil, as primeiras iniciativas para gerar energia elétrica a partir das águas dos rios estiveram atreladas à mineração, sendo a energia produzida utilizada no processo de exploração de pedras preciosas. A primeira utilização de energia hidrelétrica no país ocorreu em 1883 no ribeirão do inferno, afluente do rio Jequitinhonha, em Diamantina, Minas Gerais, onde foi instalada uma usina para geração de energia elétrica com a finalidade de movimentar bombas da Mineração Santa Maria para a exploração de diamantes (PAULON & MARTINS NETO, 2000 apud TOLMASQUIM, 2005; GOMES et al, 2002).

Em 1885 e 1887 duas outras hidrelétricas foram implantadas para a autoprodução em Viçosa e Nova Lima, Minas Gerais, as quais destinavam sua energia para a Companhia Fiação e Tecidos São Silvestre e para a Compagnie des Mines d'Or Du Faria, respectivamente (GOMES et al, 2002).

De acordo com Tolmasquim (2005), a primeira usina destinada ao serviço público foi a Usina de Marmelos-0, construída no rio Paraibuna em Juiz de Fora, Minas Gerais, em 1889. Existem algumas controvérsias quanto à sua potência, afirmando Tolmasquim (2005) que a usina dispunha de duas turbinas com potência de 250 kW, totalizando assim 500 kW. Já Gomes et al (2002) afirma que a usina possuía 250 kW de potência. Ambos os autores concordam, no entanto, que o empreendimento tinha

o objetivo de fornecer energia para iluminação pública da cidade e suprir uma fábrica de tecidos, e que a usina foi ampliada em 125 kW em 1892.

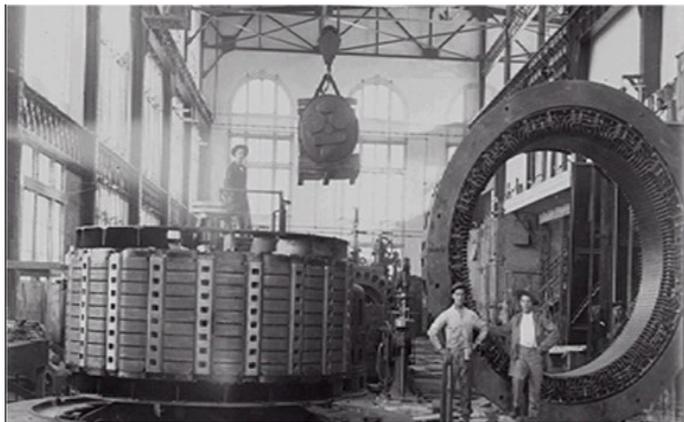


Fig. 2.2 – Montagem de Hidrelétrica. Fonte: Light apud Sanches (2006)

Junto com a UHE Marmelos – 0 nasceu a primeira companhia de eletricidade do país, a Companhia Mineira de Eletricidade, a qual foi autorizada pela Câmara de Vereadores de Juiz de Fora a fornecer energia para o município. Em 1892 a usina Marmelos-0 foi ampliada e, no mesmo rio, foi construída a usina Marmelos-I, que em 1896 sofreu uma ampliação e passou a incorporar a usina Marmelos-0, estando esta segunda usina ainda em operação, com potência total de 4,0 MW (TOLMASQUIM, 2005; CEMIG, 2009).

As primeiras usinas de geração do país foram outorgadas pelo poder público municipal, mas com a Constituição de 1891, apenas as concessões para prestação de serviços de distribuição de eletricidade passaram a ser outorgadas pelas prefeituras, cabendo aos governos estaduais o poder concedente com relação ao aproveitamento e à utilização das quedas d'água.

Apesar da grande riqueza em recursos hídricos no país, as dificuldades tecnológicas associadas à necessidade de atender aos centros urbanos e a baixa confiabilidade quanto à regularidade das centrais hidrelétricas, fizeram com que a geração termoeleétrica predominasse no Brasil até o final do século XIX (TOLMASQUIM, 2005). Com o crescimento do número de indústrias no país e os altos custos da energia termoeleétrica, houve uma busca maciça dos industriais da época pela energia hidráulica, mas foi somente a partir de 1899, com a chegada da São Paulo Railway, *Light and Power Company Limited*, é que a geração hidráulica passou a crescer fortemente no país.

A primeira hidrelétrica da companhia canadense foi inaugurada em 1901, a Usina Hidrelétrica de Parnaíba, no rio Tietê, em São Paulo, cuja potência inicial foi de 2.000 kW, tendo a mesma sofrido diversas ampliações e atingido sua potência máxima de 16.000 kW em 1912, potência esta que permanece até os dias de hoje (TOLMASQUIM, 2005; ANEEL, 2008). Em 1904,

o grupo canadense fundou a *The Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company Limited* e estendeu seu mercado a então capital da República, e a partir de 1912, as empresas passaram a ser controladas pela holding *Brazilian Traction Light and Power Company Limited* (GOMES et al, 2002; NASCIMENTO & MADIO, 2008).

Segundo Gomes et al (2002) a primeira tentativa do Governo Federal em regulamentar o setor elétrico brasileiro foi feita em 1903, o que corrobora com Sanches (2006), o qual afirma que o primeiro texto legal brasileiro sobre energia elétrica foi feito através da inserção do Art. 23 na Lei n.º 1.145, de 31 de dezembro de 1903, a qual fixava a despesa geral da então República dos Estados Unidos do Brasil para o exercício de 1904. Estabelecia o Art. 23 que:

“Art. 23. O Governo promoverá o aproveitamento da força hydraulica para transformação em energia eléctrica applicada a serviços federaes, podendo autorizar o emprego do excesso da força no desenvolvimento da lavoura, das industrias e outros quaesquer fins, e conceder favores ás empresas que se propuzerem a fazer esse serviço. Essas concessões serão livres, como determina a Constituição, de quaesquer onus estadoaes ou municipaos”.

A lei estabelecia, de maneira genérica, que o Governo Federal deveria promover a exploração dos potenciais de energia hidráulica dos rios brasileiros com vistas ao atendimento dos serviços públicos federais, e que apenas o seu excesso poderia ser destinado a outros usos, mediante autorização ou concessão de favores às empresas que se propusessem a prestar este tipo de serviço. De acordo com Gomes et al (2002) a lei pouca eficácia mostrou, uma vez que, na prática, os concessionários continuavam firmando contratos e sendo regulamentados pelos estados e municípios.

Em 1909 o Brasil possuía uma das maiores hidrelétricas do mundo, a Usina de Fontes, com uma potência instalada de 24.000 kW, e em 1913 deu-se início à exploração de uma das mais importantes bacias hidrográficas e energéticas do país, a do São Francisco, a partir da construção, pelo industrial Cearense Delmiro Gouveia, da Usina de Anjiquinho, nas corredeiras de Paulo Afonso, a qual se caracterizou como a primeira usina hidrelétrica do Nordeste e objetivava atender as cidades de Salvador e Recife (TOLMASQUIM, 2005).

Apesar de iniciado o aproveitamento da bacia do São Francisco, até a primeira metade do século a maioria das centrais hidrelétricas que foram implantadas no país concentrava-se na região sudeste, onde o desenvolvimento econômico impulsionou a demanda e a geração de energia.

O recenseamento de 1920 já indicava a existência de 209 geradores hidrelétricos no país que representavam uma potência

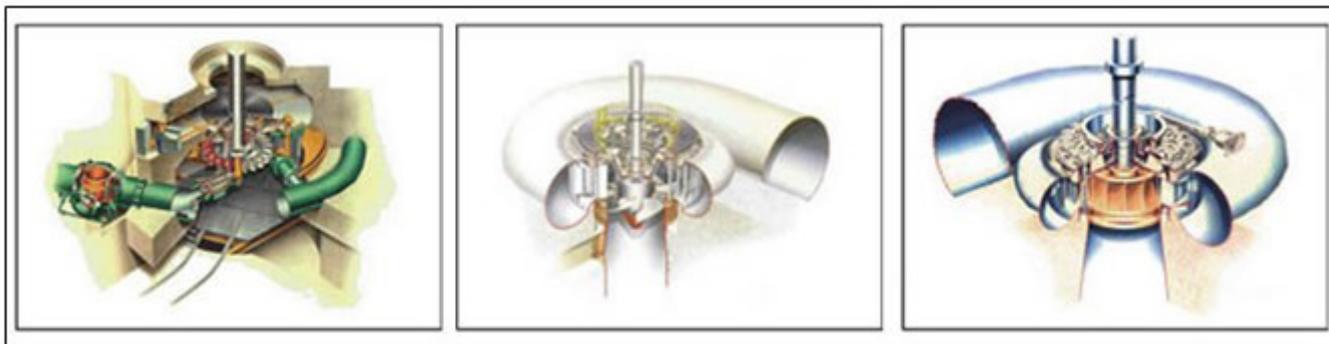


Fig. 2.3 – Turbinas Hidráulicas (Pelton, Kaplan e Francis, respectivamente). Fonte: GE Power Systems apud ANEEL (2005).

total de 272.000 kW, dos quais apenas doze possuíam capacidade instalada superior a 1.000 HP (745,7 KW), (TOLMASQUIM, 2005; GOMES et al, 2002). Tratava-se de estruturas muito simples, quase sempre para atendimento local, com impacto ambiental pouco significativo se comparado àqueles provocados pelas grandes hidrelétricas.

O setor elétrico passou a mudar fortemente a partir de 1924, com a chegada ao país da American Foreign Power Company (AMFORP), que promoveu a compra de várias pequenas concessionárias no interior de São Paulo e em poucos anos já operava em nove capitais e nas cidades de São Gonçalo e Petrópolis, no Rio de Janeiro, e Pelotas no Rio Grande do Sul (GOMES et al, 2002).

Durante as primeiras décadas do século passado a geração e distribuição de energia concentravam-se nas mãos de companhias privadas, quase sempre de capital estrangeiro, que a partir da incorporação de companhias menores e aquisição de usinas em operação passaram a exercer um verdadeiro monopólio no setor. O parque gerador brasileiro tornou-se predominantemente hidráulico, surgindo a partir de 1920 hidrelétricas de maior capacidade, as quais, no entanto, não foram capazes de livrar o país do seu primeiro racionamento de eletricidade, o que impulsionou a adoção de um modelo intervencionista nos anos seguintes. A implantação de bondes elétricos nas principais cidades do país, associada ao crescimento industrial e ao consumo destinado à iluminação pública foram suas causas principais (TOLMASQUIM, 2005).

Durante os três primeiros anos da década de 1930, na tentativa de se estabelecer um modelo intervencionista, foram adotados pelo Estado algumas iniciativas de regulamentação do setor elétrico, a partir da suspensão de novas autorizações, proibição de aquisição de empresas e extinção da cláusula-ouro, a qual garantia às empresas o reajuste sistemático das tarifas pela cotação do ouro Gomes et al (2002). Mas foi somente em 1934, com a aprovação do Código de Águas, que o modelo foi efetivamente estabelecido, tendo sido posto claramente em seu texto a competência da União em legislar e outorgar as concessões de serviços públicos de energia elétrica.

Tal competência foi incorporada a nível constitucional na Carta de 1934 e ampliada na Carta de 1937, a qual reservou como competência privativa da união legislar sobre a energia hidráulica e criou o regime de autorização para a exploração dos aproveitamentos hidrelétricos, estabelecendo que as minas e demais riquezas do subsolo, bem como as quedas d'água constituíam propriedade distinta da propriedade do solo e que o

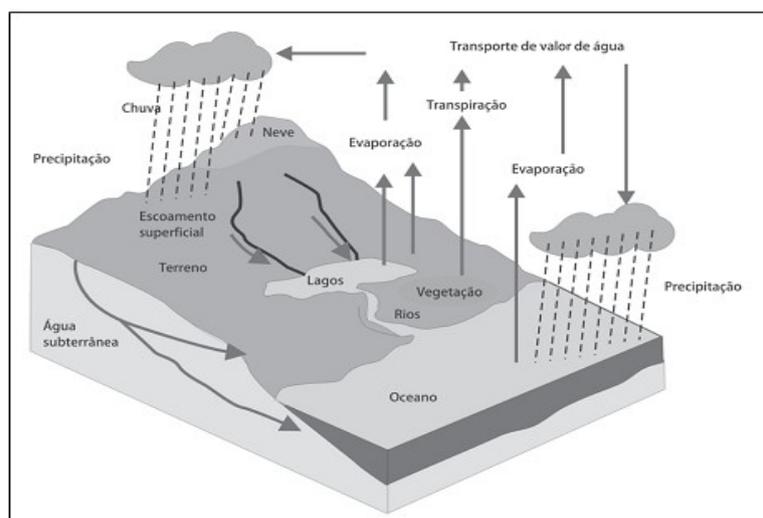


Fig. 2.4 – Ciclo Hidrológico. Fonte: Tucci & Mendes (2006)

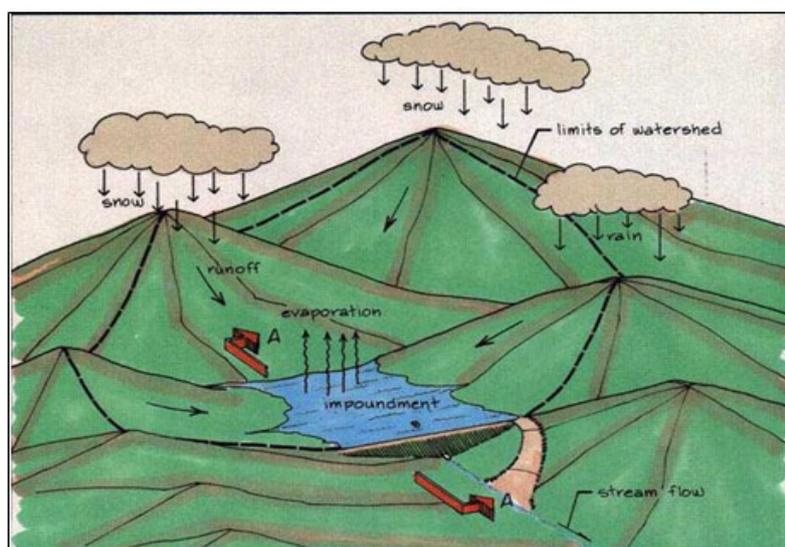
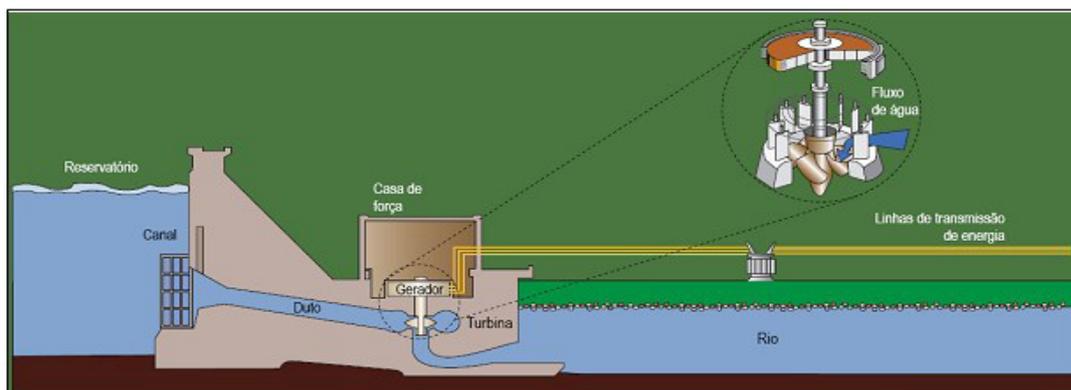


Fig. 2.5 – Ciclo Hidrológico - Barragem. Fonte: <http://dnr.wi.gov/org/water/wm/dsfm/dams/gallery.html>

Fig. 2.6 – Perfil Esquemático de Usina Hidrelétrica. fonte: ANEEL, 2008.



aproveitamento industrial das minas e das jazidas minerais, das águas e da energia hidráulica, ainda que de propriedade privada, dependeria de autorização federal, salvo nos casos dos aproveitamentos de potência reduzida e para uso exclusivo do proprietário.

A despeito de reservar ao poder público federal o direito de legislar sobre uso da água, proteção às florestas e hidroeletricidade, a Constituição de 1937 não abordava claramente a temática ambiental, a qual somente passou a fazer parte da agenda de discussões do poder público com maior efetividade a partir de 1965, quando foi instituído o Código Florestal Brasileiro.

O Código de Águas de 1934 estabeleceu regras mais rígidas para a indústria de eletricidade e em especial para a exploração do potencial hidrelétrico no Brasil. O arcabouço nacionalista empregado no código associado às incertezas regulatórias desencorajou os grandes grupos estrangeiros, reduzindo o ritmo de crescimento da capacidade de geração (GOMES et al, 2002).

Com vistas a sanar os problemas de suprimento, regulamentação e tarifa referentes à indústria de energia elétrica foi criado em 1939 pelo então presidente Getúlio Vargas o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE) (ANEEL, 2008). A iminente crise vivenciada na época impulsionou a participação do Estado no mercado de geração de energia, até então dominado pelas companhias privadas, em especial pela Light e pela americana American & Foreign Power Company. A partir de

então começava-se a planejar a implantação de grandes hidrelétricas no país, o que culminou na criação da primeira companhia de eletricidade do governo federal, a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), constituída em 1945 para explorar o potencial do rio São Francisco (TOLMASQUIM, 2005).

Até então não havia uma preocupação ambiental e segundo Tolmasquim (2005), os grandes projetos hidrelétricos se espalharam pelo país para garantir a industrialização pesada vivida no pós-guerra. Neste contexto merecem destaque as usinas de Paulo Afonso (180 MW) e Três Marias (396 MW), no rio São Francisco, Furnas (1.270 MW) no rio Grande e Foz do Areia (1.676 MW) e Salto Santiago (1.420 MW) no rio Iguaçu.

O modelo então estabelecido concentrava nas mãos do governo federal as atividades de geração e transmissão e delegava aos estados a distribuição de energia elétrica (TOLMASQUIM, 2005), tendo, nesta mesma época, surgido grandes companhias estaduais distribuidoras, como a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e a Companhia de Eletricidade da Bahia (COELBA).

Em 1960 foi criado o Ministério de Minas e Energia (MME), o qual assumiu as responsabilidades pelos estudos e despachos de todos os assuntos relativos à produção mineral e energia do país, passando a incorporar em sua estrutura, entre outros órgãos e repartições, o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), o CNAEE e a CHESF (ANEEL, 2008).

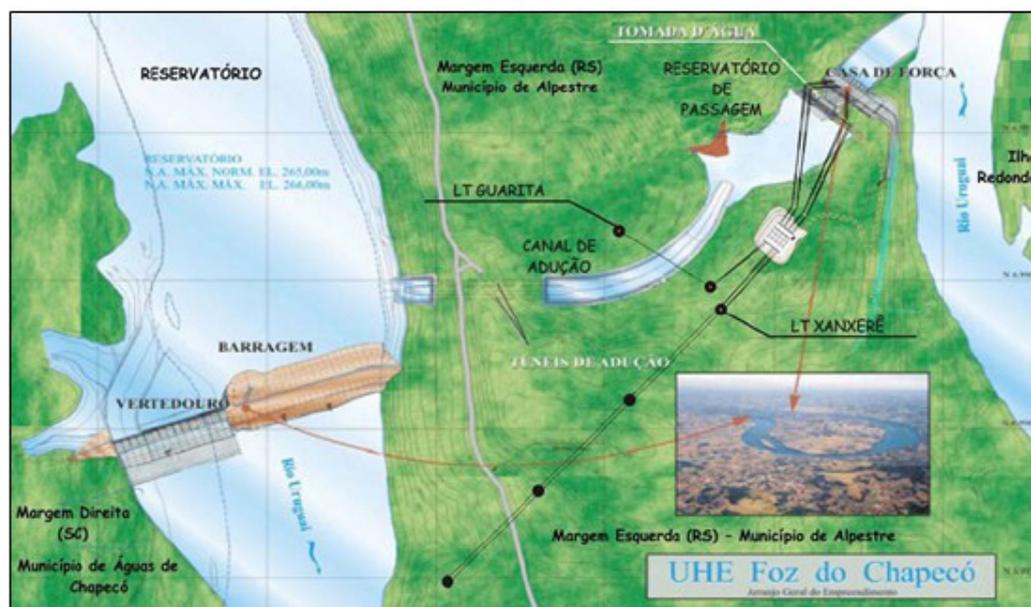


Fig. 2.7 – Arranjo Geral de Hidrelétrica - UHE Foz de Chapecó. Fonte: www.fozdochapeco.com.br

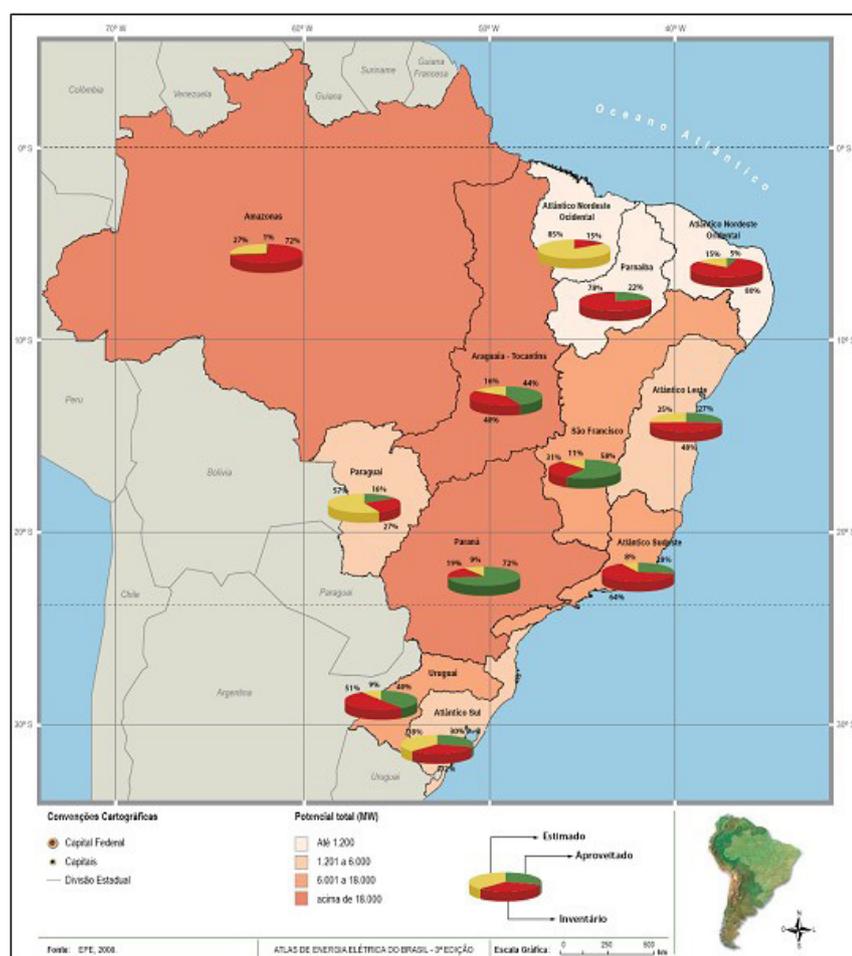


Fig. 2.8 – Mapa do Potencial Hidrelétrico Brasileiro Por Bacia Hidrográfica.. Fonte: EPE (2008) apud ANEEL (2008)

As Centrais Elétricas do Brasil S/A (ELETROBRAS) foi criada em 1961, já sob a égide do novo Ministério, e com o objetivo de realizar estudos, projetos, construção e operação de usinas produtoras e linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como celebrar os atos de comércio decorrentes dessas atividades (ELETROBRAS, 2009).

Em 1965, face à reestruturação necessária por conta do novo Ministério, a divisão de água do DNPM foi transformada no Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE), ao qual foram atribuídas as mesmas responsabilidades e atribuições do já existente CNAEE (ANEEL, 2008).

A existência dos dois órgãos com a mesma finalidade trouxe fortes prejuízos à implementação da política energética nacional, o que somente foi corrigido em 1968, quando foi aprovado o Decreto n.º 63.951, o qual estabelecia a estrutura básica do Ministério das Minas e Energia, alterando as funções do DNAE, que passou a denominar-se Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). O Decreto-lei n.º 689, de 18 de julho de 1969, completou os trâmites legais, extinguindo o CNAEE e decretando a definitiva absorção, por parte do DNAEE, de todas as atribuições do extinto CNAEE, definidas na legislação vigente (ANEEL, 2008).

O DNAEE passou então a exercer o papel de Órgão Central

de Direção Superior responsável pelo planejamento, coordenação e execução dos estudos hidrológicos em todo o território nacional, além da supervisão, fiscalização e controle dos aproveitamentos das águas e da supervisão, fiscalização e controle dos serviços de eletricidade.

O Brasil entrava na era das grandes hidrelétricas erguidas por empresas estatais que passaram a exercer um monopólio na área de geração. Os impactos dos grandes projetos já eram sentidos, mas a sociedade civil era posta à margem das discussões e das decisões. As companhias geradoras de eletricidade buscavam implantar as usinas pelo menor custo, sem reconhecer os direitos dos afetados, sob a alegação de estarem defendendo um bem maior, que seria a garantia do fornecimento, essencial ao desenvolvimento do país, com tarifas menores (TOLMASQUIM, 2005).

2.3 Princípios da Geração Hidrelétrica

Desde as últimas décadas do Século XX o Brasil tem se configurado como um país exportador de tecnologia para geração de energia a partir de hidrelétricas. Em pouco mais de cem anos de história o país viu sua capacidade de geração a partir de fontes hídricas crescer de maneira exponencial, atingindo em 2006 uma capacidade de 349 TWh, valor este inferior apenas aos da China e do Canadá (EPE, 2007).

As hidrelétricas, que são responsáveis por 16% de toda a energia elétrica gerada no mundo, e 73% da energia elétrica gerada no Brasil (EPE, 2008), são a combinação perfeita entre a tecnologia e a força da natureza. As turbinas são impulsionadas pela força das águas e com elas fazem girar os geradores de eletricidade, num processo relativamente simples onde a energia cinética contida no movimento das águas se transforma em energia mecânica, a qual é convertida em energia elétrica com grau de eficiência que, segundo ANEEL (2005) pode chegar a 90%.

A essência da hidroeletricidade é a natureza, o que a torna ainda mais importante na concepção dos projetos. A energia hidráulica é proveniente das chamadas fontes primárias de energia, em especial a energia solar e a gravitacional, que se combinam para formar os denominados ciclos hidrológicos, que alimentam e fazem correr os rios que impulsionam as turbinas.

Dois são os elementos fundamentais para a geração de energia a partir de uma hidrelétrica, a vazão do rio, ou seja, a quantidade de água que o rio transporta ao longo do tempo, e os desníveis que este rio possui ou àqueles que possam ser criados com a construção das barragens.

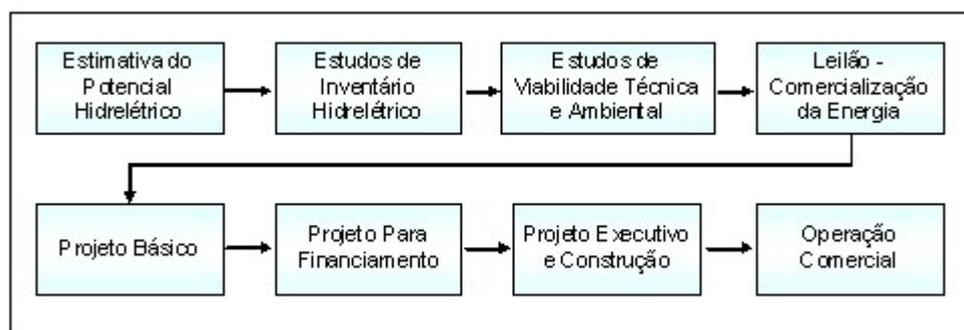


Fig. 2.12 - Etapas de implantação de uma hidrelétrica. Fonte: Adaptado de MME, 2007.

As hidrelétricas são, em geral, compostas por estruturas como barragem, vertedouro, tomada d'água, câmara de carga, conduto forçado, casa de força, canal de fuga, entre outras. A barragem é responsável pela formação do reservatório, essencial na maioria dos casos para formar artificialmente a queda d'água. O vertedouro possibilita o escoamento da água durante as cheias, e o sistema de adução e captação de água, o qual contempla a tomada d'água, câmara de carga e conduto forçado, possibilita a condução da água até o circuito de geração, fazendo a interligação entre o reservatório e a casa de força, onde ficam instaladas as turbinas e a estas acoplados os geradores, onde a energia elétrica é efetivamente gerada.

Hidrelétricas envolvem grandes investimentos durante a sua implantação, mas apresentam a vantagem de possuir custos operacionais muito mais baixos que outras fontes de geração, em especial por conta do seu combustível principal, que é a força das águas, mantido praticamente sem ônus, graças à ação da natureza. É exatamente por isso que a hidroeletricidade é considerada a mais importante fonte de energia renovável, indispensável para o desenvolvimento do país e com grande potencial ainda a ser explorado.

2.4 O Potencial Hidrelétrico Brasileiro

De acordo com estudos desenvolvidos pelo *World Energy Council* (WEC), o Brasil possui o terceiro maior potencial hidráulico do mundo, com recurso total da ordem de 3.040 TWh/ano, perdendo apenas para a China e os Estados Unidos. Deste total, apenas 49% é considerado tecnicamente aproveitável, ou seja, 1.488 TWh/ano (WEC, 2007).

O Brasil é considerado o maior produtor de energia a partir de fontes hidrelétricas da América do Sul, mas ainda possui um potencial expressivo a ser aproveitado, o qual representa 76% do potencial tecnicamente aproveitável. Estes números dão conta da magnitude da hidroeletricidade na matriz energética brasileira e da importância que esta fonte vai continuar exercendo nos próximos anos.

Segundo Banco Mundial (2008) as usinas hidrelétricas re-

presentam 85% da capacidade instalada do sistema interligado brasileiro, sendo os 15% restantes correspondentes a plantas termoeletricas, movidas, principalmente a gás natural, carvão, energia nuclear e óleo diesel.

Estima-se que o potencial hidrelétrico brasileiro é da ordem de 260 GW, dos quais apenas 63% foi inventariado e 24% foi desenvolvido. A bacia que concentra o maior potencial é a amazônica, com 40% de todo o potencial, e a mais explorada é a do Paraná, com 64% do seu potencial já aproveitado (TOLMASQUIM, 2005).

De acordo com estudos do Banco Mundial (2008), 64-66% dos projetos potenciais com custos entre US\$ 1,200/kW e 1,500/kW estão situados na Região Norte, apontando os estudos para a necessidade de cuidados especiais relacionados aos aspectos ambientais e ao tratamento de questões indígenas na região.

A despeito do expressivo potencial hidrelétrico ainda a ser explorado no Brasil, a participação da hidroeletricidade na geração de energética elétrica tende a cair nos próximos anos. Prova disso são os resultados dos últimos leilões de energia nova promovidos pela ANEEL, em especial àqueles do ano de 2008, onde, apesar da participação da UHE Jirau - a ser construída no rio Madeira com 3.300 MW -, verificou-se forte crescimento da energia termoeletrica, a qual atingiu a marca de 54% de toda a energia contratada naquele ano.

As projeções do Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017 indicam que a potência térmica instalada deverá mais que dobrar nos próximos dez anos, ao passo que a hidráulica deverá crescer em 38%.

Destaca-se que apesar do crescimento da geração termoeletrica, as usinas hidrelétricas continuarão mantendo uma participação predominante, ainda que decrescente, na geração de energia no sistema interligado brasileiro (BANCO MUNDIAL, 2008).

2.5 Etapas de um Projeto Hidrelétrico

De acordo com o Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, publicado pelo Ministério de Minas e Energia em 2007, o ciclo de implantação de uma usina hidroelétrica compreende cinco etapas:

- i. Estimativa do Potencial Hidroelétrico, feita a partir de estudos preliminares de caracterização da bacia hidrográfica, desenvolvidos em escritório e com base em dados secundários, compreendendo avaliações acerca

da topografia, hidrologia, geologia e meio ambiente, de forma a se verificar a vocação da mesma para fins de geração de energia;

- ii. Elaboração dos Estudos de Inventário Hidrelétrico, que consiste na realização de avaliações mais aprofundadas com base em dados primários e secundários que permitem identificar, a partir do estudo de partição de queda, quais são os potenciais a serem explorados. A partir de 2007 os estudos de inventário passaram a incorporar mais fortemente a componente ambiental na tomada de decisão, através da incorporação da Avaliação Ambiental Integrada dos diversos eixos selecionados. Com isso, as alternativas são comparadas entre si, devendo ser selecionada aquela que apresente o melhor balanço entre os benefícios energéticos, os impactos socioambientais e os custos de implantação (EPE, 2006). Nesta etapa são desenvolvidos ainda estudos básicos cartográficos, geológicos e geotécnicos, hidrometeorológicos, energéticos, socioambientais e de usos múltiplos de água;

- iii. Desenvolvimento dos Estudos de Viabilidade, que compreendem estudos mais detalhados para a análise da viabilidade técnica, energética, econômica e socioambiental, permitindo a definição do aproveitamento ótimo. Durante esta etapa são realizadas avaliações de campo mais detalhadas que permitem dimensionar o aproveitamento, reservatório, áreas de influência, e identificar as interferências socioambientais do projeto. Paralelamente a esta etapa e até mesmo de maneira integrada, são desenvolvidos o EIA e o RIMA, os quais subsidiarão a obtenção da Licença Prévia, junto ao competente órgão ambiental. Ao final desta etapa o empreendimento é então levado a leilão, onde, de acordo com as novas regras, vence àquele que ofertar o menor preço para a comercialização da energia gerada;

- iv. Elaboração do Projeto Básico, o qual, em se tratando de Usina Hidrelétrica, é realizado após a licitação do aproveitamento, e em caso de PCH, após a obtenção do registro ativo por parte do interessado, conforme determina a recém aprovada resolução ANEEL n.º 343/2008. O Projeto Básico consiste no detalhamento do projeto, de forma a se definir claramente as suas características técnicas, especificações das obras civis e equipamentos eletromecânicos, bem como os programas socioambientais. Nesta etapa é elaborado o Projeto Básico Ambiental - PBA, o qual tem a finalidade de detalhar as recomendações incluídas no EIA, visando a obtenção da Licença de Instalação e o consequente

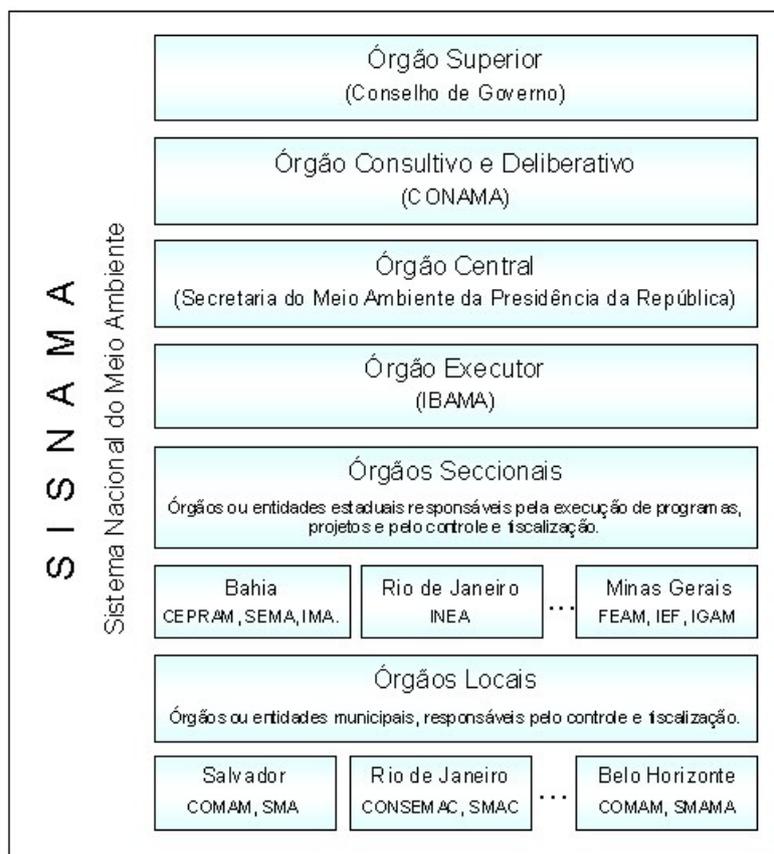


Fig. 2.13 – Estrutura do Sistema Nacional do Meio Ambiente. Fonte: própria.

início das obras; e

- v. Detalhamento do Projeto Executivo, o qual compreende a elaboração dos desenhos dos detalhamentos das obras civis e dos equipamentos eletromecânicos, necessários à execução da obra e à montagem dos equipamentos. Em geral esta etapa corre de maneira paralela com o as obras e avança pouco à frente das atividades de construção e montagem. É nesta etapa que também são tomadas todas as medidas pertinentes à implantação do reservatório, como a aquisição das áreas de inundação e de preservação permanente e a implementação dos programas socioambientais integrantes do PBA, cujos resultados deverão subsidiar a obtenção da Licença de Operação (LO).

Poderíamos elencar ainda uma série de outras etapas não menos importantes, como de financiamento e de comercialização da energia, essenciais para a viabilização de projetos hidrelétricos, conforme adiante ilustrado.

2.6 Inserção da Componente Ambiental nos Projetos Hidrelétricos

Até o final dos anos de 1980 o setor elétrico era completamente

regulado por um único organismo, o extinto DNAEE, o qual regulamentava as ações dos agentes, na sua maioria formado por companhias estatais, e ainda o regime de outorga de água, a qual era concedida de maneira integrada com a outorga para exploração do potencial hidrelétrico. Até então não havia uma preocupação com as questões ambientais e com o uso múltiplos das águas, sendo o uso energético estabelecido como o prioritário.

A fundação do Clube de Roma em 1968 e posterior publicação do seu relatório intitulado *Limits to Growth* (Os Limites do Crescimento) em 1972, onde um conjunto de 70 (setenta) cientistas e personalidades de vários países faziam previsões acerca dos limites dos recursos naturais, é considerado um dos primeiros manifestos internacionais sobre a temática ambiental, tendo esta publicação, juntamente com a Convenção Internacional de Estocolmo, Suécia, realizada neste mesmo ano, e que reuniu 113 países, consolidado as bases dos movimentos ambientalistas em todo o mundo.

Segundo Valle (2006), os anos de 1970 foram a década da regulamentação e do controle ambiental, na qual várias nações começaram a estruturar seus órgãos ambientais e estabelecer legislações específicas para o controle da poluição. Rezende (2007) destaca que nesta época o governo brasileiro já demonstrava preocupação com a questão ambiental, o que levou à criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA) em 1973, a qual era vinculada ao Ministério do Interior. O autor considera ainda que a criação da Secretaria marcou o início da institucionalização da política ambiental do Estado brasileiro.

É justamente em meio à efervescência dos movimentos ambientais vividos ao longo de toda a década de 1970 e início da década de 1980 que no Brasil se concretizam grandes projetos hidrelétricos, como as usinas de Balbina, Sobradinho, Ilha Solteira, Itaipu e Tucuruí, o que chamou a atenção da comunidade internacional, fazendo aumentar as pressões para que as questões ambientais fossem consideradas na concepção de projetos estruturantes como os do setor elétrico.

Em 1980 foi aprovada a Lei 6.803/80, através da qual estabeleceu a obrigatoriedade de estudos especiais de alternativas e de avaliações de impactos, mas somente para a instalação de indústrias. No ano seguinte, com a aprovação da Lei 6.938/81 que criou a Política Nacional do Meio Ambiente, o licenciamento ambiental dos grandes projetos de infraestrutura passou a ser obrigatório, mas foi somente a partir de 1986, com a publicação da Resolução do CONAMA n.º 001/86, que a componente ambiental passou a integrar efetivamente tais projetos.

À época, o setor elétrico, capitaneado pelas empresas estatais integrantes do grupo Centrais Elétricas Brasileiras S/A (ELETROBRAS), e ainda sobre a égide do DNAEE, se furtava em cumprir as novas regras, mas as fortes pressões, em especial dos organismos financiadores internacionais, fizeram com que

as questões ambientais assumissem uma importância cada vez mais relevante para a viabilização dos empreendimentos.

Em 1987, com a publicação da Resolução CONAMA n.º 006/87, foram estabelecidos os procedimentos para o licenciamento de obras de grande porte, especialmente àquelas nas quais a União tinha interesse relevante como a geração de energia elétrica.

A adequação do setor à nova realidade tornou-se inevitável e a questão ambiental começou a ser objeto de discussões nas mais diversas instâncias de poder. Os agentes do setor, sob a coordenação da ELETROBRAS, tomaram diversas iniciativas como a publicação em 1986 do Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos e a criação, neste mesmo ano, do Conselho Consultivo de Meio Ambiente (CCMA), que era integrado por cientistas e tinha a função de orientar a ELETROBRAS na abordagem das questões ambientais. Em 1987 foi criado o Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico (COMASE), que se figurou como um importante instrumento para a inserção da componente ambiental no setor ao estabelecer e implementar a Política de Meio Ambiente do Setor Elétrico (EPE, 2006; BRAGA, 2004; ELETROBRAS, 2009).

Várias foram as publicações do COMASE que nortearam a inserção da componente ambiental nos projetos hidrelétricos do país, como o Plano Diretor do Meio Ambiente do Setor Elétrico (PDMA), procedimentos para relacionamento e interação com a sociedade, diretrizes e procedimentos relativos ao remanejamento de grupos populacionais, critérios e procedimentos para apropriação de custos ambientais, metodologia para contabilizar emissões de gases de efeito estufa dos reservatórios, entre outros (EPE, 2006).

A partir de 1998, com a privatização do setor elétrico, houve uma ruptura das iniciativas que haviam sido tomadas para a incorporação da componente ambiental no planejamento energético, em especial no planejamento de longo prazo. Segundo EPE (2006) houve uma dispersão das atribuições do COMASE e da ELETROBRAS no âmbito do MME e da ANEEL.

Essa dispersão somente foi corrigida a partir de 2004, quando da aprovação da Lei n.º 10.848, que instituiu o Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico e da Lei n.º 10.847, que criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a qual retomou as ações de planejamento e passou a incorporar decisivamente a componente ambiental no planejamento de longo prazo e, por conseguinte, na tomada de decisão acerca da expansão da oferta (EPE, 2006).

Segundo a EPE (2006), as diretrizes gerais do Plano Nacional de Energia incorporaram a dimensão socioambiental nos processos iniciais de planejamento, buscando a partir da avaliação

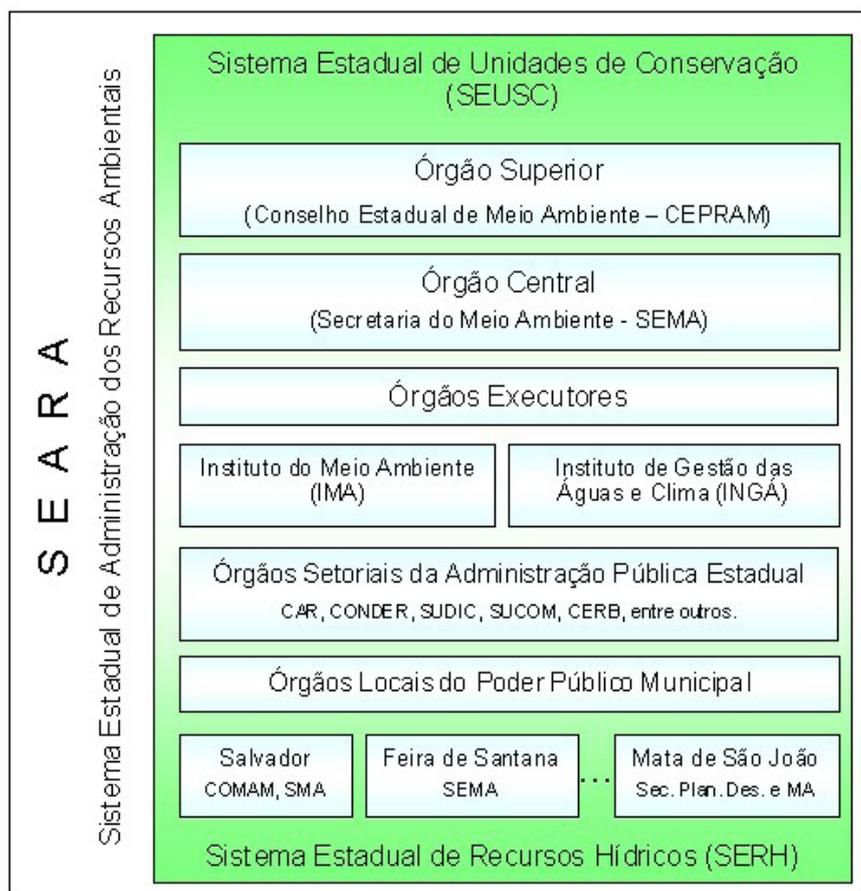


Fig. 2.14 – Estrutura do Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais. Fonte: Própria.

da disponibilidade dos recursos hídricos a definição das bacias hidrográficas prioritárias para a realização dos estudos de inventário. No processo de planejamento de longo prazo são também realizadas avaliações específicas acerca dos empreendimentos setoriais na Amazônia e estabelecidos indicadores de sustentabilidade e desempenho ambiental e social que abordam temas como mudanças climáticas, quantidade de água, modificação de ambientes aquáticos, mudança do uso do solo, resíduos, acessibilidade e equidade e desenvolvimento social.

Além disso, ao estabelecer a obrigatoriedade de se obter a LP para a habilitação dos empreendimentos para participarem dos leilões de oferta de energia, o novo marco regulatório fortaleceu a necessidade de incorporar a dimensão socioambiental desde as etapas iniciais do planejamento, sendo esta essencial para a viabilização dos projetos hidrelétricos.

O amadurecimento do setor elétrico tem permitido cada vez mais uma abordagem estratégica da questão ambiental, em especial nas ações de longo prazo, mas parece-nos faltar uma efetiva articulação entre os agentes setoriais de energia e de meio ambiente, em especial nas etapas de planejamento de médio e curto prazo, o que tem impulsionado o crescimento da geração termoelétrica nos últimos anos.

2.7 O Meio Ambiente e o Licenciamento

2.7.1 O Licenciamento Ambiental no Brasil

O licenciamento ambiental foi instituído no Brasil em 1981 com a aprovação da Lei 6.938, a qual dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Com o advento desta lei, os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, passaram a constituir o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA).

Como órgão superior do sistema e com a função de assistir o Presidente da República na formulação de diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o qual se caracterizou como o primeiro conselho nacional de caráter deliberativo com participação da sociedade civil.

Órgãos integrantes da Administração Pública Federal vinculados à preservação da qualidade ambiental ou disciplinamento do uso de recursos naturais, como o extinto Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), integravam o sistema como órgãos setoriais. Até então, o licenciamento ambiental era praticamente centralizado nos órgãos estaduais integrantes do SISNAMA, já que o Art. 10 da Lei 6.938/81 atribuía a estes o papel de promotor do prévio licenciamento ambiental, tendo sido resguardado ao Poder Executivo Federal apenas o licenciamento de instalações nucleares e polos petroquímicos e cloroquímicos.

Em 1985 o CONAMA expediu a resolução n.º 02/85, determinando que a Secretaria Especial do Meio Ambiente comunicasse a todos os órgãos federais, estaduais e municipais e demais empresas responsáveis pela construção de barragens, que os projetos de implantação das mesmas deveriam ser objeto de licenciamento pelos órgãos estaduais competentes, uma vez que se trata de atividade considerada potencialmente poluidora. Mas foi somente em 1986, com a Resolução CONAMA n.º 01, que o licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos passou a ser efetivamente exigido.

As obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, em especial as barragens para fins hidrelétricos acima de 10MW, passaram a depender de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). A CONAMA n.º 01/86 introduziu a Avaliação de Impacto Ambiental na forma de estudo ambiental que, ao lado dos princípios de publi-

cidade e participação pública, instrumentalizam e subsidiam o processo de licenciamento ambiental (MMA, 2006).

Num primeiro momento houve certa resistência do setor elétrico em licenciar os seus empreendimentos, tanto que em setembro de 1986 o CONAMA, através da Resolução n.º 024/86, determinou que sua Secretaria Executiva oficiasse a Procuradoria Geral da República, no sentido de comunicar e solicitar as providências cabíveis em relação à ELETROBRÁS e suas subsidiárias, as quais se negavam a apresentar Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental para o licenciamento das usinas hidrelétricas em funcionamento e em construção, conforme estabelecia a CONAMA 01/86.

Em 1988, com a promulgação da nova Constituição Federal, um sistema ambiental foi efetivamente instituído no Brasil, tendo sido esta a primeira das Cartas a dedicar um capítulo próprio à temática ambiental. De acordo com EPE (2006),

“A Constituição brasileira manifesta expressa preocupação com o tema do meio ambiente, dando ao assunto uma importância particular, tendo em vista que poucos são os textos constitucionais, no mundo, onde a atenção à questão ambiental seja apresentada de forma tão cuidadosa e específica”.

A Constituição de 1988 impôs à sociedade brasileira o dever de defender e preservar o meio ambiente a partir da adoção de importantes princípios e instrumentos, como o princípio da precaução, o qual é materializado no ordenamento jurídico brasileiro através do licenciamento ambiental.

Segundo Martins (2008), os princípios constitucionais ambientais surgiram como consequência prática das Convenções Internacionais para o Meio Ambiente promovidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), em especial a Conferência de Estocolmo realizada em 1972, a qual consagrou o surgimento do Direito Ambiental no âmbito mundial.

A Constituição Federal de 1988 reafirmou os preceitos da Lei 6.938/81 e consolidou as bases do direito ambiental brasileiro, definindo uma série de incumbências ao poder público, entre elas exigir estudo prévio de impacto ambiental para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, o que é feito a partir do licenciamento ambiental.

Apesar das exigências legais, o setor elétrico somente passou a incorporar o tratamento dos aspectos ambientais nos seus projetos desde as etapas iniciais de planejamento após a forte pressão exercida pelos organismos financiadores internacionais, que passaram a exigir o licenciamento das atividades para a liberação de recursos (TOLMASQUIM, 2006).

A despeito do licenciamento ambiental ser obrigatório desde 1981, foi somente a partir de 1989 que este ganhou força na

esfera federal, face a criação do IBAMA e à aprovação da Lei 7.804, a qual alterou dispositivos da Lei n.º 6.938/81, colocando o recém-criado IBAMA como órgão central do SISNAMA e atribuindo ao mesmo a responsabilidade, em caráter supletivo, pelo licenciamento ambiental no Brasil.

2.7.2 Licenciamento Ambiental na Bahia

Na Bahia as atividades de controle ambiental tiveram início em 1973, quando da aprovação da Lei Estadual n.º 3.163/73 que criou o Conselho Estadual de Proteção Ambiental (CEPRAM) com a função de normatizar e coordenar junto ao poder executivo e ao órgão executor a Política de Controle da Poluição Ambiental do Estado.

A Lei estabeleceu ainda que o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CEPED) passaria a exercer o papel de órgão Executor Central da Política de Controle da Poluição do Estado e fornecer também os serviços de apoio e assessoramento técnico ao CEPRAM.

O licenciamento ambiental de atividades potencialmente degradantes do ambiente no Estado da Bahia foi instituído em 03 de novembro de 1980, quando da aprovação da Lei Estadual n.º 3.858, que criou o Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais (SEARA).

O CEPRAM passou então a atuar como órgão central do sistema, ficando encarregado pela expedição das licenças para localização, implantação e funcionamento de atividades potencialmente degradantes do ambiente, e a Coordenação de Ciência e Tecnologia, criada pela Lei n.º 3.700 de 31 de maio de 1979, passou a exercer a função de órgão executor do Sistema, funcionando como uma secretaria executiva do CEPRAM.

O Centro de Recursos Ambientais (CRA) somente foi criado em 1983, quando da aprovação da Lei Delegada n.º 31, de 03 de março daquele ano, a qual reorganizou a Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC) e dispôs sobre o Sistema Estadual de Planejamento. Em 1992 o CRA sofreu algumas mudanças estruturais e passou a atuar mais fortemente na avaliação da qualidade ambiental e dos impactos das atividades degradantes do meio ambiente, atuando também como braço técnico do CEPRAM, emitindo pareceres para a concessão de licenças ambientais (Lei Estadual n.º 6.424 de 26 de outubro de 1992).

Em 2001 a Lei Estadual n.º 3.858/80 foi revogada pela Lei Estadual n.º 7.799, a qual instituiu a Política Estadual de Administração dos Recursos Ambientais. A nova lei ambiental do Estado alterou a estrutura do SEARA, passando a Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC) a exercer a função de Órgão Central do Sistema, o CEPRAM a atuar como

Órgão Superior, de caráter consultivo, normativo, deliberativo e recursal; e como Órgão Coordenador, Executor e Secretaria Executiva do CEPRAM o Centro de Recursos Ambientais (CRA), com a competência de coordenar e executar a Política Estadual de Meio Ambiente, integrando as atividades do poder público e da iniciativa privada, visando a preservação e a conservação ambiental, com vistas à garantia da melhoria da qualidade de vida e ao desenvolvimento sustentável do Estado.

Com a Lei Estadual n.º 7.799/01 a Avaliação de Impacto Ambiental e o Licenciamento Ambiental passaram a integrar o rol de instrumentos da Política Estadual de Administração dos Recursos Ambientais, e dentre as competências para o licenciamento ambiental, ficou o CEPRAM com a responsabilidade pelo licenciamento de localização e pelos licenciamentos de implantação e operação quando estes se tratassem de primeiro licenciamento solicitado por fonte degradante irregularmente instalada ou não sujeita ao licenciamento ambiental pela legislação anterior (Art. 7º, incisos VII e VIII da Lei Estadual n.º 7.799/01). Os demais licenciamentos ou demais etapas do processo de licenciamento ficaram à cargo do CRA.

Ao CEPRAM coube também a responsabilidade pela aprovação dos Termos de Referência para a realização do Estudo Prévio de Impacto Ambiental e ao CRA as atividades de fiscalização e àquelas de caráter técnico.

Outra importante ferramenta criada através da Lei Estadual n.º 7.799/01 foi a Comissão Técnica de Garantia Ambiental (CTGA), que se figura como uma das principais ferramentas para a implementação do autocontrole ambiental, também instituído por esta lei.

Em 20 de dezembro de 2002, com a aprovação da Lei Estadual n.º 8.538, o Estado da Bahia passou a contar com uma secretaria de estado exclusivamente para tratar das questões ambientais, a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), a qual assumiu a responsabilidade pela formulação e execução da política estadual de ordenamento ambiental, de desenvolvimento florestal e de recursos hídricos.

No final de 2006 a política ambiental do Estado da Bahia passou por uma nova reformulação, tendo a Lei Estadual n.º 7.799/01 sido revogada pela Lei Estadual n.º 10.431 de 20 de dezembro de 2006. A nova lei ambiental do Estado alterou a estrutura do Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais, que passou a ser integrado por: Sistema Estadual de Unidades de Conservação; Sistema Estadual de Recursos Hídricos; CEPRAM; SEMARH; Órgãos e Entidades Executoras da política estadual de meio ambiente; Órgãos Setoriais da administração estadual; e Órgãos Locais do Poder Público Municipal.

O CEPRAM continuou a exercer a função de órgão superior, de natureza consultiva, normativa, deliberativa e recursal e

a SEMARH assumiu a função de órgão central, com a finalidade de formular, coordenar, gerenciar e executar a política estadual de meio ambiente, de proteção da biodiversidade, florestas e de recursos hídricos do Estado. O CRA continuou a integrar o sistema como órgão executor, mantendo praticamente todas as suas atribuições.

Em 06 de junho de 2008 foi aprovada a Lei Estadual n.º 11.050, que alterou a denominação, a finalidade, a estrutura organizacional e de cargos em comissão da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) e das entidades da Administração Indireta a ela vinculadas. A nova lei alterou a denominação da SEMARH que passou a chamar-se Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), da Superintendência de Recursos Hídricos (SRH), que passou a denominar-se Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ), e do CRA, que passou a denominar-se IMA, o qual também assumiu a responsabilidade pelas atividades de cunho florestal no estado.

No final do segundo semestre de 2008 foi publicado o Decreto Estadual n.º 11.235, o qual regulamenta a Lei Estadual n.º 10.431/06 e a Lei Estadual n.º 11.050/08. O referido decreto permitiu a efetiva mudança na estrutura dos órgãos de meio ambiente do estado, os quais ainda se encontram em fase de adaptação.

2.8 Etapas do Licenciamento Ambiental

O Licenciamento Ambiental no Brasil é dividido em três etapas, as quais foram estabelecidas através do Decreto n.º 88.351 de 01 de junho de 1983. Este modelo, segundo o Banco Mundial (2008) é, senão o único, um dos poucos que diferencia o status das licenças que concede, com uma licença para cada etapa do mesmo projeto.

O art. 20 do Decreto n.º 88.351/83 determina que “o Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

- I. *Licença Prévia (LP), na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo;*
- II. *Licença de Instalação (LI), autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado;*
- III. *Licença de Operação (LO) autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalação.”*

Fig. 2.15 - Diagrama da “espinha de peixe”. Fonte: adaptado de Cerqueira, 2006.

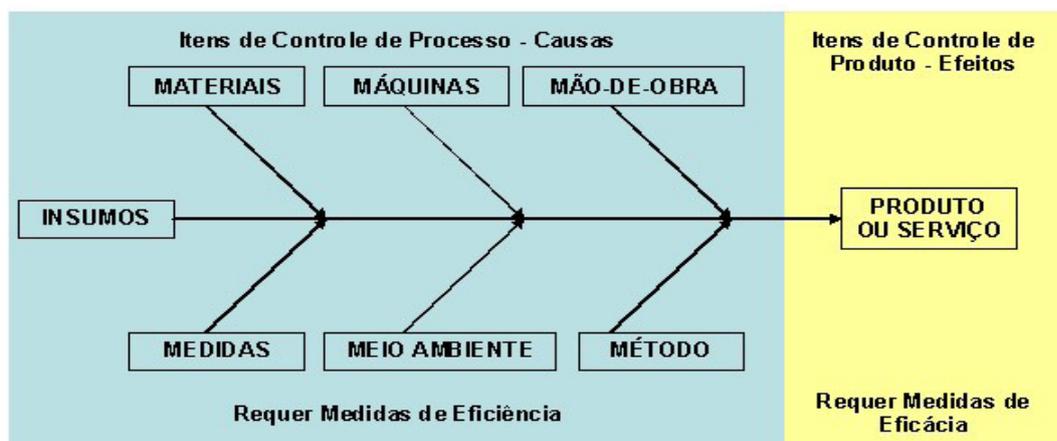
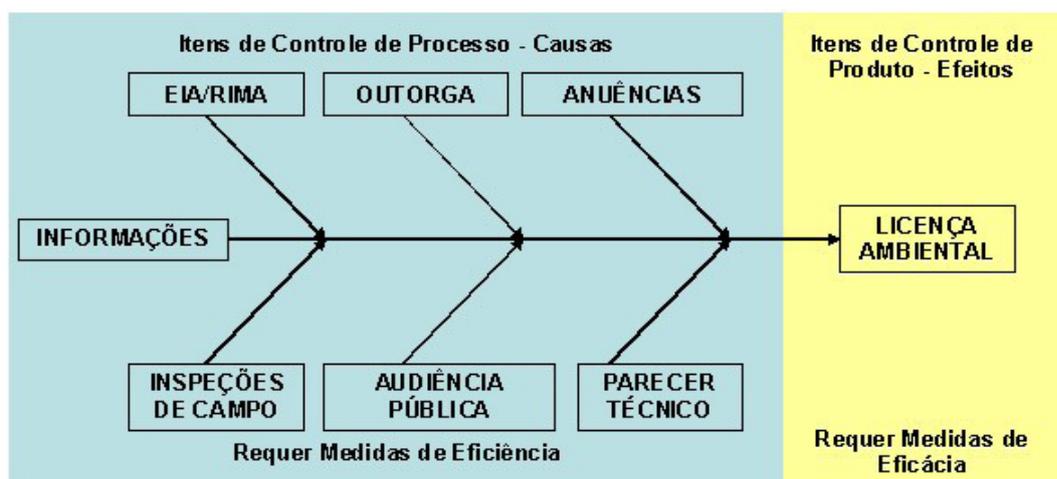


Fig. 2.16 - Diagrama simplificado da “espinha de peixe” adaptado para o macroprocesso de licenciamento ambiental.



O processo em três etapas também foi estabelecido pelo CONAMA através das Resoluções n.º 006 de 16 de setembro de 1987, n.º 010 de 6 de dezembro de 1990 e n.º 237 de 19 de dezembro de 1997. A Resolução CONAMA n.º 006/87, a qual dispôs sobre o licenciamento ambiental de obras do setor de geração de energia elétrica, portanto de grande interesse para a presente análise, estabelece que:

“Art. 4º Na hipótese dos empreendimentos de aproveitamento hidroelétrico, respeitadas as peculiaridades de cada caso, a Licença Prévia (LP) deverá ser requerida no início do estudo de viabilidade da Usina; a Licença de Instalação (LI) deverá ser obtida antes da realização da Licitação para construção do empreendimento e a Licença de Operação (LO) deverá ser obtida antes do fechamento da barragem.”

A Resolução CONAMA n.º 237/97, a qual altera a Resolução 001/86 e dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental, estabelece em seu Art. 8º:

“Art. 8º O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

I. Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade apro-

vando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II. Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

III. Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Parágrafo único. As licenças ambientais poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade.”

Este modelo de licenciamento é alvo de críticas, em es-

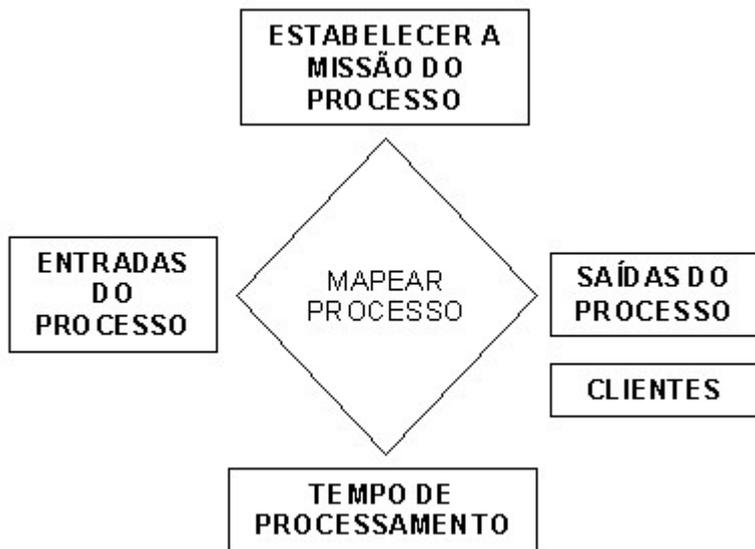


Fig. 2.17 - Modelo adotado no mapeamento dos processos de licenciamento ambiental. Fonte: Própria.

pecial por conta da tendência mundial de simplificar estes processos e reduzir etapas na aprovação de atividades econômicas pelo poder público (BANCO MUNDIAL, 2008). O Banco Mundial defende ainda que o formato vigente no Brasil contribui para transferir, repetir ou reintroduzir conflitos sem resolvê-los objetivamente em cada etapa de cada uma das licenças (LP, LI e LO), gerando incertezas.

2.9 Competências Para o Licenciamento Ambiental

A lei de criação do SISNAMA (Lei n.º 6.938/81) foi o primeiro instrumento legal que tratou das competências para o licenciamento ambiental no Brasil. Originariamente a lei estabelecia em seu Art. 10º que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependeriam de prévio licenciamento por órgão estadual competente, integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

Estabelecia ainda a Lei n.º 6.938/81 que nos casos e prazos previstos em resolução do CONAMA, o licenciamento dependeria de homologação da SEMA, e que caberia exclusivamente ao Poder Executivo Federal, ouvidos os Governos Estadual e Municipal interessados, o licenciamento de pólos petroquímicos e cloroquímicos, bem como de instalações nucleares e outras definidas em lei.

Quando da criação do IBAMA, que assumiu o papel anteriormente atribuído à SEMA, a Lei n.º 6.938/81 foi alterada, passando o licenciamento ambiental a ser executado, também, pelo órgão federal, ao qual foi atribuída a competência pelo licenciamento das atividades e obras com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional.

Vejamos o que estabelece o texto vigente da Lei n.º 6.938/81, cuja redação foi dada pela Lei n.º 7.804 de 1989.

“Art. 10 - A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

.....

§ 4º Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA o licenciamento previsto no caput deste artigo, no caso de atividades e obras com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional.”

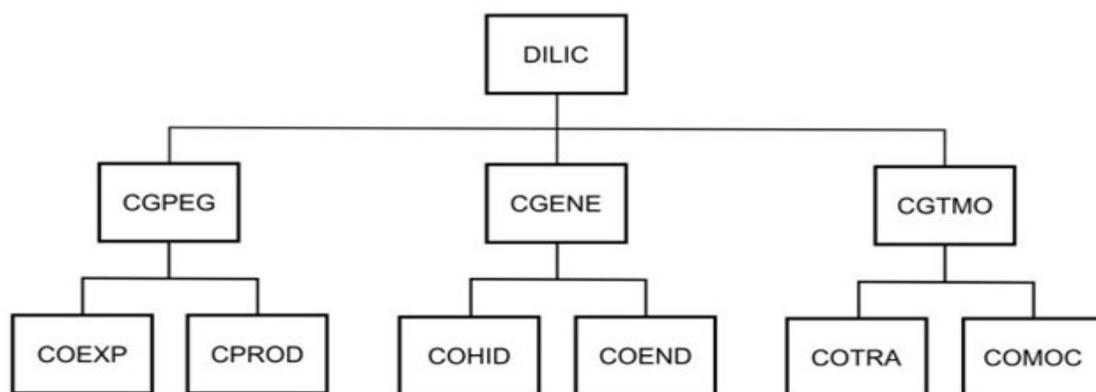


Fig. 2.18 – Organograma da Diretoria de Licenciamento Ambiental do IBAMA. Fonte: IBAMA, 2009

A Resolução CONAMA n.º 001/86 reafirmou o Art. 10º da Lei n.º 6.938/81 vigente à época de sua publicação ao estabelecer em seu Art. 2º que o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente dependeria da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da Secretaria Especial do Meio Ambiente, este último em caráter supletivo.

Somente em 1997, com a Resolução CONAMA n.º 237, é que houve uma melhor definição dos papéis dos diversos órgãos licenciadores na área ambiental. A Resolução traz em seus artigos 4º, 5º e 6º, respectivamente, as competências do IBAMA, dos órgãos estaduais e do distrito federal e dos órgãos municipais em proceder ao devido licenciamento ambiental, conforme determina o Art. 10º da Lei n.º 6.938/81.

Adiante os artigos da Resolução CONAMA n.º 237 que regulamenta as competências para o licenciamento ambiental:

“Art. 4º Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executor do SISNAMA, o licenciamento ambiental a que se refere o artigo 10 da Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber:

I - localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; no mar territorial; na plataforma continental; na zona econômica exclusiva; em terras indígenas ou em unidades de conservação do domínio da União.

II - localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais Estados;

III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados;

IV - destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN;

V - bases ou empreendimentos militares, quando couber, observada a legislação específica.

§ 1º O IBAMA fará o licenciamento de que trata este artigo após considerar o exame técnico procedido pelos órgãos ambientais dos Estados e Municípios em que se localizar a atividade ou empreendimento, bem como, quando couber, o parecer dos demais órgãos competentes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, envolvidos no procedimento de licenciamento.

§ 2º O IBAMA, ressalvada sua competência supletiva, poderá delegar aos Estados o licenciamento de atividade

com significativo impacto ambiental de âmbito regional, uniformizando, quando possível, as exigências.

Art. 5º Compete ao órgão ambiental estadual ou do Distrito Federal o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades:

I - localizados ou desenvolvidos em mais de um Município ou em unidades de conservação de domínio estadual ou do Distrito Federal;

II - localizados ou desenvolvidos nas florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente relacionadas no artigo 2º da Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e em todas as que assim forem consideradas por normas federais, estaduais ou municipais;

III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios;

IV - delegados pela União aos Estados ou ao Distrito Federal, por instrumento legal ou convênio.

Parágrafo único. O órgão ambiental estadual ou do Distrito Federal fará o licenciamento de que trata este artigo após considerar o exame técnico procedido pelos órgãos ambientais dos Municípios em que se localizar a atividade ou empreendimento, bem como, quando couber, o parecer dos demais órgãos competentes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, envolvidos no procedimento de licenciamento.

Art. 6º Compete ao órgão ambiental municipal, ouvidos os órgãos competentes da União, dos Estados e do Distrito Federal, quando couber, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades de impacto ambiental local e daquelas que lhe forem delegadas pelo Estado por instrumento legal ou convênio.”

Observa-se, no entanto, que apesar da divisão de competências postas na Resolução CONAMA n.º 237/97, o tema é, quase sempre, objeto de dúvidas e discussões. Vários são os projetos hidrelétricos cujo licenciamento foi iniciado na esfera estadual e, posteriormente, quer seja por decisão judicial ou avocação do IBAMA, migraram para a esfera federal, afetando fortemente os prazos de licenciamento e de concretização dos empreendimentos.

Em pesquisa feita no website do Tribunal Regional Federal da 1ª Região, vários foram os empreendimentos hidrelétricos identificados com ações judiciais por conta de embate acerca da competência em licenciá-los, como as usinas de Belo Monte, Corumbá I, Itumirim, Peixe Angical e Dardanelos. A Usina Hidrelétrica de Itumirim em Goiás, por exemplo, a qual foi licitada em 2000, e cujo licenciamento foi iniciado na Agência Goiana de Meio Ambiente (AGMA), teve sua Licença Prévia anulada por decisão judicial movida pelo IBAMA, e até então não saiu

do papel.

Em nível constitucional, a questão da competência para o licenciamento ambiental é posta no Artigo 23 da Carta de 1988, o qual estabelece que a proteção do meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Determina ainda a nossa Carta Magna, que normas de cooperação entre os entes federados encarregados pelo licenciamento deveriam ser objeto de Leis Complementares, o que ainda carece de apreciação pelo nosso legislativo.

O certo é que até a edição da Lei Complementar avocada pela Constituição os empreendedores continuarão sujeitos a se depararem com estes conflitos de competência, o que implica em confusão no exercício das atribuições dos respectivos entes federados, gerando muitos problemas quando do licenciamento ambiental (BANCO MUNDIAL, 2008).

2.10 Base Teórica e Conceitos

2.10.1 Ferramentas da Qualidade e o Licenciamento Ambiental

O licenciamento ambiental de hidrelétricas, como qualquer outro tipo de licenciamento, pode ser implementado a partir da aplicação de modelos sistêmicos, através dos quais é possível estudar cada parte que compõe o todo e as suas inter-relações. A avaliação sistêmica do processo de licenciamento pode ser feita de maneiras distintas, mediante a aplicação das mais diversas técnicas, porém, serão aqui aplicados os já difundidos conceitos da qualidade, os quais demonstram forte aderência com o tema.

O que se tem observado é que nossos órgãos ambientais se assemelham e muito com organizações que têm problemas e dificuldades para assegurar a satisfação de seus clientes (empreendedores) e partes interessadas (sociedade), o que, de acordo com Cerqueira (2006), evidencia a necessidade de implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ).

Alguns sintomas listados pelo autor como comuns em organizações com problemas de gestão da qualidade também poderiam ser identificados na maioria dos órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental em nosso país, bem como empreendedores, a saber:

- Os gestores não conhecem, não monitoram e não controlam seus processos, sejam eles da área administrativa, comercial, produtiva, de manutenção, ou de materiais, convivendo com problemas relacionados à qualidade dos produtos e à produtividade dos processos;

- Os gestores em todos os níveis não se sentem comprometidos com a necessidade de atender aos requisitos dos clientes e aos requisitos regulamentares relacionados ao produto gerado;
- Os processos são executados sem rotinas padronizadas ou com rotinas obsoletas que não são cumpridas ou questionadas, não assegurando a previsibilidade para seus resultados; e
- Não existe integração dos esforços despendidos pelos diferentes processos da organização, nem alinhamento a políticas, a diretrizes e a objetivos comuns, acarretando o aparecimento de desempenhos que, apesar de serem considerados bons para os processos locais, não resultam no desempenho global desejado.

Assim, a aplicação dos conceitos da qualidade pode contribuir, não apenas para entender os problemas enfrentados pelo licenciamento, mas também na busca de soluções. Não se pretende, no entanto, a partir da presente pesquisa a aplicação de todos os conceitos da qualidade, mas apenas o seu uso como uma ferramenta de apoio para a construção de um manual com regras claras e objetivas, que possibilitem maior agilidade na condução dos processos de licenciamento ambiental. Os problemas organizacionais dos órgãos de licenciamento ambiental estudados serão apontados apenas de forma superficial e quando identificados ao longo deste trabalho.

2.10.2 Referencial Teórico: principais conceitos da qualidade

Como serão aplicados alguns conceitos da qualidade, estão adiante listados alguns significados importantes:

- Produto - de acordo com a norma ISO 9.000:2000 – Sistema de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário, o produto é resultado de um processo, podendo conter ou ser uma combinação de uma ou mais de uma das seguintes categorias: serviços; informações; materiais e equipamentos; e materiais processados. Este é um conceito muito importante para o desenvolvimento desta pesquisa, especialmente por conter a essência do licenciamento ambiental, representados pelas categorias serviços e informações;
- Processo - conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam entradas em saídas (ISO 9.000:2000). Constitui um conjunto de causas que tem como objetivo produzir um determinado efeito, o qual é denominado produto do processo;
- Cliente - de acordo com Juran (1992) apud Cerqueira (2006) o cliente é àquele que é impactado por um processo ou por um produto, podendo o mesmo ser interno ou externo;
- Eficácia - alcançar o resultado pretendido. Em nosso

caso, licenciar o empreendimento dentro do prazo legalmente estabelecido;

- Eficiência - otimizar a utilização dos recursos, ou seja, licenciar com o menor custo; e
- Mapeamento de Processo - é a atividade fundamental para que se possa padronizar uma rotina e representa como uma atividade ou tarefa se desenvolve.

2.10.3 O Método da Espinha de Peixe

Fazendo um paralelo entre os conceitos da qualidade e o processo de licenciamento ambiental, pode-se afirmar que o licenciamento é capaz de atender aos empreendedores e à sociedade de maneira equilibrada e eficaz, utilizando os recursos disponíveis de forma adequada. É justamente para confirmar tal afirmação que buscou-se entender o processo de licenciamento ambiental como uma relação de causa e efeito, mediante a aplicação dos conceitos desenvolvidos pelo professor Ishikawa, em especial através da adaptação do método da espinha do peixe - também conhecido como diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa.

De acordo com Werkema (1995) o diagrama de causa e

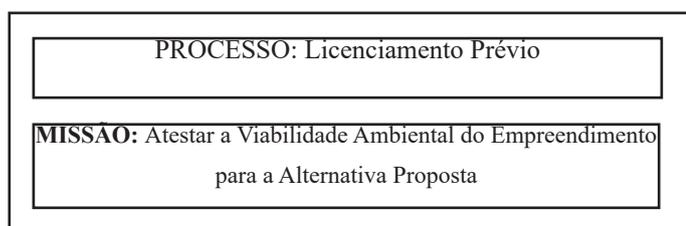


Fig. 2.19 – Missão do Processo de Licenciamento Prévio

efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. A representação esquemática deste diagrama encontra-se adiante ilustrada:

Esta ferramenta foi desenvolvida pelo professor Kaoru Ishikawa para explicar a alguns engenheiros de uma indústria Japonesa como os vários fatores de um processo estavam inter-relacionados (WERKEMA, 1995) e sua aplicação possibilitara a avaliação dos processos adotados pelo IBAMA e IMA/Ba para o licenciamento ambiental de hidrelétricas, de forma a verificar se:

- Os processos e seus produtos estão claramente definidos; e se
- As interfaces e inter-relação com os demais processos estão claramente definidos, identificando processos clientes e processos fornecedores.

A fim de facilitar o mapeamento dos processos e subpro-

cessos que envolvem o licenciamento ambiental de uma hidrelétrica, será aplicado o modelo desenvolvido por CERQUEIRA (2006) com algumas adaptações.

Segundo o autor supracitado, o primeiro passo para o mapeamento é o estabelecimento da missão do processo, a qual determina o que o processo deve fazer e qual o seu propósito. Num segundo momento deve-se identificar todas as suas entradas, o que deve ser feito a partir do estudo da legislação ambiental, e por fim as suas saídas, bem como seus clientes. Como uma etapa complementar e de suma importância para o presente estudo deverá ser indicado o tempo de processamento.

De acordo com Cerqueira (2006), a construção do fluxo do processo se inicia na análise de sua missão, para identificar e delimitar claramente suas fronteiras: onde começa e onde termina. Sem isso, segundo o autor, existe a tendência de se construir um fluxograma complexo envolvendo atividades além daquelas que se tem interesse de mapear.

Na visão de Werkema (1995), um processo pode ser dividido em uma família de causas: insumos; equipamentos; informações do processo ou medidas; condições ambientais; pessoas; e métodos ou procedimentos.

Werkema (1995) descreve ainda as seguintes etapas como necessárias para a construção de um diagrama de causa e efeito:

1. Definir a característica da qualidade ou o problema a ser analisado.
2. Escreva a característica da qualidade ou o produto dentro de um retângulo, no lado direito de uma folha de papel.
3. Trace a espinha dorsal, direcionado da esquerda para a direita até o retângulo.
4. Relacione dentro de retângulos, como espinhas grandes, as causas primárias que afetam a característica da qualidade ou o problema definido no item 1.
5. Relacione, como espinhas médias, as causas secundárias que afetam as causas primárias;
6. Relacione, como espinhas pequenas, as causas terciárias que afetam as causas secundárias.
7. Identifique no diagrama as causas que parecem exercer um efeito mais significativo sobre a característica da qualidade ou problema.

Nessa etapa utilize o conhecimento disponível sobre o processo considerado e dados previamente coletados ou colete novos dados.

8. Registre outras informações que devam constar no diagrama.

- Título.
- Data de Elaboração.
- Responsáveis pela elaboração do diagrama.

2.11 Licenciamento Ambiental de Usinas Hidrelétricas na Esfera Federal

O licenciamento ambiental na esfera federal é responsabilizado do IBAMA, o qual possui sede administrativa na cidade de Brasília – DF e conta com uma ampla estrutura de apoio para a execução de atividades de fiscalização, licenciamento, controle da qualidade ambiental, atuação em emergências ambientais, controles sobre a fauna e flora silvestres, entre outras.

2.11.1 Estrutura do Ibama para o Licenciamento Ambiental de Hidrelétricas

De acordo com informações disponibilizadas no website do IBAMA, o Instituto conta com mais de 6.200 servidores distribuídos entre sua sede administrativa, 27 Superintendências Estaduais, 10 Gerências Executivas, 139 Escritórios Regionais e nas diversas Unidades de Conservação Federais.

As atividades de licenciamento ambiental são centralizadas na Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILIC), a qual conta com 3 (três) coordenações gerais responsáveis pelas atividades de licenciamento nas mais diversas áreas, são elas: Coordenação Geral de Infraestrutura de Energia Elétrica (CGENE); Coordenação Geral de Transporte, Mineração e Obras Cíveis (CGTMO); e a Coordenação Geral de Petróleo e Gás (CGPEG).

Às Coordenações Gerais estão vinculadas Coordenações de área, que abrigam a equipe técnica e operacionalizam mais efetivamente as atividades, são elas: Coordenação de Energia Hidrelétrica e Transposições (COHID); Coordenação de Energia Elétrica, Nuclear e Dutos (COEND); Coordenação de Transporte (COTRA); Coordenação de Mineração e Obras Cíveis (COMOC); Coordenação de Exploração de Petróleo e Gás (COEXP); e a Coordenação de Produção de Petróleo e Gás (CPROD). Adiante organograma da atual estrutura da Diretoria de Licenciamento do IBAMA:

Segundo a publicação IBAMA em Números, disponível no Website do Instituto, o quadro de pessoal da DILIC saltou de 78 (setenta e oito) em 2002, quando apenas 8 (oito) colaboradores eram servidores, para 180 (cento e oitenta) em 2007, sendo 149 (cento e quarenta e nove) servidores, 14 (catorze) temporários e 17 (dezesete) contratados através de convênio com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Apesar do aumento da equipe técnica do IBAMA verifi-

cado nos últimos anos, a Coordenação de Energia Hidrelétrica e Transposições, que é a responsável direta pelas atividades de licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas conta atualmente com um contingente de 20 (vinte) analistas, divididos em 4 (quatro) equipes compostas por 1 (um) técnico do meio físico, 2 (dois) do meio socioeconômico e 3 (três) do meio biótico, além de 4 (quatro) consultores e cerca de 10 (dez) analistas dos núcleos de licenciamento nos estados, deslocados para participar do processo sempre que necessário.

O licenciamento ambiental no IBAMA, a depender de suas características, pode também ser conduzido nos denominados Núcleos de Licenciamento (NLA), atualmente existentes nas unidades descentralizadas do Instituto, e que geralmente respondem pelo licenciamento de empreendimentos identificados como de competência federal, mas cujas características técnicas não são de significativo impacto nacional ou regional. Em se tratando de empreendimentos hidrelétricos, face à complexidade e ao significativo impacto ambiental, estes são realizados com a equipe da COHID em sua Sede.

2.11.2 Alguns Números do Licenciamento Ambiental de Hidrelétricas na Esfera Federal

Dados levantados no website do IBAMA no último mês de novembro de 2008 dão conta da existência de: 12 (doze) UHE's e 5 (cinco) PCH's com licença de operação concedidas pelo Instituto; 5 (cinco) UHE's e 6 (seis) PCH's com Licenças de Instalação; 3 (três) UHE's e 1 (uma) PCH com Licença Prévia; e 22 (vinte e duas) UHE's e 10 (dez) PCH's em fase de licenciamento prévio, ou seja, cujas licenças ainda não foram concedidas. Alguns processos que tramitam no Instituto se arrastam há anos, a exemplo da UHE Pai Querê, cujo processo de licenciamento foi iniciado em 2001 e até a presente data não conta com a Licença Prévia.

2.11.3 Licenciamento Ambiental de Usinas Hidrelétricas no Estado da Bahia

No Estado da Bahia o licenciamento ambiental é responsabilidade do IMA, o qual possui sede administrativa na cidade de Salvador – BA. Nas principais cidades do interior do estado compartilha a estrutura física das chamadas Casa de Recursos Naturais com o Instituto de Gestão das Águas (INGA).

Com a recente reformulação da estrutura dos órgãos de meio ambiente do Estado, ocorrida no final de 2008, foram ampliadas as atribuições do IMA, que passaram a compreender além do licenciamento, fiscalização, controle de qualidade ambiental, entre outros, as atividades de cunho florestal.

Dentro da estrutura de controle ambiental do Estado da

Bahia merece destaque a função do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEPRAM), que foi criado em 1973 e é considerado o mais antigo conselho de meio ambiente estadual do país. O CEPRAM é responsável pela regulamentação ambiental no Estado e pela análise da primeira licença concedida para todo e qualquer empreendimento, desde que considerado de grande ou excepcional porte, salvo no caso de Licença Simplificada.

Entre as atribuições do IMA destaca-se a promoção do desenvolvimento com qualidade ambiental, mediante a incorporação de novas tecnologias e normas de defesa do meio ambiente, o que feito a partir do Licenciamento Ambiental.

Outra ferramenta de grande relevância para a política ambiental na Bahia é o Sistema Estadual de Informações Ambientais (SEIA), que é um dos instrumentos da Política Estadual de Administração de Recursos Ambientais, o qual é gerido pelo IMA e compartilhado com os demais órgãos executores e setoriais.

O SEIA foi criado pela Lei Estadual n.º 7.799 de 07 de fevereiro de 2001 e seu acesso é feito através do portal www.seia.ba.gov.br. De acordo com a Lei “o sistema será alimentado por dados e informações produzidos pelos órgãos do Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais (SEARA), pelos demais órgãos e entidades integrantes da Administração Pública, pelas organizações não-governamentais e instituições privadas”.

2.11.4 Estrutura do IMA para o Licenciamento Ambiental de Hidrelétricas

O Instituto do Meio Ambiente é uma autarquia vinculada à Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) e conta atualmente com um contingente de xxxx servidores distribuídos entre sua sede administrativa, localizada na cidade de Salvador, e nas 14 (catorze) unidades distribuídas entre as principais cidades do interior do estado.

À semelhança do IBAMA, as atividades de licenciamento ambiental no IMA também são centralizadas na Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILIC), a qual tem por finalidade planejar, organizar e coordenar as ações de licenciamento ambiental do Estado, autorização de supressão de vegetação, averbação de reserva legal, aprovação de plano de resgate de fauna e autorização de queimadas controladas, através da análise e avaliação de projetos, programas, planos e estudos relativos a obras e atividades potencialmente poluidoras ou que provoquem impactos ambientais.

2.11.5 Alguns Números do Licenciamento Ambiental de Hidrelétricas Na Bahia

Não existem muitas informações disponíveis acerca do licenciamento ambiental de hidrelétricas no Estado da Bahia. Através de consulta ao Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas datado de 11/02/2009, de autoria da ANEEL, foram identificados 29 (vinte e nove) projetos de hidrelétricas passíveis de licenciamento pelo órgão estadual da Bahia. Desses empreendimentos, 4 (quatro) correspondem a Usinas Hidrelétricas e 25 (vinte e cinco) a Pequenas Centrais Hidrelétricas. Destaca-se que o conjunto de empreendimentos listados correspondem apenas àqueles que estão em fase de elaboração e/ou aprovação dos Projetos Básicos na ANEEL ou àqueles que estão em fase de Estudo de Viabilidade, o que nos faz acreditar que seus processos de licenciamento já estão tramitando no IMA.

Na website do Sistema Estadual de Informações Ambientais, cuja atualização não vem sendo feita desde a mudança de governo, estão disponíveis algumas poucas Portarias do IMA e Resoluções do CEPRAM acerca do licenciamento de hidrelétricas, o que não nos permite uma análise crítica deste processo. Entre as poucas informações disponíveis estão os Termos de Referência para a elaboração do EIA/RIMA das PCH's Palmeiral e Jatobá, aprovados através da Resolução CEPRAM n.º 3.232 de 23 de janeiro de 2004, e das PCH's Cachoeira da Lixa, Colino I e Colino II, aprovados pela Resolução CEPRAM n.º 3.080 de 24 de janeiro de 2003.

De acordo com informações publicadas no website da ANEEL, as usinas do complexo Serra da Prata, formado pelas PCH's Cachoeira da Lixa, Colino I e Colino II, tiveram suas Licenças de Implantação concedidas pelo CEPRAM em 8 de outubro de 2003 através das Resoluções n.º 3.198/03, n.º 3.199/03 e n.º 3.200/03, respectivamente. Observa-se que em menos de dez meses foi realizado o licenciamento prévio e de instalação destes empreendimentos.

A PCH Cachoeira da Lixa teve suas obras iniciadas em setembro de 2006 e concluídas em fevereiro de 2008, as obras da PCH Colino II foram iniciadas em dezembro de 2006 e concluídas em abril de 2008 e as obras da PCH Colino I foram iniciadas em novembro de 2006 e concluídas em junho de 2008. As PCH's Palmeiral e Jatobá passaram por um processo de transferência de seus ativos e continuam na fase de licenciamento prévio.

2.11.6 Mapeamento do Processo de Licenciamento Ambiental de Usinas Hidrelétricas

O processo de licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas apresenta particularidades em relação à grande maioria dos licenciamentos, em especial por conta dos impactos vinculados a este tipo de empreendimento e da necessidade de envolvimento de diversos outros órgãos além do licenciador. Particularidades

são apontadas também a depender da esfera de licenciamento em que o processo está sendo conduzido, o que nos obriga a discutir o tema de maneira independente, mas buscando sempre um entendimento comum, acerca dos procedimentos adotados pelo IBAMA na esfera federal e pelo IMA na Bahia. A fim de permitir um melhor entendimento e uma maior integração das informações, optou-se por discuti-lo por etapas e em paralelo para os dois organismos licenciadores, onde serão detectadas todas as entradas e saídas, quais são os processos clientes e processos fornecedores, e ao final será feita uma abordagem acerca dos macroprocessos de licenciamento no Brasil e na Bahia.

2.2.11.7 O Processo de Licenciamento na Esfera Federal (Ibama)

Em conformidade com a Instrução Normativa IBAMA n.º 183 de 17 de julho de 2008, o licenciamento ambiental na esfera federal é realizado a partir do Sistema Informatizado do Licenciamento Ambiental (SisLic), o qual foi instituído inicialmente para o licenciamento de Usinas Hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas, nos termos da já revogada Instrução Normativa IBAMA n.º 65 de 13 de abril de 2005.

O acesso ao sistema é feito através da rede mundial de computadores (internet) e os procedimentos para o licenciamento ambiental foram estabelecidos pela Instrução Normativa IBAMA n.º 184, de 17 de julho de 2008, a qual define as seguintes etapas para o licenciamento: Instauração do processo; Licenciamento Prévio; Licenciamento de Instalação; e Licenciamento de

Operação.

Apesar de toda a normatização existente para que o licenciamento ambiental na esfera federal seja feito através do SisLic, este sistema não vem sendo efetivamente utilizado, face às dificuldades técnicas no IBAMA em operacionalizá-lo. A despeito disso, e na esperança de que as dificuldades técnicas sejam superadas no curto espaço de tempo, decidiu-se realizar toda a análise do processo de licenciamento na esfera federal à luz desta nova ferramenta, devendo, no entanto, os empreendedores estarem atentos para a verificação de seu efetivo funcionamento quando do início de todo e qualquer processo de licenciamento ambiental no IBAMA.

Destaca-se que em 1987 o CONAMA editou a Resolução n.º 006, estabelecendo regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, em especial àquelas do setor elétrico como usinas hidrelétricas, termoeletricas e linhas de transmissão. Esta norma, juntamente com a Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08, formam as bases para o mapeamento do processo de licenciamento na esfera federal.

2.11.8 O Processo de Licenciamento na Bahia (IMA)

O processo de licenciamento ambiental na Bahia inicia-se com a Análise Prévia dos projetos, feito com base em formulário disponibilizado pelo IMA no portal do SEIA ou no balcão de atendimento. A Análise Prévia consiste no preenchimento de formulário de licenciamento, o qual é submetido à equipe téc-

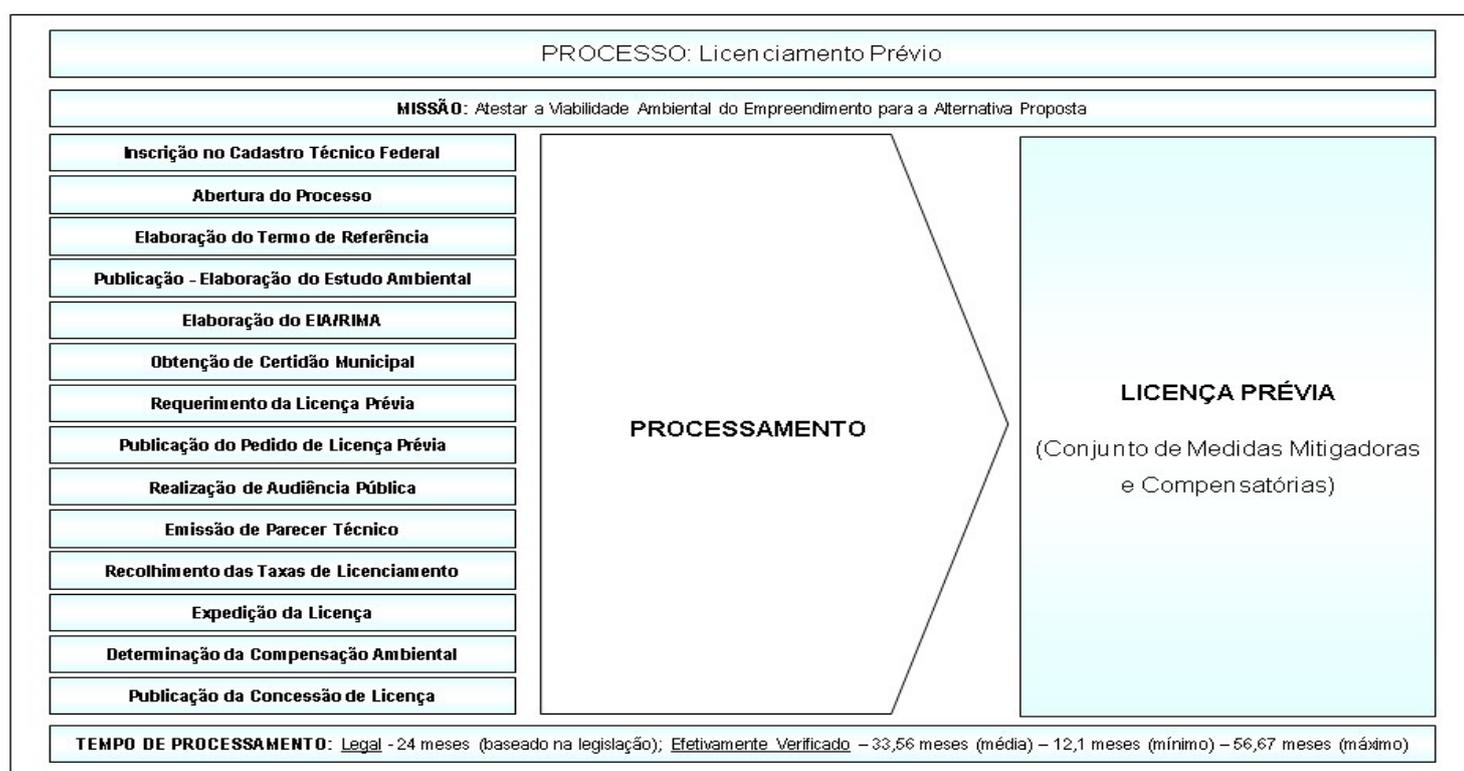


Fig. 2.20 – Mapa do Processo de Licenciamento Prévio na Esfera Federal (IBAMA). Fonte: Própria. Prazos Efetivamente Verificados: IBAMA (2008).

Documentos Necessários		
1	Requerimento (Formulário do IMA)	✓
2	Histórico do processo convertido	
3	Documentação comprobatória da qualidade de representante legal do signatário do Requerimento	✓
4	Comprovante de endereço	✓
5	Termo de Responsabilidade Ambiental / Florestal, conforme Termo de Referência IMA	✓
6	Original da publicação do pedido da Licença em jornal, conforme modelo padronizado IMA	✓
7	Política Ambiental da Empresa divulgada em jornal de grande circulação no Estado	
8	Cópia da Ata de constituição da CTGA, acompanhada da ART do Coordenador	
9	Documento de propriedade ou justa posse do imóvel rural, acompanhado da CCIR e ITR atuais	
10	Autorização de passagens por propriedade de terceiros	
11	Contrato de arrendamento / comodato averbado no cartório com vigência compatível	
12	Certidão de Inteiro Teor	
13	Cópia de Decreto de desapropriação	
14	Averbação de Reserva Legal ou TREA	
15	Certidão da Prefeitura Municipal	✓
16	Anuência Prévia da CONDER	
17	Certidão do Distrito ou Centro Industrial	
18	Laudo do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional - IPHAN	
19	Outorga de água (SRH ou ANA)	
20	Outorga para lançamento de efluentes (SRH ou ANA)	
21	Documento do DNPM – especificar: _____ N° do DNPM: _____	
22	Cópia da concessão da Licença ou Autorização Ambiental anterior (Publicação DOE ou Certificado)	
23	Avaliação do cumprimento dos condicionantes da Licença ou Autorização Ambiental anterior, acompanhado de documentação comprobatória (laudos, relatórios e registros fotográficos no que couber) devidamente assinada pelo responsável técnico.	
24	Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD	
25	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS	
26	Análise Preliminar de Risco – APR	
27	Plano de Emergência Ambiental - PEA	
28	Roteiro de Caracterização do Empreendimento – RCE, incluindo mapas, plantas, desenhos, memoriais e fotografias representativas do local. Os estudos apresentados ao IMA deverão ser assinados por profissionais legalmente habilitados e devidamente credenciados nos respectivos Conselhos de Classe, sendo necessária a apresentação do registro de ART, ou documento equivalente Obs: quando se tratar de LA e RLO, o RCE deve estar contemplado no ALA	✓
29	Auto – avaliação para o Licenciamento Ambiental – ALA	
30	Croqui do Imóvel com o acesso da sede do município mais próximo	✓
31	Balanço Ambiental (02 vias impressas e 01 em meio digital)	
32	02 Mídias contendo as informações geo-referenciadas e meta-dados, acompanhados da DRT- Declaração de Responsabilidade Técnica.	✓
33	Termo de Adesão ao Programa Parceiros do Meio Ambiente - Adote Uma Pequena Empresa Na Área Ambiental	
34	Comprovante de pagamento da taxa Ambiental / Florestal	✓

Quadro 2.1 – Relação de Documentos Constante da Análise Prévia de Processos – Assinalados Àqueles Geralmente Requerido Para LL de Hidrelétricas. Fonte: Própria com Base em SEIA (2009).

nica do IMA, que, com base na legislação, classifica o empreendimento ou atividade, conforme sua natureza, porte, tecnologias utilizadas, estágio e outras características.

2.11.9 O Processo de Licenciamento Prévio

O licenciamento prévio ou de localização, corresponde à primeira etapa do processo de licenciamento ambiental. É nesta etapa que se avalia a viabilidade ambiental do empreendimento para a localização e alternativas tecnológicas propostas, o que é feito a partir da análise do estudo prévio ambiental, que corresponde a uma avaliação “ex-ante” dos impactos ambientais advindos da implantação do projeto.

É justamente com base nos estudos desenvolvidos na etapa de licenciamento prévio que o órgão ambiental licenciador avalia a viabilidade ambiental do empreendimento, devendo o mesmo retratar com fidelidade todas as alternativas locais avaliadas para o empreendimento, a tecnologia a ser adotada, bem como caracterização e qualificação dos impactos advindos do mesmo.

De acordo com a Resolução CONAMA n.º 01/86, as obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, incluindo barragem para fins hidrelétricos acima de 10MW, dependerá de elaboração de EIA/RIMA, que são os estudos ambientais desenvolvidos para avaliar a viabilidade ambiental do empreendimento, portanto, essencial para a instrução do processo de licenciamento prévio.

As diretrizes gerais para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental também são estabelecidas na Resolução CONAMA n.º 01/86, conforme adiante transcrito:

“Art. 5º O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

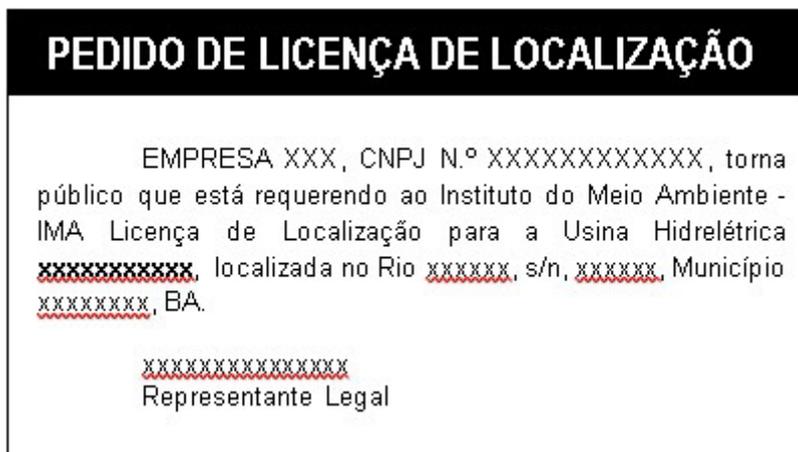


Fig. 2.21 – Modelo de Publicação de Pedido de Licença de Localização – Bahia. Fonte: SEIA (2008)

IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Parágrafo único. Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental o órgão estadual competente, ou a SEMA ou, no que couber ao Município fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos.

Art. 6º O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio socioeconômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos

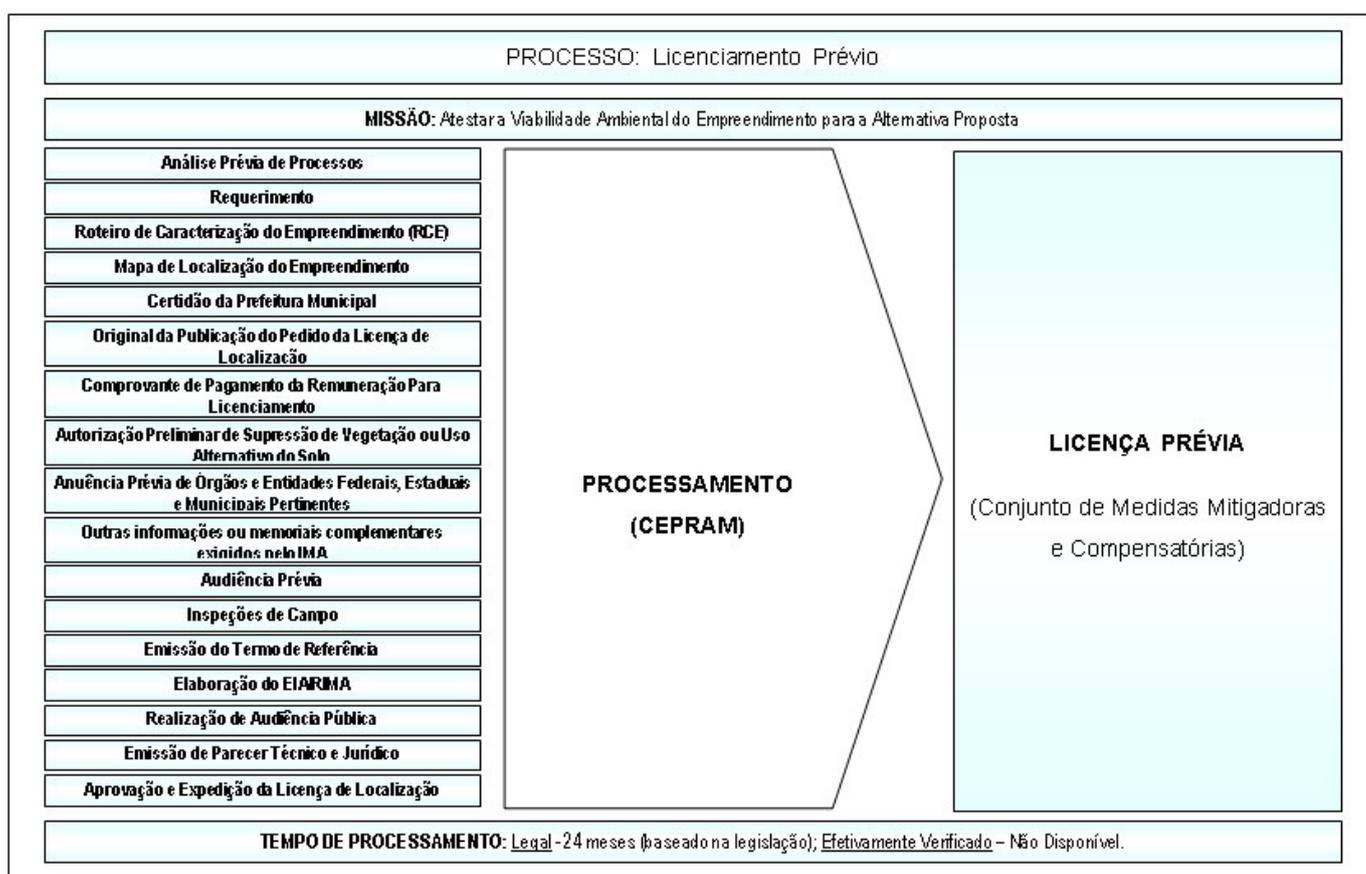


Fig. 2.22 – Mapa do Processo de Licenciamento Prévio na Bahia (IMA) Fonte: Própria.

relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

Parágrafo único. Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental, o órgão estadual competente; ou a SEMA ou quando couber, o Município fornecerá as instruções adicionais que se fizerem necessárias, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área.”

Conforme estabelece a supracitada Resolução, o EIA é um estudo estritamente técnico onde são avaliadas todas as etapas do empreendimento, alternativas locais e tecnológicas e impactos ambientais. Já o RIMA representa uma síntese do EIA numa linguagem mais simples, de forma a permitir o entendimento e compreensão do empreendimento às comunidades. Com

base no entendimento dos princípios do Licenciamento Prévio e aplicando o modelo de mapeamento de processos desenvolvido por CERQUEIRA (2006), conforme anteriormente abordado, foi estabelecida a missão deste processo.

Esta missão reflete claramente o propósito do licenciamento prévio, cujo objetivo maior é avaliar critérios como a localização e a concepção do empreendimento, de forma a atestar se o mesmo é ou não ambientalmente viável. Uma vez definida a missão do processo, partiu-se para a etapa de identificação de todas as suas entradas, o que, devido às particularidades dos regulamentos federais e baianos, foi feito de maneira distinta, conforme adiante apresentado.

2.11.10 Instauração do Processo Administrativo e o Licenciamento Prévio na Esfera Federal

A primeira etapa do licenciamento ambiental na esfera federal corresponde à instauração do processo administrativo. Para tanto, e em conformidade com a Instrução Normativa IBAMA n.º 184 de 17 de julho de 2008, a qual estabelece os procedimentos para o licenciamento ambiental federal, deverá o empreendedor acessar o website do IBAMA e efetuar a sua inscrição no Cadastro Técnico Federal (CTF), conforme adiante descrito.

2.11.11 Inscrição no Cadastro Técnico Federal

O Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental foi instituído pela Lei n.º 6.938/81 (Lei da PNMA) e caracteriza-se como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Em 1989 a Lei n.º 6.938/81 foi alterada pela Lei n.º 7.804 de 18 de julho de 1989, tendo sido estabelecido também o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais.

A citada lei tornou obrigatório o registro no CTF, tanto das pessoas físicas ou jurídicas que se dedicam a consultoria técnica sobre problemas ecológicos e ambientais e à indústria e comércio de equipamentos, aparelhos e instrumentos destinados ao controle de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras - Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental -, quanto as pessoas físicas ou jurídicas que se dedicam às atividades potencialmente poluidoras e/ou à extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de produtos e subprodutos da fauna e flora - Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais.

Entre o rol de atividades cujo registro no CTF é obrigatório encontra-se a geração de energia hidrelétrica, sendo obrigatório também o cadastro das empresas e técnicos responsáveis pelos estudos ambientais e instrução do processo de licenciamento. Assim, antes mesmo da efetivação do cadastro do empreendedor deve-se proceder ao registro do seu dirigente responsável no CTF. Destaca-se que o cadastro do empreendedor deve ser feito para a categoria Gerenciador de Projetos – Usinas Hidrelétricas (23-1), sendo necessário para a sua efetivação as seguintes informações básicas:

- CPF do dirigente (se este não estiver cadastrado no CTF deverá fazê-lo);
- CNPJ;
- Nome da empresa;
- Nome fantasia;
- Data de abertura do CNPJ;
- Endereço completo (logradouro, bairro, CEP, estado e município); e
- Telefone, fax e e-mail;

Após a efetivação do cadastro é gerado um número de cadastro e uma senha, sendo necessário, no entanto, alimentar o sistema com outras informações. Recomenda-se para isso, acessar o manual do sistema disponível no website do IBAMA (www.ibama.gov.br). Uma questão importante e que muitas vezes não é observada é que empreendimentos hidrelétricos, apesar de, em geral, representarem projetos de grau de impacto alto, estão isentos da cobrança da Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TFCA) instituída pela Lei n.º 10.165 de 27 de dezembro de

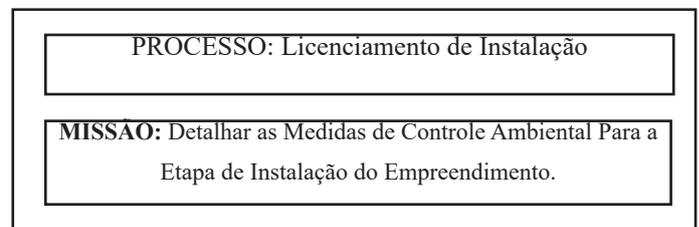


Fig. 2.23 – Missão do Processo de Licenciamento Instalação.

Fonte: Própria.

2008, pois não se encontram listadas entre as atividades consideradas potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais constantes do Anexo VIII da referida Lei, tanto que a Instrução Normativa IBAMA n.º 96 de 30 de março de 2006 aponta a atividade em seu Anexo II como não sujeita à TFCA.

Uma vez concluído o cadastro no CTF é gerado um número de cadastro e uma senha para o acesso ao sistema. Com isso o empreendedor estará apto a acessar o sistema de licenciamento ambiental através dos Serviços *online* e preencher a Ficha de Abertura de Processos (FAP).

2.11.12 Abertura do Processo

De posse do CNPJ e do CTF, mais especificamente da sua senha de acesso, o empreendedor poderá dar início ao preenchimento da Ficha de Abertura de Processos. Para tanto deverá acessar os Serviços *online*, e digitar o CNPJ do empreendedor e a senha gerada pelo CTF, sendo feito neste momento a verificação automática pelo sistema da vigência do Certificado de Regularidade do cadastro.

Deverá então ser preenchido o Formulário de Solicitação de Abertura de Processo e efetivado o seu envio eletrônico ao IBAMA pelo próprio sistema. O acesso ao formulário é feito clicando em “Serviços” posteriormente em “Licenciamento Ambiental Federal” e por fim em “Solicitação de Abertura de Processo”. Durante o preenchimento da FAP são requeridas uma série de informações, como tipologia do empreendimento, devendo ser selecionado Usina Hidrelétrica, se a usina é a fio d’água, dados da barragem, municípios, rio, caracterização dos meios físico, biótico e socioeconômico, entre outras, conforme modelo de formulário apresentado no Anexo III.

Uma vez preenchido o FAP o IBAMA verifica a sua competência para o licenciamento e, estando esta confirmada, o processo de licenciamento será formalizado e o seu número remetido ao empreendedor em meio eletrônico para o e-mail cadastrado no CTF.

De acordo com a Instrução Normativa IBAMA n.º 148 de 17 de julho de 2008, o prazo da fase de instauração de processo será de, no máximo, dez dias úteis, contados a partir do recebimento da FAP, sendo, uma vez instaurado o processo, iniciada pelo próprio SisLic a contagem de prazo para a elaboração do

MEIO	Programa/Projeto Integrante do PBA
Físico	Monitoramento Meteorológico
	Controle de Áreas Críticas
	Monitoramento do Uso e Ocupação do Solo
	Monitoramento Piezométrico ou dos Níveis da Água Subterrânea
	Controle de Vazões
	Monitoramento de Encostas e Controle de Processos Erosivos
	Monitoramento Sismológico
	Monitoramento Limnológico e de Qualidade das Águas
	Hidrossedimentologia
Biótico	Monitoramento de Macrófitas (plantas aquáticas)
	Monitoramento e Resgate de Fauna
	Monitoramento e Resgate de Flora
	Monitoramento e Resgate da Ictiofauna
	Implantação de Unidade de Conservação
	Limpeza da Bacia de Acumulação
	Reflorestamento da Área de Preservação Permanente
	Monitoramento de Vetores (fauna de interesse médico-sanitário)
Sócio-Econômico	Monitoramento do Nível de Qualidade de Vida das Populações
	Reassentamentos (urbano e/ou rural)
	Relocação de Infra-Estruturas (rodovias, pontes, etc)
	Educação Ambiental
	Saúde Pública
	Comunicação Social
	Acompanhamento dos Impactos Sobre os Serviços Públicos
	Acompanhamento da Evolução Populacional
	Apoio a Prefeituras
	Acompanhamento dos Efeitos Sobre Populações Tradicionais, Indígenas e Quilombolas (se for o caso)
	Aquisição de Terras
	Direitos Minerários
	Resgate Arqueológico
	Mapeamento Histórico-Cultural

Quadro 2.3 – Principais Programas de Acompanhamento e Monitoramento de Projetos Hidrelétricos. Fonte: Adaptado de SUREHMA (1999).

Termo de Referência (TR).

2.11.13 Elaboração do Termo de Referência

Uma vez instaurado o processo, o empreendedor deverá providenciar o envio pelo sistema de proposta de Termo de Referência para a elaboração do Estudo Ambiental, o qual deverá ser elaborado com base no Termo de Referência Padrão para empreendimentos hidrelétricos, disponibilizado no site do IBAMA e ora em anexo.

Com base no TR proposto a COHID irá definir os estudos a serem solicitados, o técnico responsável pelos processos e a equipe de análise. O técnico responsável pelo processo fará o seu acompanhamento, a articulação com os técnicos de outras diretorias participes, providenciando a alimentação e atualização do mesmo no SisLic, a organização do processo, a elaboração de documentos referentes ao seu andamento e manterá o coordenador sempre informado, inclusive sobre prazos.

O passo seguinte será a realização de reunião do empreendedor com o IBAMA, podendo contar ou não com a participação de órgãos intervenientes, com vistas à apresentação do empreendimento. Durante esta primeira reunião deverá ser discutido o TR proposto e a necessidade de realização de vistoria ao local proposto para o empreendimento, o que em caso de Usinas Hidrelétricas, é quase sempre necessário.

É aberto então prazo de 15 (quinze) dias para as contribuições dos órgãos intervenientes que participaram da reunião se pronunciarem acerca do TR proposto. Ainda segundo a Instrução Normativa IBAMA 184/08 o prazo para a elaboração do Termo de Referência é de 60 (sessenta) dias corridos contados da instauração. Destaca-se, no entanto, que não é isso que tem sido verificado nos processos que atualmente tramitam no IBAMA. A UHE Estreito – rio Parnaíba, por exemplo, teve sua Ficha de Abertura de Processo registrada no sistema em 27 de abril de 2004 e somente teve seu Termo de Referência expedido em 19 de maio de 2008. Outro exemplo é o da UHE Marabá, cuja FAP data de 11 de dezembro de 2006, mas somente teve seu TR aprovado em 09 de maio de 2008.

Por fim, uma vez aprovado o Termo de Re-

Atividade	Órgão Responsável	Licença/Autorização/Interação
Coleta de Fauna	IBAMA	Autorização de captura, coleta ou transporte de fauna silvestre.
Coleta de Ictiofauna	IBAMA	Autorização de captura, coleta ou transporte de ictiofauna e dos invertebrados aquáticos.
Resgate Arqueológico (canteiro)	IPHAN	Autorização de resgate arqueológico
Inventário de Cavernas	CECAV	Autorização
Coleta de Exemplares da Flora Nativa	IBAMA	Autorização de coleta
Pesquisas em Terras Indígenas	FUNAI	Autorização
Pesquisas em Quilombos	Fundação Palmares	Autorização
Avaliação do potencial malarígeno da área.	FUNASA	Apoio e avaliação dos resultados
Uso da água.	ANA ou OERH	Outorga de uso da água
Licenciamento de Jazidas	DNPM	Licença para exploração mineral
Autorização de Desmate (canteiros, acessos e sítio das obras) ¹	IBAMA	Autorização de supressão de vegetação
Resgate de Fauna durante desmate (canteiros, acessos e sítio das obras)	IBAMA	Autorização de captura, coleta ou transporte de fauna silvestre.
Resgate de Flora antes do desmate (canteiros, acessos e sítio das obras)	IBAMA	Autorização de coleta

¹Para a obtenção da Autorização de Supressão de Vegetação e conseqüente realização das atividades de desmate, faz-se necessário apresentar ao IBAMA o Inventário Florestal, anteriormente discutido.

Quadro 2.4 – Interações e Licenças Necessárias Para a Elaboração do PBA e Realização de Atividades Preparatórias Para Início das Obras. Fonte: Própria.

ferência o mesmo é remetido ao empreendedor, o qual tem um prazo de até 2 (dois) anos para apresentar os estudos ambientais requeridos – prazo de validade do TR -, sendo este prazo contado automaticamente pelo sistema SisLic.

Publicação - Elaboração do Estudo Ambiental

De posse do TR aprovado pelo IBAMA, deverá o empreendedor, em até 30 (trinta) dias, providenciar a publicação em jornal de grande circulação da região onde o empreendimento será instalado e no diário oficial do Estado ou da União, informando

que estará desenvolvendo os estudos ambientais para o empreendimento. Esta publicação deverá ser feita nos termos da Resolução CONAMA n.º 06/86 . Destaca-se que a referida publicação deverá ser digitalizada e remetida ao IBAMA via sistema SisLic, sendo recomendado também a protocolização de originais da publicação junto ao Instituto.

Elaboração do EIA/RIMA

Uma vez aprovado o TR e efetuada a publicação da elaboração dos estudos, deverá o empreendedor contratar equipe especializada e multidisciplinar para a realização dos estudos de campo, com vistas à avaliação de impactos ambientais e confecção do Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental.

Além de atender ao TR em todos os seus itens, estes estudos deverão cumprir os requisitos estabelecidos pelas Resoluções CONAMA n.º 01/86 e n.º 237/97, bem como todo o aparato legal que regula as questões ambientais e setoriais diretamente vinculadas a um empreendimento hidrelétrico, tais como: recursos hídricos; recursos florestais e bióticos; patrimônio arqueológico e histórico-cultural; recursos pesqueiros; recursos minerais; entre outros.

Há de se considerar o que estabelece a Resolução CONAMA n.º 01/86, que traz em seu Art. 2º:

“Art. 2º Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

.....

VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

.....

XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW;”

Tais requisitos trazem a prerrogativa de não realização de EIA/RIMA para Usinas Hidrelétricas de potência menor ou igual

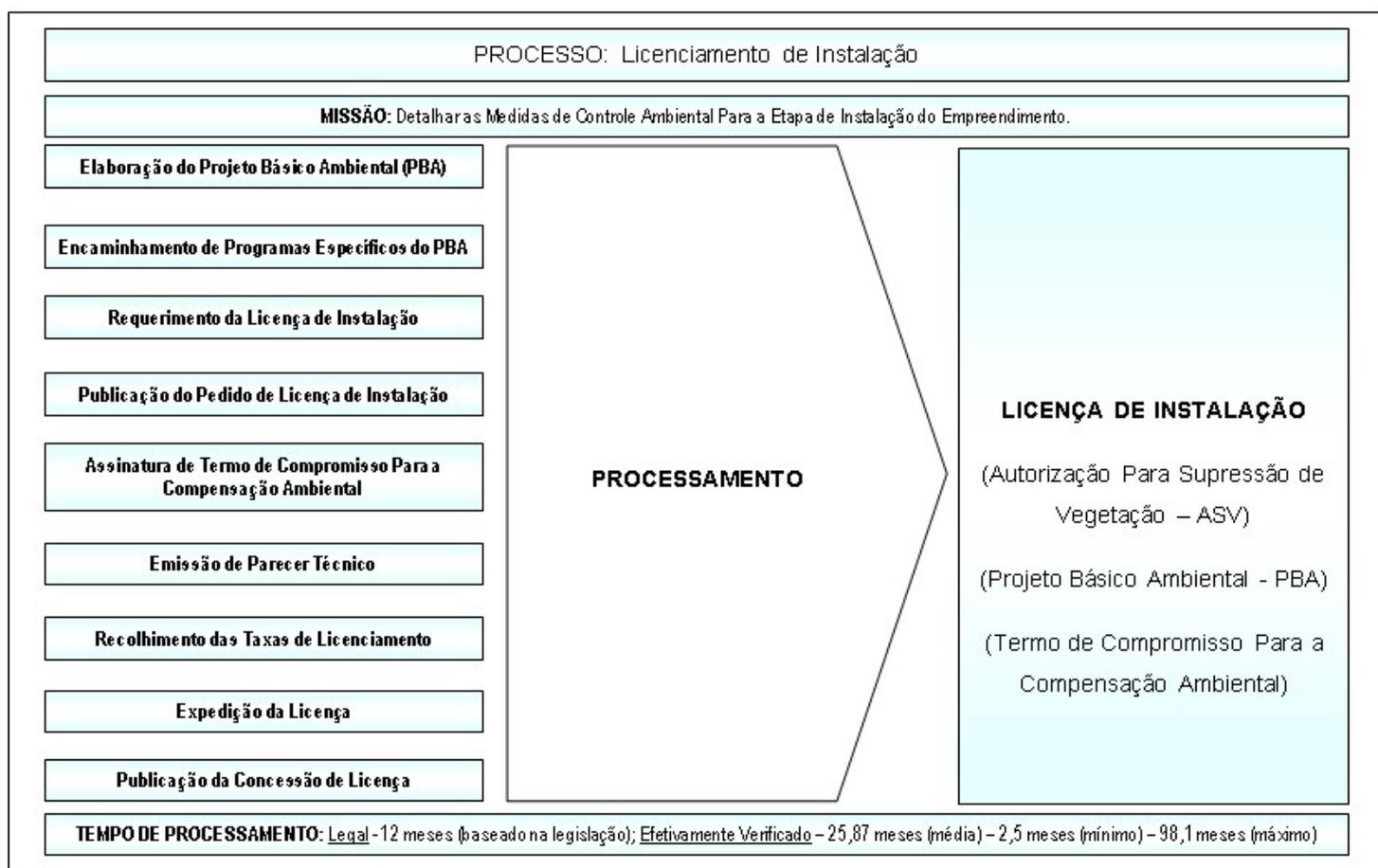


Fig. 2.24 – Mapa do Processo de Licenciamento de Instalação na Esfera Federal (IBAMA). Fonte: Própria. Prazos Efetivamente Verificados: IBAMA (2008).

a 10MW, e sim estudos mais simplificados, como o Relatório Ambiental Simplificado (RAS), instituído através da Resolução CONAMA n.º 279 de 27 de junho de 2001, mas aplicável apenas para empreendimentos com pequeno potencial de impacto ambiental.

Merece destaque a necessidade de algumas autorizações e licenças específicas para a realização dos trabalhos de campo necessários à elaboração do EIA/RIMA, são elas:

- Autorização de captura, coleta ou transporte de fauna silvestre;
- Autorização de captura, coleta ou transporte de Ictiofauna e de Invertebrados Aquáticos;
- Autorização para a coleta de material botânico;
- Autorização do IPHAN para Diagnóstico e Prospecção Arqueológica;
- Autorização da FUNAI para a realização de estudos em terras indígenas;
- Autorização da fundação Palmares para a realização de estudos junto a comunidades tradicionais e quilombolas;
- Reserva de Disponibilidade Hídrica;
- Autorização do CECAV/ICMBio para a prospecção de cavernas;

Destaca-se que todas estas autorizações e licenças, bem

como aprovações dos estudos específicos encaminhados aos órgãos que as concederam deverão integrar o EIA/RIMA e ser encaminhados ao IBAMA, o qual também deverá ser assinado por toda a equipe técnica participante dos estudos. Durante a etapa de elaboração dos estudos recomenda-se um constante contato da equipe de consultores e do empreendedor com os técnicos do IBAMA, de forma a dirimir dúvidas e evitar possíveis problemas quando da análise do EIA/RIMA, que uma vez concluídos deverão ser apresentados ao Instituto em meio físico e digital e no número de vias requeridas pelo mesmo.

Uma vez apresentado o EIA/RIMA, o IBAMA terá um prazo de 30 (trinta) dias para verificar os estudos. Durante este período deverá o empreendedor fazer apresentação do EIA para o IBAMA, com vistas a comprovar o atendimento ao Termo de Referência. Após a análise, caso o IBAMA julgue que o estudo atendeu aos requisitos básicos do TR será o mesmo aceito para análise, senão será devolvido ao empreendedor para as devidas complementações.

Uma vez aceito o EIA, deverá o IBAMA comunicar ao empreendedor e dar início à sua análise técnica, começando-se a partir deste momento a contagem de prazo legal para pronunciamento do IBAMA acerca do mesmo, o qual é de 180 (cento e oitenta) dias. Em paralelo deverá o empreendedor providenciar o encaminhamento formal de cópias dos estudos para os órgãos

Item	Documentos Necessários	
35	Requerimento (Formulário do IMA)	√
36	Histórico do processo convertido	
37	Documentação comprobatória da qualidade de representante legal do signatário do Requerimento	√
38	Comprovante de endereço	√
39	Termo de Responsabilidade Ambiental / Florestal, conforme Termo de Referência IMA	√
40	Original da publicação do pedido da Licença em jornal, conforme modelo padronizado IMA	√
41	Política Ambiental da Empresa divulgada em jornal de grande circulação no Estado	
42	Cópia da Ata de constituição da CTGA, acompanhada da ART do Coordenador	
43	Documento de propriedade ou justa posse do imóvel rural, acompanhado da CCIR e ITR atuais (canteiro)	√
44	Autorização de passagens por propriedade de terceiros (acessos, se necessário)	√
45	Contrato de arrendamento / comodato averbado no cartório com vigência compatível	
46	Certidão de Inteiro Teor	
47	Cópia de Decreto de desapropriação (canteiro, se necessário)	√
48	Averbação de Reserva Legal ou TREA (área de canteiro)	√
49	Certidão da Prefeitura Municipal	
50	Anuência Prévia da CONDER	
51	Certidão do Distrito ou Centro Industrial	
52	Laudo do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional – IPHAN (canteiro e acessos)	√
53	Outorga de água (INGÀ ou ANA) (pode ser substituído por Parecer Técnico de Disponibilidade Hídrica)	√
54	Outorga para lançamento de efluentes (INGÀ ou ANA)	
55	Documento do DNPM – especificar: _____ Nº do DNPM: _____	
56	Cópia da concessão da Licença ou Autorização Ambiental anterior (Publicação DOE ou Certificado)	√
57	Avaliação do cumprimento dos condicionantes da Licença ou Autorização Ambiental anterior, acompanhado de documentação comprobatória (laudos, relatórios e registros fotográficos no que couber) devidamente assinada pelo responsável técnico.	√
58	Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD	√
59	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS	√
60	Análise Preliminar de Risco – APR	√
61	Plano de Emergência Ambiental - PEA	√
62	Roteiro de Caracterização do Empreendimento – RCE, incluindo mapas, plantas, desenhos, memoriais e fotografias representativas do local. Os estudos apresentados ao IMA deverão ser assinados por profissionais legalmente habilitados e devidamente credenciados nos respectivos Conselhos de Classe, sendo necessária a apresentação do registro de ART, ou documento equivalente Obs: quando se tratar de LA e RLO, o RCE deve estar contemplado no ALA	√
63	Autoavaliação para o Licenciamento Ambiental – ALA	
64	Croqui do Imóvel com o acesso da sede do município mais próximo	√
65	Balanco Ambiental (02 vias impressas e 01 em meio digital)	
66	02 Mídias contendo as informações georreferenciadas e metadados, acompanhados da DRT- Declaração de Responsabilidade Técnica.	
67	Termo de Adesão ao Programa Parceiros do Meio Ambiente - Adote Uma Pequena Empresa Na Área Ambiental	
68	Comprovante de pagamento da taxa Ambiental / Florestal	√

Quadro 2.5 – Relação de Documentos Constante da Análise Prévia de Processos – Assinalados Àqueles Geralmente Requerido Para LI de Hidrelétricas. Fonte: Própria com Base em SEIA (2009)

indicados pelo IBAMA.

Segundo a Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08, o EIA será distribuído aos órgãos federais intervenientes e aos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente envolvidos, e o RIMA será disponibilizado no site do Ibama/Licenciamento, nas Superintendências Estaduais do IBAMA envolvidas, no Centro Nacional de Informações Ambientais - CNIA do IBAMA e nas sedes municipais envolvidas. Importante destacar a necessidade de formalizar o encaminhamento dos estudos e de notificar o IBAMA quanto à efetiva entrega dos mesmos.

Deve-se ficar atento para a necessidade de remeter ao IBAMA uma cópia dos estudos em meio digital no formato pdf de baixa resolução, de forma a possibilitar a disponibilização do mesmo via internet no site do Instituto.

Obtenção de Certidão Municipal - Em paralelo à realização dos estudos ambientais, deverá o empreendedor providenciar junto às municipalidades diretamente afetada pelo empreendimento Certidão Municipal declarando que o local de instalação do empreendimento está em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo do município ou documento similar, que são essenciais para a emissão da Licença Prévia. A figura do documento similar raramente é utilizada, se enquadrando nesta categoria, por exemplo, um zoneamento urbano que indicasse que o empreendimento se enquadra na zona em esta sendo proposta.

Quadro 2.6 – Remuneração Básica Para Licenciamento de Implantação Pelo IMA. Fonte: Adaptado do Decreto Estadual n.º 11.235/08

Requerimento da Licença Prévia - Apresentado o EIA/RIMA ao IBAMA, deverá o empreendedor acessar novamente os Serviços *online* e, à semelhança do FAP, preencher o requerimento da Licença Prévia.

Publicação do Pedido de Licença Prévia - Uma vez efetivado o requerimento da Licença Prévia, terá o empreendedor um prazo de 30 (trinta) dias para providenciar a publicação do pedido de licença em jornal de grande circulação da região onde o empreendimento será instalado e no diário oficial do Estado ou da União, conforme estabelece a Resolução CONAMA n.º 06/86. Destaca-se que a referida publicação deverá ser digitalizada e remetida ao IBAMA via sistema SisLic, sendo recomendado também a protocolização de originais da publicação junto ao Instituto.

Realização de Audiência Pública - Durante a etapa de análise do EIA/RIMA por parte do IBAMA deverá ser realizada uma ou várias audiências públicas, o que depende basicamente da área afetada pelo projeto, sendo feita, em geral, uma para cada município ou conjunto de municípios próprios.

A audiência pública é uma oportunidade que a sociedade dispõe para dar discutir o empreendimento e os estudos que foram elaborados, dar sugestões e dirimir dúvidas. A sua realização inicia-se com a publicação de edital pelo IBAMA infor-

mando locais em que se encontram disponíveis cópias do RIMA e abrindo-se o prazo de 45 (quarenta e cinco) dias para o seu requerimento.

O agendamento da audiência pública é feito pelo IBAMA, mas sempre contando com o assessoramento do empreendedor, com, no mínimo, 45 (quarenta e cinco) dias de antecedência, ficando à cargo do órgão ambiental a sua convocação, a qual é feita através da publicação de edital informando data(s) local(is) e hora(s).

Deverá participar da audiência pública a equipe técnica do IBAMA, que será responsável pela sua coordenação; os técnicos responsáveis pelos estudos e representantes do empreendedor, que deverão preparar uma apresentação do projeto, dos estudos e dos impactos identificados; autoridades da região onde o empreendimento está sendo proposto, tais como prefeitos, promotores de justiça, vereadores, lideranças comunitárias, entre outros; e qualquer membro da comunidade que tenha interesse no projeto.

Por se tratar de uma oportunidade para a interação do empreendedor, IBAMA e sociedade, é sempre interessante divulgar na área de influência do projeto a realização da(s) audiência(s) pública(s). Esta não tem sido uma estratégia comumente utilizada, mas certamente, num processo de licenciamento tão complexo como o de uma hidrelétrica, a transparência por parte do empreendedor pode facilitar sobremaneira a sua condução.

Durante a realização da audiência pública deverá ser efetuado às expensas do empreendedor o seu registro magnético, devendo este ainda providenciar a sua transcrição, bem como o encaminhamento de todo o material para o IBAMA num prazo máximo de 15 (quinze) dias contados da data de sua realização. Destaca-se que deverá ser elaborada uma ata da reunião, a qual vai assinada pelas principais autoridades, técnicos do IBAMA e técnicos e representantes do empreendedor, a qual deverá ser disponibilizada ao público pelo IBAMA em seu website. Recomenda-se ainda o registro filmico da audiência pública e que sua transcrição seja digitalizada e também encaminhada ao IBAMA.

Destaca-se que a depender dos resultados da(s) audiência(s) pública(s), poderá ser necessário a realização de estudos complementares e/ou revisão do EIA/RIMA, o que é relativamente comum em se tratando de empreendimentos hidrelétricos.

Emissão de Parecer Técnico - Uma vez concluída a análise dos estudos deverá a DILIC emitir Parecer Técnico Conclusivo sobre a viabilidade ambiental do empreendimento, do qual fará parte também o Parecer Jurídico, devendo o mesmo ser encaminhado à Presidência do IBAMA para subsidiar o deferimento ou não do pedido de licença. Por vezes são emitidos pareceres parciais e/ou para questões específicas levantadas nos estudos ou ao longo do processo de licenciamento, devendo todas es-

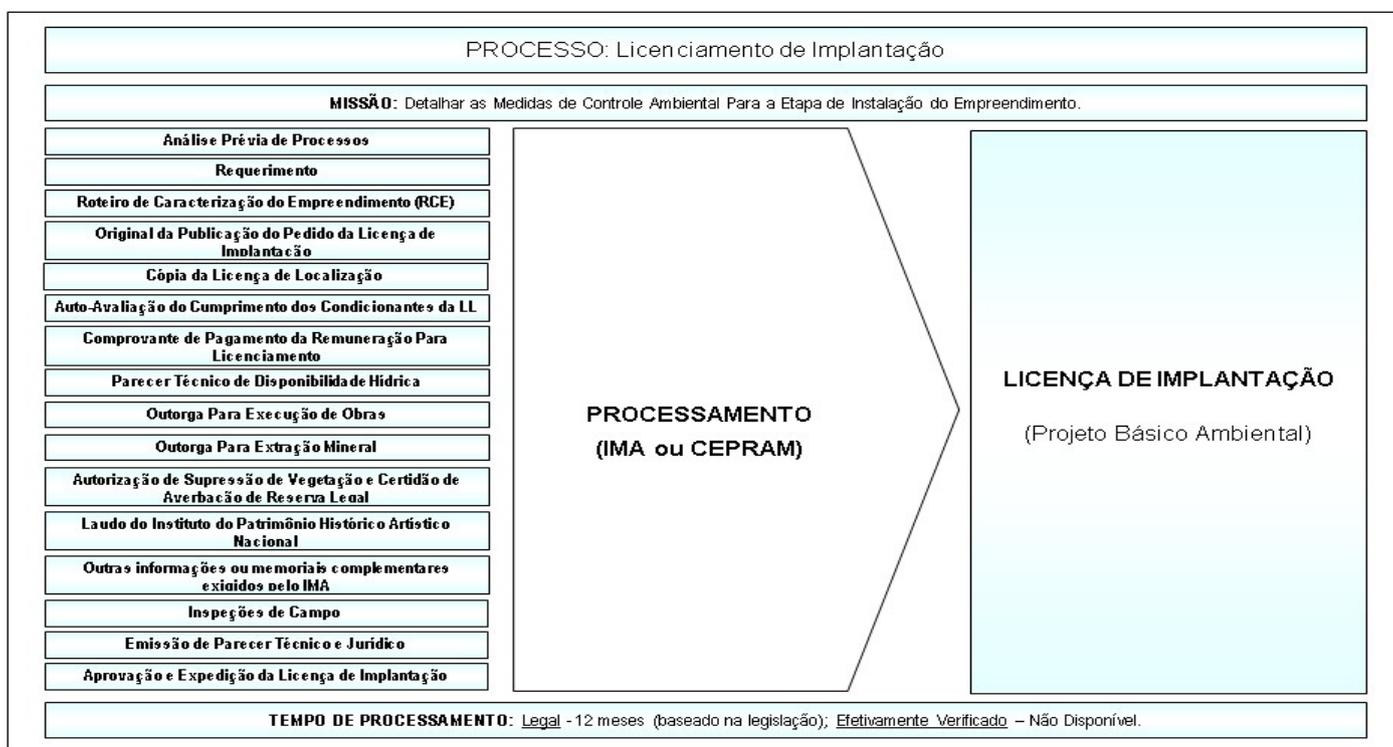


Fig. 2.25 – Mapa do Processo de Licenciamento de Instalação na Bahia (IMA). Fonte: Própria.

tas questões ser consolidadas no Parecer Técnico Conclusivo, o qual também deverá ser disponibilizado no site do IBAMA. De posse do Parecer Técnico Conclusivo a Presidência do IBAMA decide se concede ou não a Licença Prévia do empreendimento.

Recolhimento das Taxas de Licenciamento - Uma vez aprovada a licença, deverá o empreendedor recolher as taxas de licenciamento e de análise dos estudos, o que é feito a partir da emissão dos correspondentes boletos através do sistema SisLic, acessando-se os Serviços *online* no website do IBAMA.

Expedição da Licença - Uma vez recolhidas as taxas, a Licença Prévia será emitida e disponibilizada no site do IBAMA.

Determinação da Compensação Ambiental - De acordo com o § 2º do Art. 26 da Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08, uma vez emitida a LP, a DILIC determinará, mediante metodologia regulamentada, o grau de impacto do empreendimento e seu percentual para fins de compensação ambiental. Destaca-se, no entanto, que até a presente data não existe uma regulamentação aprovando uma metodologia de cálculo para a compensação ambiental e que, com a declaração da inconstitucionalidade parcial do Art. 36 da Lei n.º 9.985/00, a qual esta-

belecia um percentual mínimo de 0,5% dos investimentos a ser destinado para a compensação ambiental, a matéria encontra-se completamente desregulamentada.

Publicação da Concessão de Licença - Uma vez concedida a Licença Prévia, deverá o empreendedor, nos termos da Resolução CONAMA n.º 006/86, providenciar, no prazo máximo de 30 (trinta) dias, a publicação da concessão da LP, enviando cópia da mesma para o IBAMA através do sistema SisLic, sendo recomendado também a protocolização de originais da publicação junto ao Instituto.

Como uma síntese deste processo, encontra-se adiante apresentado o seu mapa.

Para o cálculo do tempo de processamento foi considerado os prazos legais estabelecidos pelas diversas normas consultadas e um prazo estimado de 12 meses para a elaboração do EIA/RIMA, o qual poderá ser reduzido a depender da complexidade do empreendimento. Destaca-se que este prazo baseia-se na necessidade de realizar um conjunto de atividades de campo durante, pelo menos, um ano, de forma a se caracterizar os aspectos de sazonalidade – estações do ano e regime de cheias do rio.

O tempo de processamento efetivamente verificado foi calculado com base nas informações disponíveis no website do IBAMA, consultadas no final de novembro de 2008, e representam um universo de 20 (vinte) empreendimentos hidrelétricos pesquisados, entre UHE's e PCH's.

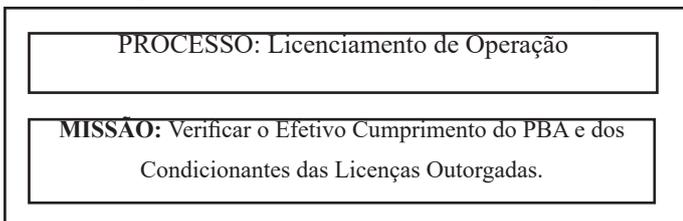


Fig. 2.26 – Missão do Processo de Licenciamento de Operação. Fonte: Própria.

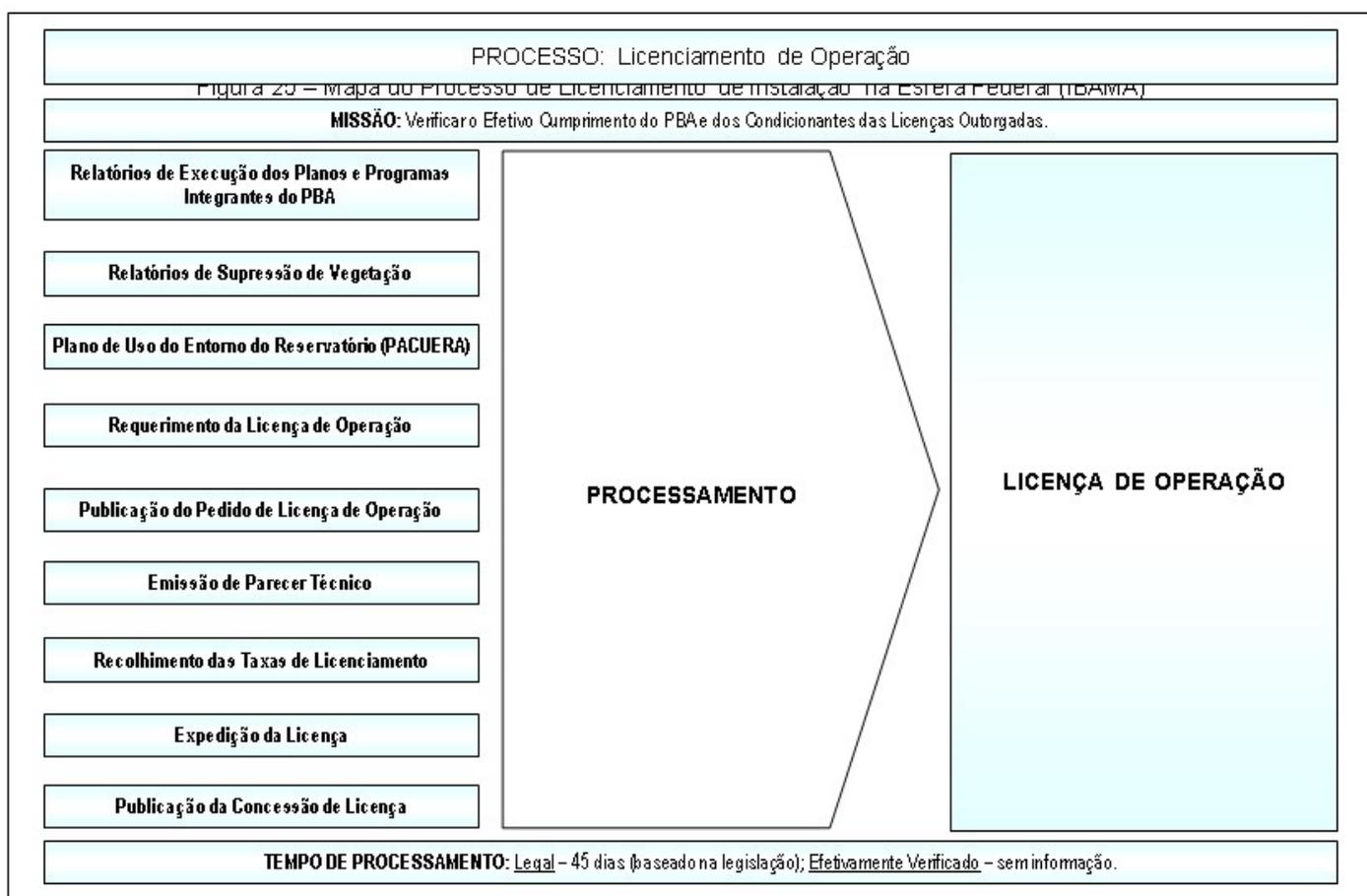


Fig. 2.27 – Mapa do Processo de Licenciamento de Instalação na Esfera Federal (IBAMA). Fonte: Própria. Prazos Efetivamente Verificados: IBAMA (2008).

2.11.14 O Licenciamento Prévio na Bahia (Licenciamento de Localização)

Na Bahia a primeira etapa do licenciamento prévio ambiental corresponde à realização da Análise Prévia de Processos, seguida da instauração do processo administrativo. O mapeamento deste processo foi realizado com base na Resolução CEPRAM n.º 2.983 de 28 de junho de 2002, alterada pelas Resoluções CEPRAM n.º 3.172 de 18 de julho de 2003 e 3.159 de 27 de junho de 2003, a qual aprovou a Norma Técnica NT- 004/02, que dispõe sobre a Documentação Necessária para o Requerimento da Licença Ambiental, Autorização de Supressão de Vegetação ou Uso Alternativo do Solo e Outorga de Direito do Uso das Águas, no Estado da Bahia.

Observação importante acerca do processo de licenciamento na Bahia é a necessidade de assinatura do(s) técnico(s) responsável(is) em toda a documentação técnica acostada ao processo, devendo ainda ser apresentada as correspondentes Anotações de Responsabilidade Técnica (ART's) ou similar.

Análise Prévia de Processos - A Análise Prévia de Processos consiste no preenchimento de um formulário de análise com informações básicas do empreendimento, em especial indicação

do requerente (empreendedor), da atividade (geração de energia), tipo de requerimento (Licença de Localização), informações para enquadramento (área construída, valor do investimento e número de funcionários) e observações (descrição sucinta do projeto), o qual deverá ser submetido ao IMA para fins de identificação da documentação necessária à instrução do processo de licenciamento ambiental.

O formulário de Análise Prévia de Processos pode ser obtido no website do SEIA, estando apresentado no Anexo xxx cópia do último modelo publicado pelo IMA. Adiante se encontra listada a documentação que geralmente é requerida pelo Instituto para o Licenciamento de Localização de empreendimentos hidrelétricos, podendo esta variar a depender das particularidades do projeto.

Observa-se assim, que apesar da Resolução CEPRAM n.º 2.983/02 ter estabelecido a documentação necessária ao licenciamento ambiental na Bahia, o IMA vem requerendo documentação e informações além daquela estabelecida na referida norma.

Requerimento - À semelhança da Análise Prévia de Processos, o formulário de requerimento encontra-se disponível

no website do SEIA e nos postos de atendimento do IMA. Neste formulário são apresentadas informações acerca do requerente, objeto do requerimento (neste caso, licença de localização), empreendimento, contato, endereço para correspondências, descrição da solicitação, entre outras.

Roteiro de Caracterização do Empreendimento (RCE) -

O Roteiro de Caracterização do Empreendimento deve ser feito com base em Termo de Referência disponibilizado pelo IMA. No caso de empreendimentos hidrelétricos são disponibilizados dois modelos, um para barragens de pequeno e médio porte (potência menor que 10 MW) e outro para barragens grande porte. Estes TR's encontram-se também disponibilizados no website do SEIA ou nos balcões de atendimento do IMA. O RCE deverá ser elaborado por profissional habilitado, o qual deverá expedir a competente ART ou atestado similar, devendo ainda assiná-lo em todas as suas páginas.

Mapa de Localização do Empreendimento - Deverá ser apresentado mapa de localização do empreendimento, de forma a facilitar as inspeções de campo. Este mapa deve ser apresentado em escala adequada que permita a sua perfeita visualização.

Certidão da Prefeitura Municipal - À semelhança do que é exigido pelo IBAMA, o licenciamento ambiental na Bahia também requer Certidão da Prefeitura Municipal declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com as normas ambientais e urbanísticas do município. Destaca-se que esta é uma exigência da Resolução CONAMA n.º 237/97, devendo portanto ser obedecida em todo e qualquer processo de licenciamento.

Original da Publicação do Pedido da Licença de Localização - Para a instrução do processo de LL na Bahia, faz-se necessário apresentar o original da publicação do pedido de licença em jornal de grande circulação. Esta publicação deverá ser feita em conformidade com modelo aprovado pelo antigo CRA, atual IMA, e tem as seguintes características: Formato mínimo de 9,6 cm de largura X 7,0 cm de altura, fonte Helvetica, 9 para o texto, conforme modelo abaixo:

Comprovante de Pagamento da Remuneração Para Licenciamento - A formalização do processo de licenciamento prévio depende do recolhimento da taxa de licenciamento, a qual é calculada com base no enquadramento do empreendimento. Para este enquadramento aplica-se o Anexo III do Decreto Estadual n.º 11.235 de 10 de outubro de 2008. Abaixo as opções de enquadramento de hidrelétricas:

Divisão E: Serviços

Grupo 35: Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

Sub-Grupo 35.1: Construção de Hidrelétricas

Licenciamento: Licença

Unidade de Medida: Área inundada (ha)

Porte: Micro < 5; Pequeno > 5 < 50; Médio > 50 < 200; Grande > 200 ≤ 1000; e Excepcional > 1000

Definido o porte do empreendimento aplica-se o quadro de remuneração estabelecido no Anexo IV do referido Decreto, parcialmente transcrito a seguir:

Tipo do Processo	Porte do Empreendimento				
	Micro	Pequeno	Médio	Grande	Excepcional
LL	500,00	800,00	1.500,00	3.000,00	6.000,00

Para o recolhimento da referida remuneração deverá ser emitido pelo IMA o respectivo boleto de pagamento, o qual somente é feito quando da apresentação por parte do empreendedor de, pelo menos, 50% (cinquenta por cento) da documentação indicada como necessária para a instrução do processo no formulário de análise prévia.

Autorização Preliminar de Supressão de Vegetação ou Uso Alternativo do Solo - A referida autorização preliminar refere-se à expedição de ato declaratório, de caráter preliminar, na qual o órgão florestal aponta aspectos referentes à possibilidade, ou não, de se suprimir a vegetação, em razão de limitações de ordem legal. Deve ser requerida apenas quando o empreendedor não disponha da posse da área a ser suprimida e sua concessão fica atualmente a cargo da Diretoria de Florestas do próprio IMA, devendo, no entanto, o empreendedor proceder ao seu requerimento e encaminhá-la à DILIC. Caso o empreendedor detenha a posse da área, poderá requerer diretamente a Autorização de Supressão de Vegetação definitiva.

Anuência Prévia de Órgãos e Entidades Federais, Estaduais e Municipais Pertinentes - Este requisito aplica-se para empreendimentos que tenham alguma interferência com patrimônio ou bens geridos por tais órgãos, ou cuja responsabilidade pela análise fique à cargo de outro órgão, senão o IMA. Um exemplo deste tipo de anuência é a aprovação do IPHAN para aspectos relacionados ao patrimônio histórico.

Outras informações ou memoriais complementares exigidos pelo CRA

Enquadra o rol de informações ou memoriais ora descritos, todas as exigências do IMA não regulamentadas, como boa parte daquelas integrantes da relação apresentada na Análise Prévia de

Item	Documentos Necessários	
69	Requerimento (Formulário do IMA)	√
70	Histórico do processo convertido	
71	Documentação comprobatória da qualidade de representante legal do signatário do Requerimento	√
72	Comprovante de endereço	√
73	Termo de Responsabilidade Ambiental / Florestal, conforme Termo de Referência IMA	√
74	Original da publicação do pedido da Licença em jornal, conforme modelo padronizado IMA	√
75	Política Ambiental da Empresa divulgada em jornal de grande circulação no Estado	√
76	Cópia da Ata de constituição da CTGA, acompanhada da ART do Coordenador	√
77	Documento de propriedade ou justa posse do imóvel rural, acompanhado da CCIR e ITR atuais (reservatório e APP)	√
78	Autorização de passagens por propriedade de terceiros	
79	Contrato de arrendamento / comodato averbado no cartório com vigência compatível	
80	Certidão de Inteiro Teor	
81	Cópia de Decreto de Desapropriação (se necessário)	√
82	Averbação de Reserva Legal ou TREA	
83	Certidão da Prefeitura Municipal	
84	Anuência Prévia da CONDER	
85	Certidão do Distrito ou Centro Industrial	
86	Laudo do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional – IPHAN (reservatório)	√
87	Outorga de água (INGÁ ou ANA)	√
88	Outorga para lançamento de efluentes (INGÁ ou ANA)	
89	Documento do DNPM – especificar: _____ Nº do DNPM: _____	
90	Cópia da concessão da Licença ou Autorização Ambiental anterior (Publicação DOE ou Certificado)	√
91	Avaliação do cumprimento dos condicionantes da Licença ou Autorização Ambiental anterior, acompanhado de documentação comprobatória (laudos, relatórios e registros fotográficos no que couber) devidamente assinada pelo responsável técnico.	√
92	Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD (etapa operacional)	√
93	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS	
94	Análise Preliminar de Risco – APR	
95	Plano de Emergência Ambiental - PEA (etapa operacional)	√
96	Roteiro de Caracterização do Empreendimento – RCE, incluindo mapas, plantas, desenhos, memoriais e fotografias representativas do local. Os estudos apresentados ao IMA deverão ser assinados por profissionais legalmente habilitados e devidamente credenciados nos respectivos Conselhos de Classe, sendo necessária a apresentação do registro de ART, ou documento equivalente Obs: quando se tratar de LA e RLO, o RCE deve estar contemplado no ALA	√
97	Autoavaliação para o Licenciamento Ambiental – ALA	
98	Croqui do Imóvel com o acesso da sede do município mais próximo	
99	Balanço Ambiental (02 vias impressas e 01 em meio digital)	
100	02 Mídias contendo as informações georreferenciadas e metadados, acompanhados da DRT- Declaração de Responsabilidade Técnica.	
101	Termo de Adesão ao Programa Parceiros do Meio Ambiente - Adote Uma Pequena Empresa Na Área Ambiental	
102	Comprovante de pagamento da taxa Ambiental / Florestal	√

Quadro 2.7 – Relação de Documentos Constante da Análise Prévia de Processos – Assinalados Àqueles Geralmente Requeridos Para LO de Hidrelétricas. Fonte: Própria com Base em SEIA (2009)

Processos, bem como àquelas que o Instituto julgue necessário. Assim, caso o empreendedor tenha dúvidas, sugere-se proceder uma consulta prévia ao IMA antes mesmo de iniciar o processo de licenciamento, o que pode ser feito a partir da solicitação de Manifestação Prévia, que é uma das ferramentas aplicadas pela Bahia no seu processo de licenciamento.

A Manifestação Prévia é um ato através do qual o empreendedor provoca o órgão ambiental a se manifestar formalmente acerca do processo, de forma a esclarecê-lo e não deixar dúvidas quanto à sua condução. Uma vez apresentada toda a documentação anteriormente listada o processo de licenciamento prévio é aberto, devendo o IMA dar início à elaboração do Termo de Referência para a elaboração dos estudos ambientais. Ressalta-se que, em se tratando de hidrelétrica, há a exigência legal de elaboração de EIA/RIMA para empreendimentos com potência superior a 10 MW.

Audiência Prévia Uma figura importante no processo de licenciamento na Bahia é a exigência de realização de Audiência Prévia para determinado empreendimento, conforme estabelece a Resolução CEPRAM n.º 2.929 de 18 de janeiro de 2002. A Audiência Prévia consiste na realização de uma reunião prévia com a comunidade na área de influência do empreendimento, com a finalidade apresentar o escopo básico do projeto, metodologia a ser adotada no desenvolvimento dos estudos, bem como colher subsídios para a elaboração do termo de referência do estudo de

impacto ambiental e/ou estudos ambientais.

Inspecões de Campo - Em geral são realizadas duas inspecões de campo pelo IMA antes da aprovação do Termo de Referência, sendo uma delas no início do processo de licenciamento e outra durante a audiência prévia.

Emissão do Termo de Referência - Uma vez obtida as informações de campo e realizada a audiência prévia, o IMA elabora minuta do Termo de Referência para os estudos ambientais e o submete à aprovação do CEPRAM, sendo o referido termo avaliado por um conselheiro relator e levado à votação em plenário durante reunião do Conselho.

Elaboração do EIA/RIMA - Após a aprovação do termo de referência, deverá o empreendedor dar início aos trabalhos de elaboração do EIA/RIMA. Destaca-se que, em caso de empreendimentos de baixo impacto, em especial as PCH's com potência instalada menor ou igual a 10 MW, poderá ser exigida a realização de estudos ambientais mais simplificados, como o Relatório Ambiental Simplificado, os quais dispensaria a realização de Audiência Pública.

Destaca-se que à semelhança do licenciamento na esfera federal, deverá o empreendedor observar a necessidade de obtenção de licenças e autorizações para as atividades de campo relacionadas a fauna, flora, ictiofauna, bem como quilombolas, áreas indígenas, patrimônio arqueológico, direitos minerários,

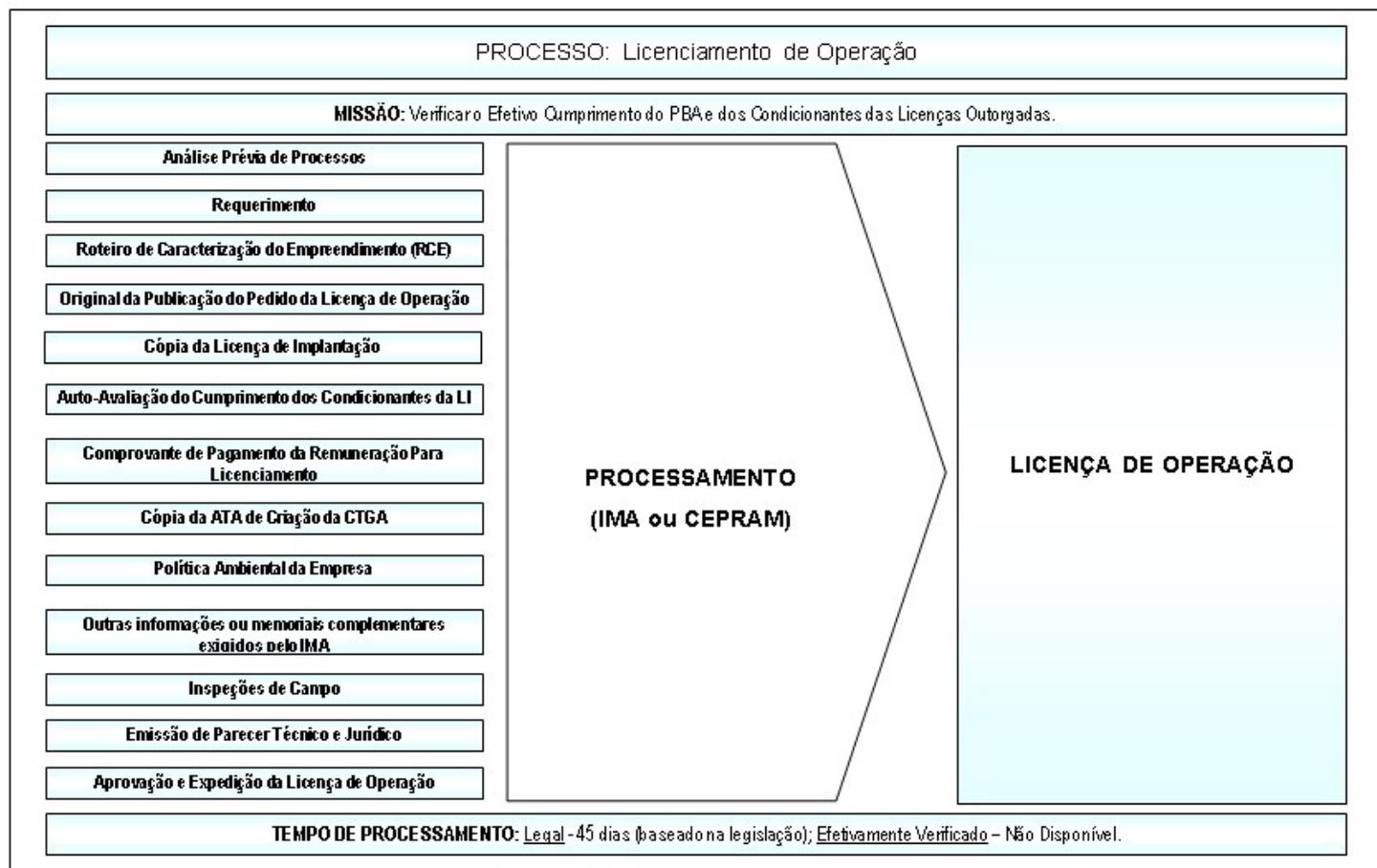


Fig. 2.28 – Mapa do Processo de Licenciamento de Operação na Bahia (IMA). Fonte: Própria.

entre outros. Concluídos os estudos, deverá o empreendedor submetê-lo à apreciação do IMA e posterior audiência pública.

Realização de Audiência Pública - Uma vez apresentados ao IMA o EIA/RIMA, deverá o órgão programar a realização de Audiência Pública, nos mesmos moldes do que já fora discutido no âmbito do licenciamento prévio junto ao IBAMA.

Emissão de Parecer Técnico e Jurídico - Uma vez concluída a análise dos estudos, deverá a DILIC expedir parecer técnico acerca do processo, sugerindo o deferimento ou o indeferimento da licença. Em seguida o processo é encaminhado à Procuradoria Jurídica para a emissão do Parecer Jurídico, o qual é juntado ao processo e encaminhado pelo Diretor de Licenciamento para o CEPRAM.

Aprovação e Expedição da Licença de Localização - Conforme estabelece a Lei Estadual n.º 10.431/06, por tratar-se de primeira licença, o processo de licenciamento é encaminhado ao CEPRAM, que é responsável pela análise e aprovação do pedido de licença. O processo é analisado por um conselheiro relator e levado a voto em plenário, e uma vez aprovado o pedido de licença, a mesma é publicada no Diário Oficial do Estado e expedida pelo IMA para o empreendedor. O mapa da Fig. 2.22 apresenta uma síntese deste processo,

Para o cálculo do tempo de processamento foi considerado os prazos legais estabelecidos pelas diversas normas consultadas e um prazo estimado de 12 meses para a elaboração do EIA/RIMA, o qual poderá ser reduzido a depender da complexidade do empreendimento. Prazos efetivamente verificados não foram apontados devido a indisponibilidade de tais informações.

2.12 Considerações acerca do Licenciamento Prévio

Seguindo as normas do Setor Elétrico, em especial a Lei n.º 10.847 de 15 de março de 2004, uma Usina Hidrelétrica somente poderá ser levada a leilão após a obtenção da competente Licença Prévia ambiental. Diante disso, uma vez obtida a LP, passa o projeto a integrar a carteira de empreendimentos a ser levado a leilão pelo governo federal através de processo coordenado pela Agência Nacional de Energia Elétrica e operacionalizado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Em se tratando de uma Pequena Central Hidrelétrica, a LP é condição necessária para a aprovação do Projeto Básico do empreendimento pela ANEEL e posterior outorga de autorização, conforme estabelece a Resolução Normativa ANEEL n.º 343, de 9 de dezembro de 2008.

2.12.1 O Processo de Licenciamento de Instalação

Uma vez obtida a Licença Prévia, deverá o empreendimento hi-

drelétrico ser submetido a leilão, se for o caso, devendo àquele que lograr-se vencedor dar continuidade ao processo de licenciamento ambiental com vistas à obtenção da Licença de Instalação e, por conseguinte, o início da construção do empreendimento.

Em se tratando de Usinas Hidrelétricas, onde nem sempre o vencedor do leilão é àquele que desenvolveu os estudos, há quase sempre uma ruptura das relações já construídas e uma perda de eficiência na retomada do processo de licenciamento.

Na etapa de licenciamento de instalação deverá o empreendedor detalhar todos os programas propostos no EIA para compensar e/ou mitigar os impactos advindos do empreendimento sob a forma de um Projeto Básico Ambiental (PBA). Estabelece ainda a Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08, a necessidade de elaboração do Plano de Compensação Ambiental e, quando couber, do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e do Inventário Florestal para emissão de autorização de supressão de vegetação, os quais, em geral, integram o próprio PBA.

De acordo com o Art. 8º, inciso II da Resolução CONAMA n.º 237/97, a Licença de Instalação “autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante”.

Diante disso, e com base no entendimento dos princípios do Licenciamento de Instalação, foi aplicado o modelo de mapeamento de processos desenvolvido por CERQUEIRA (2006), à semelhança do que foi feito para o processo de Licença Prévia, tendo sido estabelecida a missão do processo de LI.

A missão deste processo está diretamente atrelada ao detalhamento, a nível executivo, dos programas e medidas propostas no EIA, bem como àquelas estabelecidas como necessárias pelo órgão ambiental através dos condicionantes ambientais da Licença Prévia.

É nesta fase que também deverão ser desenvolvidas ações no intuito de permitir o início das obras, as quais tem certa interação com as questões ambientais e que precisam ser consideradas no planejamento da hidrelétrica, tais como: aquisição das áreas necessárias à implantação do empreendimento; regularização das jazidas; resgate arqueológico nas áreas do canteiro; obtenção de autorização de desmate para as áreas de canteiro, acessos e jazidas; obtenção de autorização de resgate de fauna e flora durante os desmates supra; entre outros.

Uma vez definida a missão do processo, à semelhança do processo de LP, partiu-se para a etapa de identificação de todas as suas entradas, o que também foi feito de maneira distinta para os licenciamentos federal e na Bahia, conforme adiante apresentado.

O Licenciamento de Instalação na Esfera Federal - O

Licenciamento de Instalação junto ao IBAMA depende de uma série de medidas por parte do empreendedor, em especial a elaboração do Projeto Básico Ambiental, do Plano de Compensação Ambiental e, quando couber, do PRAD e do Inventário Florestal, bem como a efetiva liberação da área e implantação do canteiro de obras, conforme adiante descrito.

Elaboração do Projeto Básico Ambiental (PBA) - O Projeto Básico Ambiental é constituído por uma série de programas de monitoramento, compensação e mitigação, propostos com base nos impactos identificados durante a realização da Avaliação de Impacto Ambiental e retratados no EIA. Consiste basicamente no detalhamento dos programas propostos no EIA para mitigar e/ou compensar os impactos negativos e maximizar os impactos positivos, bem como daqueles requeridos pelo IBAMA através de condicionantes da Licença Prévia, notificações ou pareceres técnicos.

As medidas propostas no EIA e que integrarão os projetos que compõem o PBA são, em geral, propostas para os meios físico, biótico e socioeconômico. Seguindo-se as diretrizes e conceitos estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 01/86, observa-se que o meio físico compreende os programas voltados para o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas. Àqueles do meio biótico ou biológico estão voltados para os ecossistemas naturais, compreendendo a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente. Já os programas do meio socioeconômico dedicam-se às questões de uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

Os programas ou projetos integrantes do PBA devem contemplar as diversas etapas do empreendimento. Segundo SUREHMA (1992):

“a elaboração de programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos deve levar em conta as diversas fases do empreendimento: pré-construção, implementação, enchimento do reservatório, operação e mesmo a desativação quando for o caso, podendo incluir também a monitoragem de acidentes e riscos.”

Objetivam ainda criar condições para que se possa atestar as previsões do EIA ao longo das etapas de monitoramento, quan-

do os impactos previstos poderão ou não ser confirmados, bem como a verificação da eficácia das medidas de controle adotadas.

Destaca-se que para a elaboração do PBA e em especial para os programas do meio biótico, à semelhança do que foi feito para a elaboração do EIA, faz-se necessário o desenvolvimento de algumas campanhas de campo, que complementarmente àquelas já realizadas, permitirão o reconhecimento da realidade local antes da implantação da hidrelétrica.

Diante disso, deve o empreendedor elaborar planos de trabalho específicos para as atividades e requerer as competentes licenças ou autorizações junto aos órgãos competentes. Além disso, deve adotar medidas para a liberação da área destinada ao empreendimento, em particular àquelas diretamente afetadas pelas obras. O Quadro 2.4 correlaciona tais atividades e aos órgãos responsáveis.

Uma vez realizado todos os trabalhos de campo e elaborado o Projeto Básico Ambiental, o Plano de Compensação Ambiental, o PRAD e o Inventário Florestal, estará o empreendedor apto a apresentá-los ao IBAMA e requerer a Licença de Instalação do empreendimento.

Este conjunto de documentos deverá ser apresentado em meio físico e digital, com cópia em formato pdf com baixa resolução, de forma a possibilitar a sua disponibilização via internet pelo IBAMA. Destaca-se que, apesar da exigência, poucos são os projetos atualmente disponibilizados pelo IBAMA em sua website.

2.12.2 Encaminhamento de Programas Específicos do PBA

Conforme estabelece a Instrução Normativa n.º 184/08 em seu Art. 29, deverá o empreendedor encaminhar os programas específicos do PBA para os órgãos federais competentes para sua avaliação. Tais programas referem-se àqueles cuja análise deve ser feita por outros organismos, a exemplo de: Programa de Resgate do patrimônio Arqueológico, que deverá ser submetido à aprovação do IPHAN; Programa de Direitos Minerários, o qual deverá ser apreciado pelo DNPM; Programa de Monitoramento de Vetores da Malária, cuja análise será feita pela FUNASA; Programa de Monitoramento de Cavernas, que deve ser apresentado ao CECAV/ICMBio; entre outros.

De acordo com o Parágrafo Único do Art. 29 supra, os órgãos federais terão um prazo de 60 (sessenta) dias para emitirem parecer acerca dos programas submetidos para análise. Observa-se assim, que, a Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08 está atribuindo responsabilidade a outros órgãos da esfera pública que não estão subordinados ao IBAMA, o que, do ponto de vista jurídico, não tem qualquer sustentação, ficando o empreendedor sujeito às incertezas no cumprimento do ora estabelecido.

Ademais, a consolidação da análise técnica do IBAMA que subsidia a expedição da Licença de Instalação dependerá da aprovação destes programas pelos órgãos competentes.

Com relação ao prazo de análise dos programas integrantes do PBA, estabelece a Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08 que o Instituto terá um prazo de setenta e cinco dias contados a partir da data de recebimento do PBA. Destaca-se que este é um prazo curto para a análise deste conjunto de programas, pois, em geral, por conta do porte e complexidade do empreendimento, faz-se necessária a realização de novas inspeções de campo e análises mais detalhadas, e, por conseguinte, maiores prazos.

Ressalta-se ainda que, em se tratando de empreendimentos situados em estados como Goiás e Minas Gerais, deve-se observar legislação específica destes que exige a realização de Programa de Assistência Social quando do licenciamento de empreendimentos hidrelétricos, o qual deverá ser avaliado por um conselho de assistência social.

Requerimento da Licença de Instalação - O requerimento de LI deverá ser preenchido via sistema SisLic, à semelhança do que foi feito para o pedido de LP. Para tanto, deverá o empreendedor acessar a página dos Serviços online e preencher o formulário.

Publicação do Pedido de Licença de Instalação - Uma vez efetivado o requerimento da Licença de Instalação, terá o empreendedor um prazo de 30 (trinta) dias para providenciar a publicação do pedido de licença em jornal de grande circulação da região onde o empreendimento será instalado e no diário oficial do Estado ou da União, conforme estabelece a Resolução CONAMA n.º 06/86. A publicação deverá ser digitalizada e remetida ao IBAMA via sistema SisLic, sendo recomendado também a protocolização de originais da publicação junto ao Instituto.

Assinatura de Termo de Compromisso Para a Compensação Ambiental - Estabelece ainda a Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08 que a emissão da Licença de Instalação depende da assinatura do Termo de Compromisso para a implantação do Plano de Compensação Ambiental, o qual deverá ter sido aprovado pela Câmara de Compensação Ambiental (CCA). Destaca-se, no entanto, que esta é uma questão polêmica, visto que não existe uma metodologia claramente definida para a definição do montante de recursos destinados à Compensação Ambiental. Face às incertezas que permeiam a questão, sugere-se que o empreendedor promova uma discussão acerca do tema junto à DILIC e CCA.

Emissão de Parecer Técnico - Uma vez concluída a análise dos estudos deverá a DILIC emitir Parecer Técnico Conclusivo sobre a instalação do empreendimento e a supressão de vegetação, quando couber. Fará parte do Parecer Técnico o correspon-

dente Parecer Jurídico, devendo o conjunto ser encaminhado à Presidência do IBAMA para subsidiar o deferimento ou não do pedido de licença. De posse do Parecer Técnico Conclusivo a Presidência do IBAMA decide se concede ou não a Licença de Instalação do empreendimento.

Recolhimento das Taxas de Licenciamento - Uma vez aprovada a licença, deverá o empreendedor recolher as taxas de licenciamento e de análise dos estudos, o que é feito a partir da emissão dos correspondentes boletos através do sistema SisLic, acessando-se os Serviços *online* no website do IBAMA.

Expedição da Licença - Uma vez recolhidas as taxas, a Licença de Instalação será emitida e disponibilizada no site do IBAMA.

Publicação da Concessão de Licença - Uma vez concedida a Licença de Instalação, deverá o empreendedor, nos termos da Resolução CONAMA n.º 006/86, providenciar, no prazo máximo de 30 (trinta) dias, a publicação da concessão da LI, enviando cópia da mesma para o IBAMA através do sistema SisLic, sendo recomendado também a protocolização de originais da publicação junto ao Instituto. Como uma síntese deste processo, veja o seu mapa na Fig. 2.24, acima.

Para o cálculo do tempo de processamento foi considerado os prazos legais estabelecidos pelas diversas normas consultadas e um prazo estimado de 8 meses para a elaboração do PBA, o qual poderá ser reduzido ou até mesmo ampliado, a depender da complexidade do empreendimento. Destaca-se que este prazo baseia-se na necessidade de realizar um conjunto de atividades de campo durante, pelo menos, seis meses, de forma a complementar as informações do EIA.

O tempo de processamento efetivamente verificado foi calculado com base nas informações disponíveis no website do IBAMA, consultadas no final de novembro de 2008, e representam um universo de 19 (dezenove) empreendimentos hidrelétricos pesquisados, entre UHE's e PCH's.

2.12.3 O Licenciamento Instalação na Bahia (Licenciamento de Implantação)

Para o Licenciamento de Implantação na Bahia também se faz necessária a realização da Análise Prévia de Processos, para a posterior instauração do processo administrativo. O mapeamento deste processo também foi realizado com base na Resolução CEPRAM n.º 2.983/02.

Análise Prévia de Processos - Conforme já descrito, a Análise Prévia de Processos consiste no preenchimento de um formulário de análise com informações básicas do empreendimento. Para a etapa de LI, deverá ser preenchido novo formulário de Análise Prévia, mantidas todas as informações já apresen-

tadas na Análise Prévia elaborada para a LL, alterando-se apenas a indicação do tipo de requerimento (Licença de Implantação). O novo formulário deverá ser submetido ao IMA para fins de identificação da documentação necessária à instrução do processo de licenciamento ambiental, conforme já descrito na etapa anterior. Adiante se encontra listada a documentação que geralmente é requerida pelo Instituto para o Licenciamento de Implantação de empreendimentos hidrelétricos, podendo esta variar a depender das particularidades do projeto.

A relação de documentos assinalados indica mais uma vez que o IMA vem adotando a prerrogativa de requerer documentação complementar que o Instituto julgue necessário para a instrução do processo, indo além do que estabelece a Resolução CEPRAM n.º 2.983/02, a qual estabelece a documentação necessária ao licenciamento ambiental na Bahia.

Requerimento - Para a instrução do processo de LI deverá o empreendedor preencher formulário de requerimento, o qual se encontra disponível no website do SEIA e nos postos de atendimento do IMA. Conforme já descrito, neste formulário são apresentadas informações acerca do requerente, objeto do requerimento (neste caso a LI), empreendimento, contato, endereço para correspondências, licenças anteriores (neste caso a LL), descrição da solicitação, entre outras.

Roteiro de Caracterização do Empreendimento (RCE)

- Deve-se reapresentar o mesmo Roteiro de Caracterização do Empreendimento já apresentado na etapa de LL. Caso tenha ocorrido alguma mudança no projeto ou alteração de tecnologia, o RCE deverá ser atualizado.

Original da Publicação do Pedido da Licença de Implantação - Para a instrução do processo de LI, faz-se necessário apresentar o original da publicação do pedido de licença em jornal de grande circulação. Esta publicação deverá ser feita em conformidade com modelo aprovado pelo antigo CRA, atual IMA, de forma semelhante à publicação de LL.

Cópia da Licença de Localização - Deverá ser apresentada cópia da licença ambiental anteriormente concedida no processo de licenciamento ambiental, neste caso a LL.

Autoavaliação do Cumprimento dos Condicionantes da LL - A Autoavaliação do Cumprimento dos Condicionantes da LL corresponde a um relatório descritivo com indicação de todas as ações implementadas no âmbito da Licença de Localização, devendo integrá-lo ainda os programas ambientais detalhados no Projeto Básico Ambiental, o qual deverá ser elaborado com base na avaliação de impactos ambientais e no EIA. Destaca-se que à semelhança do processo na esfera federal, faz-se necessário observar a necessidade de licenças e autorizações para a execução de atividades específicas para a elaboração do PBA, tais como: fauna; flora; ictiofauna; patrimônio arqueológico; ca-

vernas; entre outros.

Comprovante de Pagamento da Remuneração Para Licenciamento - A formalização do processo de licenciamento de implantação depende do recolhimento da taxa de licenciamento, a qual é calculada com base no enquadramento do empreendimento. Para este enquadramento e conforme já detalhado, aplicam-se os Anexos III e IV do Decreto Estadual n.º 11.235 de 10 de outubro de 2008. Para LI os valores da remuneração são:

Tipo do Processo	Porte do Empreendimento				
	Micro	Pequeno	Médio	Grande	Excepcional
LI	500,00	1.500,00	3.000,00	6.000,00	9.000,00

À semelhança do processo de LL, para o recolhimento da remuneração deverá ser emitido pelo IMA o boleto de pagamento, o que somente é feito quando da apresentação por parte do empreendedor de, pelo menos, 50% (cinquenta por cento) da documentação indicada como necessária para a instrução do processo no formulário de análise prévia.

Parecer Técnico de Disponibilidade Hídrica - Deverá ser obtido junto ao órgão gestor de recursos hídricos Parecer Técnico de Disponibilidade Hídrica. Na Bahia este parecer deverá ser obtido junto ao INGÀ, e corresponde à Reserva de Disponibilidade Hídrica (RDH) necessária para a avaliação do Projeto Básico por parte da ANEEL. Destaca-se que a legislação vigente imputa à ANEEL a responsabilidade pela obtenção da RDH, devendo, portanto, o empreendedor fazer gestão junto à Agência e ao órgão gestor de recursos hídricos para a sua obtenção.

Outorga Para Execução de Obras - Face às alterações no regime dos recursos hídricos provocadas pela construção do barramento e estruturas do circuito de geração, deverá ser também obtida junto ao órgão gestor dos recursos hídricos (INGÀ) outorga para a execução de obras.

Outorga Para Extração Mineral - Caso se faça necessário a extração mineral ou de outros materiais em leitos ou margens de mananciais, com ou sem derivação de águas, faz-se necessária a obtenção de outorga também emitida pelo órgão gestor dos recursos hídricos (INGÀ). Esta situação poderá ocorrer caso haja necessidade de extração de areia para concreto no leito do rio, por exemplo.

Autorização de Supressão de Vegetação e Certidão de Averbação de Reserva Legal - Para a obtenção da LI faz-se necessário obter a Autorização de Supressão de Vegetação (ASV) para as áreas de canteiro de obras e infraestruturas de acesso. Para a obtenção da referida ASV faz-se necessário proceder a averbação da reserva legal da propriedade em cartório, confor-

me estabelece o Código Florestal Brasileiro, obtendo-se assim a Certidão de Averbação de Reserva Legal, também necessária à instrução do processo de LI. Conforme já discutido, este processo fica atualmente a cargo da Diretoria de Florestas do próprio IMA, e para a sua instrução, faz-se necessário a comprovação de que o empreendedor detém a posse da área.

Laudo do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional - Face à competência do IPHAN para deliberar acerca do patrimônio histórico, deverá ser elaborado trabalho de diagnóstico, prospecção e resgate arqueológico na área de canteiro e acessos, se necessário, devendo, portanto, o empreendedor instruir processo específico no Instituto de forma a se obter o laudo requerido. Destaca-se que nenhuma atividade de campo no âmbito do patrimônio histórico poderá ser elaborada sem a prévia autorização do IPHAN.

2.12.4 Outras informações ou memoriais complementares exigidos pelo IMA

Conforme já descrito, enquadra o rol de informações ou memoriais ora descritos, todas as exigências do IMA não regulamentadas, como boa parte daquelas integrantes da relação apresentada na Análise Prévia de Processos, bem como àquelas que o Instituto julgue necessário. Uma vez apresentada toda a documentação anteriormente listada o processo de licenciamento de implantação é aberto, devendo o IMA proceder a análise dos programas ambientais propostos através do PBA, os quais uma vez aprovados, permitirão a concessão da respectiva LI.

Inspeções de Campo - Se necessário poderão ser realizadas novas inspeções de campo por parte do IMA antes da aprovação do PBA e concessão da LI.

Emissão de Parecer Técnico e Jurídico - Uma vez concluída a análise dos documentos apresentado no processo de LI, em especial do PBA, deverá a DILIC expedir parecer técnico acerca do processo, sugerindo o deferimento ou o indeferimento da licença. Em seguida o processo é encaminhado à Procuradoria Jurídica para a emissão do Parecer Jurídico, o qual é juntado ao processo e encaminhado à Diretoria Geral do IMA para fins de aprovação ou não do pedido de LI.

Aprovação e Expedição da Licença de Implantação - Conforme estabelece a Lei Estadual n.º 10.431/06, a LI deverá ser concedida pelo próprio IMA, salvo caso esta corresponda à primeira licença do empreendimento, quando deverá ser apreciada pelo CEPRAM. Com isso, uma vez aprovada a concessão da Licença de Implantação, deverá a Diretoria Geral do IMA publicar extrato de concessão de licença no Diário Oficial do Estado e expedir o Certificado de LI para o empreendedor. Como uma síntese deste processo, encontra-se adiante apresentado o seu mapa (**Fig. 2.25**).

O tempo de processamento foi obtido com base nos prazos legais estabelecidos pelas diversas normas consultadas e um prazo estimado de 8 meses para a elaboração do PBA, o qual poderá ser reduzido ou até mesmo ampliado, a depender da complexidade do empreendimento. Destaca-se que este prazo baseia-se na necessidade de realizar um conjunto de atividades de campo durante, pelo menos, seis meses, de forma a complementar as informações do EIA. O tempo de processamento efetivamente verificado não foi apresentado devido à falta de informações disponíveis acerca do tema.

2.12.5 Processo De Licenciamento de Operação

Após a concessão da Licença de Instalação da hidrelétrica deverá o empreendedor dar início às obras de construção e a execução dos programas ambientais integrantes do PBA, do Plano de Compensação Ambiental, do PRAD e implementação das medidas compensatórias e condicionantes da LI. Destaca-se que as atividades relacionadas às obras dependem diretamente da adoção de algumas medidas de controle ambiental, em especial a realização dos desmates das áreas de canteiro, acessos, jazidas, bem como o resgate de fauna e flora, quase sempre necessárias para a implantação de empreendimentos hidrelétricos.

Todas as ações implementadas pelo empreendedor no decorrer das obras são avaliadas pelo órgão licenciador durante a fase de Licenciamento de Operação, o qual, de acordo com a Resolução CONAMA n.º 237/97, consiste na verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação do empreendimento. Aplicando-se a este processo o modelo de mapeamento desenvolvido por CERQUEIRA (2006), já caracterizado nos processos anteriores foi estabelecida a missão do processo de LO.

A missão do processo de LO é atestar que todas as medidas propostas e estabelecidas nos processos anteriores do licenciamento ambiental (localização e instalação) foram efetivamente implementadas e que os impactos ambientais provocados pelo empreendimento tenham sido mitigados e/ou compensados, o que possibilitará o início da operação do empreendimento.

Uma vez definida a missão do processo, à semelhança dos anteriormente descritos, partiu-se para a etapa de identificação de todas as suas entradas, o que também foi feito de maneira distinta para os licenciamentos federal e na Bahia, conforme adiante apresentado.

O Licenciamento de Operação na Esfera Federal - O Licenciamento de Operação junto ao IBAMA está atrelado à adoção, por parte do empreendedor, das medidas de controle ambiental estabelecidas nas etapas anteriores do licenciamento, conforme adiante descrito.

Relatórios de Execução dos Planos e Programas Integrantes do PBA - Em geral o IBAMA condiciona na Licença de Instalação a periodicidade com que o empreendedor deverá remeter relatórios de acompanhamento da execução das medidas estabelecidas e dos programas e projetos ambientais integrantes do PBA, tendo esta, na grande maioria dos empreendimentos hidrelétricos, frequência trimestral. Não existe uma regulamentação específica acerca do conteúdo destes relatórios, mas sugere-se que o mesmo apresente, pelo menos, a descrição de todas as atividades executadas ao longo do período, anexando a este relatório dos monitoramentos executados, fotografias, descrição do avanço físico das obras, avanço dos cronogramas físicos das obras e dos programas, cópia de toda a documentação de interesse ambiental do empreendimento gerada no período, tais como atas de reuniões com comunidades, Organizações Não Governamentais (ONG's), entre outros.

Além dos relatórios de acompanhamento, quando do requerimento da Licença de Operação o empreendedor deverá gerar o Relatório Final de Implantação dos Programas Ambientais, consolidando todas as informações geradas nos mais diversos programas desenvolvidos durante a etapa de implantação do empreendimento, fazendo um balanço da eficácia das ações implementadas.

A Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08 estabelece um prazo de 45 (quarenta e cinco) dias para a avaliação técnica dos relatórios, sendo recomendado, no entanto, que os mesmos sejam gerados e apresentados ao IBAMA, juntamente com o requerimento de LO (adiante descrito) com uma antecedência de 6 (seis) meses do prazo pretendido para a entrada em operação da hidrelétrica.

Relatório de Supressão de Vegetação - À semelhança dos relatórios de acompanhamento do PBA, deverá o empreendedor gerar relatórios de acompanhamento das atividades de desmate, sempre que esta ocorrer em períodos mais longos. Senão, deverá gerar apenas o relatório final de execução de tais atividades. Uma recomendação importante é a adoção, sempre que possível, do desmate por etapas, que consiste na realização do mesmo à medida que as obras avançam e que suas frentes de serviço demandem a liberação de novas áreas, o que, diferentemente do desmate tradicional, reduz impactos sobre a fauna e custos com tratamento de erosões.

Esta técnica foi utilizada na hidrelétrica de Itapebi com muito sucesso, tendo sido, inclusive, responsável pela mudança da localização da central de concreto, já que no decorrer da obra identificou-se uma área mais adequada para a estrutura, a qual estava prevista para ser instalada em um trecho de mata, a qual certamente teria sido completamente desmatada caso não tivesse sido utilizado o desmate por etapas.

Plano de Uso do Entorno do Reservatório (PACUERA)

- O Plano de Uso do Entorno do Reservatório é uma exigência legal e consiste no estabelecimento do zoneamento ambiental do reservatório. A sua elaboração depende da expedição de Termo de Referência por parte do IBAMA, devendo o empreendedor, portanto, fazer gestões junto ao Instituto para a sua expedição.

O zoneamento ambiental da área do futuro reservatório, a ser desenvolvido no âmbito do PACUERA, deverá levar em consideração o resultado dos monitoramentos executados. É, inclusive, tecnicamente recomendável a consideração dos resultados do primeiro monitoramento da fase reservatório, o que legalmente não é possível face à exigência do IBAMA de apresentação do PACUERA antes da entrada em operação do empreendimento.

Além disso, deverá o PACUERA ser submetido à apreciação da sociedade mediante audiência pública, para a qual deverá ser convocada as principais autoridades municipais da área diretamente afetada e o ministério público.

Diante da exigência de apresentação do PACUERA para o requerimento da LO, cujo prazo de elaboração varia entre dois e quatro meses, recomenda-se a sua elaboração apenas na etapa final de implantação do empreendimento.

Requerimento da Licença de Operação - O requerimento de LO também deverá ser preenchido via sistema SisLic, à semelhança do que foi feito para os pedidos de LP e LI. Deverá o empreendedor, portanto, acessar a página dos Serviços on line e preencher o formulário. Destaca-se que o requerimento somente poderá ser preenchido e remetido ao IBAMA após a apresentação dos relatórios finais de execução dos programas ambientais e de supressão de vegetação e do PACUERA.

Publicação do Pedido de Licença de Operação - Após a efetivação do requerimento da Licença de Operação, terá o empreendedor um prazo de 30 (trinta) dias para providenciar a publicação do pedido de licença em jornal de grande circulação da região onde o empreendimento será instalado e no diário oficial do Estado ou da União, conforme estabelece a Resolução CONAMA n.º 06/86. A publicação deverá ser digitalizada e remetida ao IBAMA via sistema SisLic, sendo recomendado também a protocolização de originais da publicação junto ao Instituto.

Emissão de Parecer Técnico - Uma vez concluída a análise dos relatórios e do PACUERA, deverá a DILIC emitir Parecer Técnico Conclusivo sobre a eficácia dos estudos realizados, recomendando ou não a liberação do empreendimento para operação comercial. Fará parte do Parecer Técnico o correspondente Parecer Jurídico, devendo o conjunto ser encaminhado à Presidência do IBAMA para subsidiar o deferimento ou não do pedido de licença. De posse do Parecer Técnico Conclusivo a Presidência do IBAMA decide se concede ou não a Licença de

Operação do empreendimento.

Recolhimento das Taxas de Licenciamento - Uma vez aprovada a licença, deverá o empreendedor recolher as taxas de licenciamento e de análise dos estudos, conforme já descrito nos processos anteriores, o que é feito a partir da emissão dos correspondentes boletos através do sistema SisLic, acessando-se os Serviços on line no web-site do IBAMA.

Expedição da Licença - Uma vez recolhidas as taxas, a Licença de Operação será emitida e disponibilizada no site do IBAMA.

Publicação da Concessão de Licença - Após a concessão da Licença de Operação o empreendedor terá um prazo máximo de 30 (trinta) dias para promover a publicação de sua concessão em jornais de grande circulação e diário oficial, conforme estabelece a Resolução CONAMA n.º 006/86, devendo ser enviada cópia da mesma para o IBAMA através do sistema SisLic, sendo recomendado também a protocolização de originais da publicação junto ao Instituto. Uma síntese do processo de LO encontra-se apresentado no mapa ao lado (Fig. 2.27:

Para o cálculo do tempo de processamento foi considerado o prazo legal de análise dos relatórios, conforme estabelece a Instrução Normativa IBAMA n.º 184/08, de 45 (quarenta e cinco) dias. Destaca-se que este prazo não considera o prazo de elaboração dos relatórios e do PACUERA, que variam de 1 (um) a 2 (dois) meses e de 2 (dois) a 4 (quatro) meses, respectivamente.

O tempo de processamento efetivamente verificado não foi informado devido à falta de informações acerca das datas de formalização dos processos de LO, as quais não se encontram disponíveis no web-site do IBAMA.

2.12.6 O Licenciamento de Operação na Bahia

À semelhança das etapas anteriores, o Licenciamento de Operação junto ao IMA requer a realização da Análise Prévia de Processos, para a posterior instauração do processo administrativo. O mapeamento deste também foi realizado com base na Resolução CEPRAM n.º 2.983/02.

Análise Prévia de Processos - A Análise Prévia de Processos consiste no preenchimento de um formulário de análise com informações básicas do empreendimento. Para a etapa de LO, deverá ser preenchido novo formulário de Análise Prévia, mantidas todas as informações já apresentadas nas Análises Prévias elaboradas para a LL e LI, alterando-se apenas a indicação do tipo de requerimento (Licença de Operação). O novo formulário deverá ser submetido ao IMA para fins de identificação da documentação necessária à instrução do processo de licenciamento ambiental, conforme já descrito nas etapas anteriores.

O Quadro 2.7 apresenta uma lista da documentação que geralmente é requerida pelo Instituto para o Licenciamento de Operação de empreendimentos hidrelétricos, podendo esta variar a depender das particularidades do projeto.

Requerimento - Para a instrução do processo de LO, à semelhança dos processos anteriores, deverá o empreendedor preencher formulário de requerimento, o qual se encontra disponível no website do SEIA e nos postos de atendimento do IMA. Conforme já descrito, neste formulário são apresentadas informações acerca do requerente, objeto do requerimento (neste caso a LO), empreendimento, contato, endereço para correspondências, licenças anteriores (neste caso a LL e a LI), descrição da solicitação, entre outras.

Roteiro de Caracterização do Empreendimento (RCE) - Deve-se reapresentar o mesmo Roteiro de Caracterização do Empreendimento já apresentado na etapa de LI. Caso tenha ocorrido alguma mudança no projeto ou alteração de tecnologia, o RCE deverá ser atualizado.

Original da Publicação do Pedido da Licença de Operação - Para a instrução do processo de LO, faz-se necessário apresentar o original da publicação do pedido de licença em jornal de grande circulação. Esta publicação deverá ser feita em conformidade com modelo aprovado pelo antigo CRA, atual IMA, de forma semelhante às publicações de LL e LI.

Cópia da Licença de Implantação - Deverá ser apresentada cópia da licença ambiental anteriormente concedida no processo de licenciamento ambiental, neste caso a LI.

Autoavaliação do Cumprimento dos Condicionantes da LI - A Autoavaliação do Cumprimento dos Condicionantes da LI corresponde a um relatório descritivo com indicação de todas as ações implementadas no âmbito da Licença de Implantação, devendo integrá-lo ainda os relatórios de execução dos programas ambientais detalhados no Projeto Básico Ambiental. Em geral é condicionada na LI a apresentação de relatórios de acompanhamento da execução dos programas ambientais integrantes do PBA, os quais devem ser consolidados no relatório de Autoavaliação do Cumprimento dos Condicionantes da LI.

Comprovante de Pagamento da Remuneração Para Licenciamento - À semelhança das etapas anteriores a formalização do processo de licenciamento de operação depende do recolhimento da taxa de licenciamento, a qual é calculada com base no enquadramento do empreendimento. Para este enquadramento e conforme já detalhado, aplicam-se os Anexos III e IV do Decreto Estadual n.º 11.235 de 10 de outubro de 2008. Para LO os valores da remuneração são:

Tipo do Processo	Porte do Empreendimento				
	Micro	Pequeno	Médio	Grande	Excepcional
LO	500,00	1.000,00	2.000,00	5.000,00	8.000,00

À semelhança das etapas anteriores, para o recolhimento da remuneração deverá ser emitido pelo IMA o boleto de pagamento, o que somente é feito quando da apresentação por parte do empreendedor de, pelo menos, 50% (cinquenta por cento) da documentação indicada como necessária para a instrução do processo no formulário de análise prévia.

Cópia da Ata de Criação da CTGA - A Comissão Técnica de Garantia Ambiental (CTGA) foi instituída através da Lei Estadual n.º 7.799/01 como uma das ferramentas para o autocontrole ambiental. Atualmente encontra-se fundamentada na Lei Estadual n.º 10.431/08, a qual estabelece que:

“Art. 55 - Para a implementação do autocontrole ambiental deverá ser constituída nas instituições públicas e privadas a Comissão Técnica de Garantia Ambiental – CTGA, com o objetivo de coordenar, executar, acompanhar, avaliar e pronunciar-se sobre os programas, planos, projetos, empreendimentos e atividades potencialmente degradadoras desenvolvidas no âmbito de sua área de atuação.”

A CTGA representa um avanço na gestão ambiental da Bahia, funcionando como uma espécie de CIPA Ambiental.

Para o licenciamento de operação deverá ser apresentado ao IMA cópia da Ata de criação da CTGA, devidamente registrada no Cartório de Títulos e Documentos da Comarca onde a empresa estiver localizada, acompanhado do Regimento Interno e Plano de Trabalho, bem como do currículo e ART ou equivalente do seu coordenador.

Política Ambiental da Empresa - Outro avanço na gestão ambiental da Bahia é a solicitação de que, para a operação de empreendimentos de médio e grande porte, seja instituída pela empresa uma Política Ambiental, a qual figura-se também como uma ferramenta para o autocontrole ambiental.

Esta política deverá ser concebida de maneira similar àquela instituída através de Sistemas de Gestão Ambiental, em especial a partir da ISO 14.001, e encontra-se regulamentada pelo Decreto Estadual n.º 11.235/08, o qual estabelece que:

“Art. 138 - As organizações com atividades sujeitas ao sistema de licenciamento ambiental, excetuando-se as de micro e pequeno porte, deverão formular a sua política ambiental, em documento específico, que reflita o comprometimento corporativo no que se refere ao atendimento às

leis aplicáveis e à melhoria contínua, expressando suas intenções e princípios em relação ao desempenho ambiental da atividade.

§ 1º - Para a formulação da política ambiental, a organização terá como bases:

I - comprometimento da alta administração;

II - atendimento aos requisitos legais;

III - melhoria contínua e prevenção;

IV - comunicação com as partes interessadas;

V - estabelecimento dos objetivos e metas ambientais.

§ 2º - A política ambiental deverá ser amplamente divulgada, interna e externamente.

§ 3º - Quando do requerimento de Licença de Operação e de sua renovação, a organização deverá apresentar ao IMA o documento contendo a sua política ambiental, que integrará o processo de licenciamento, dando-lhe divulgação na imprensa escrita do Estado da Bahia.

Assim, para a instrução do processo de LO, faz-se necessária a apresentação de declaração da Política Ambiental da empresa, estabelecida pela alta administração, devidamente divulgada, na imprensa escrita do Estado da Bahia;

Outras informações ou memoriais complementares exigidos pelo IMA - Conforme já descrito, enquadra o rol de informações ou memoriais ora descritos, todas as exigências do IMA não regulamentadas, como boa parte daquelas integrantes da relação apresentada na Análise Prévia de Processos, bem como àquelas que o Instituto julgue necessário. Uma vez apresentada toda a documentação anteriormente listada o processo de licenciamento de operação será aberto, devendo o IMA proceder a análise dos relatórios e documentos apresentados, os quais uma vez aprovados, permitirão a concessão da respectiva LO.

Inspeções de Campo - No decurso da implantação do empreendimento deverão ser realizadas inspeções de campo para acompanhamento das ações propostas no PBA, devendo ser realizada uma inspeção no final da etapa de implantação, de forma a subsidiar a emissão do parecer técnico relativo ao pedido de LO.

Emissão de Parecer Técnico e Jurídico - Uma vez concluída a análise dos documentos apresentado no processo de LO, em especial os relatórios de execução dos programas integrantes do PBA, deverá a DILIC expedir parecer técnico acerca do processo, sugerindo o deferimento ou o indeferimento da licença de operação. Em seguida o processo é encaminhado à Procuradoria Jurídica para a emissão do Parecer Jurídico, o qual é juntado ao processo e encaminhado à Diretoria Geral do IMA para fins de aprovação ou não do pedido de LO.

Aprovação e Expedição da Licença de Implantação - Conforme estabelece a Lei Estadual n.º 10.431/06, a LO deverá ser concedida pelo próprio IMA, salvo caso esta corresponda à primeira licença do empreendimento, quando deverá ser apreciada pelo CEPRAM. Com isso, uma vez aprovada a concessão da Licença de Operação, deverá a Diretoria Geral do IMA publicar extrato de concessão de licença no Diário Oficial do Estado e expedir o Certificado de LO para o empreendedor, autorizando-o a encher o reservatório, proceder os testes necessários e iniciar a operação comercial da hidrelétrica. Como uma síntese deste processo, encontra-se adiante apresentado no mapa da Fig. 2.28.

O tempo de processamento foi obtido com base nos prazos legais estabelecidos pelas diversas normas consultadas, o qual é relativamente curto, sendo recomendada assim a formalização do mesmo com, pelo menos, 4 (quatro) meses de antecedência da data pretendida para a obtenção da LO. O tempo de processamento efetivamente verificado não foi apresentado devido à falta de informações disponíveis acerca do tema.

2.13 Conclusões

O licenciamento ambiental de hidrelétricas no Brasil apresentou grandes avanços desde a aprovação da Lei n.º 6.938/81, a qual representou o marco zero do licenciamento ambiental no Brasil. Este avanço, no entanto, se esbarra atualmente na falta de políticas de planejamento e de integração entre os diversos órgãos envolvidos no processo de licenciamento ambiental.

Apesar da legislação estabelecer prazos compatíveis com o planejamento energético, os prazos efetivamente verificados para a análise dos processos e concessão das licenças são quase sempre dilatados, os estudos e documentos apresentados para a instrução dos processos são, em geral, incompletos, e os empreendedores nem sempre conhecem as exigências estabelecidas na vasta legislação que rege a ciência ambiental em nosso país. Tudo isso, associado à falta de estrutura dos organismos licenciadores nas mais diversas esferas, tem levado a atrasos na implantação de empreendimentos considerados estratégicos para o crescimento do país, como àqueles de geração de energia.

A partir de levantamento de dados feito junto ao sistema de licenciamento ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, o qual é disponibilizado pela internet, pode-se verificar que desde a abertura de um processo de Hidrelétrica, passando pela elaboração e aprovação de termo de referência, apresentação do correspondente EIA/RIMA, análise técnica por parte do órgão ambiental, realização de audiências públicas, realização de estudos complementares e expedição da Licença Prévia, vem sendo despendido em média

1.007 dias, ou seja, pouco mais de dois anos e nove meses.

Para projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, que face às suas características de menor impacto espera-se uma maior agilidade no processo de licenciamento, este tempo tem sido ainda maior, ficando em cerca de 1.111 dias, portanto, mais de três anos.

Outra constatação é a baixa qualidade dos estudos ambientais, sendo recomendável o estabelecimento de algum critério de avaliação da qualificação técnica dos seus elaboradores como requisito mínimo para a sua aceitação por parte do órgão ambiental. O setor elétrico já adota largamente este tipo de exigência, podendo servir de benchmarking pelo licenciamento ambiental.

Com relação ao licenciamento ambiental na Bahia, constatou-se que houve um retrocesso nos últimos anos devido à falta de informações, anteriormente disponibilizadas via internet através do sistema Cerberus. Uma prova deste retrocesso é a perda do certificado ISO 9.001 para o licenciamento ambiental no Estado, vencido desde 2007. Além da falta de informação e da perda da certificação, o órgão ambiental do estado encontra-se em processo de reestruturação, o que, num primeiro momento, tem dificultado ainda mais o andamento dos processos, mas há expectativa de que a unificação das atividades de cunho florestal no próprio IMA venha a facilitá-lo.

Constatou-se também a necessidade de regulamentar a integração entre os diversos órgãos participantes do processo de licenciamento, em especial quanto às responsabilidades e prazos, através de Lei, já que o tema é atualmente objeto de Instrução Normativa do IBAMA, o qual não tem ascensão sobre outros órgãos da esfera pública para a definição de prazos e atribuições.

Ainda com relação aos aspectos legais, resta patente uma melhor definição quanto às competências para o licenciamento ambiental no Brasil, sendo imprescindível a regulamentação do artigo 23, inciso VI, da Constituição Federal de 1988.

Além disso, com a declaração de inconstitucionalidade parcial do Art. 36 da Lei n.º 9.985/00, o qual estabelecia o percentual mínimo para a compensação ambiental, e da falta de regras para o seu cálculo, esta passou a ser uma componente de difícil quantificação pelos investidores.

Por fim, pode-se constatar que todos estes problemas, associados àqueles já existentes no setor elétrico, criam barreiras e desestimulam investimentos, sendo necessário superá-las para atrair novos investidores para este importante mercado, o que passa necessariamente por uma reformulação do marco regulatório ambiental atualmente vigente no Brasil.

Referências

- _____. Apenas um canteiro de obras para construir três PCH's. Matéria Publicada na Edição n.º 464 da Revista "O Empreiteiro", datada de 11 de Jun. de 2008. Disponível em: <http://www.oempreiteiro.com.br>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2009.
- ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2ª Ed. Brasília: ANEEL, 2005. 243 p.
- ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. 3ª Ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p.
- ANEEL. Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas – Situação em 11 de fevereiro de 2009. Superintendência de Gestão e Estudos Hidroenergéticos (SGH). Brasília, DF: ANEEL, 2009. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 13 de Fev. de 2009.
- ANEEL. Website: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em 12/12/2008.
- BRAGA, João Damásio. Legislação, Energia e Meio Ambiente: evolução histórica e seus reflexos na gestão ambiental. Apresentação da 4ª Reunião do Comitê Jurídico Tributário da Associação Brasileira de Concessionárias de energia Elétrica. ABCE, 2004. Disponível em: <http://www.abce.locaweb.com.br>. Acessado em: 14/02/2009.
- CEMIG. Website: <http://www.cemig.com.br>. Acesso em 14/02/2009.
- CERQUEIRA, Jorge Pedreira de. Sistemas de Gestão Integrados: ISO 9.001, NBR 16.001, OHSAS 18.001, SA 8.000: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2006. 516p.
- ELETOBRAS. Website: <http://www.eletobras.com.br>. Acesso em 13/01/2009.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2008. 244 p.
- EPE. O Plano Nacional de Energia – PNE 2030. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2007. 408 P.
- GOMES, Antonio Claret S., ABARCA, Carlos David G., FÁRIA, Eliada Antonietas S. T., FERNANDES, Heloisa Helena de O. O Setor Elétrico. Livro Setorial do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. BNDES, 2002. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br>. Acesso em: 21 de dezembro de 2008.
- IBAMA. Ibama em Números. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/>. Acesso em: 13/02/2009.
- IBAMA. Parecer Técnico N° 88/2007 – COHID/CGENE/DI-LIC/IBAMA. Checagem do atendimento ao Termo de Referência do EIA/RIMA do AHE Ribeiro Gonçalves encaminhado ao IBAMA em 06/03/07. Brasília, 06 de dezembro de 2007. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/>. Acessado em: 14/02/2009.
- JURAN. J. M. A qualidade desde o projeto. Editora Pioneira. 1992.
- MARTINS, Juliana Xavier Fernandes. A Importância dos Princípios Constitucionais Ambientais na Efetivação da Proteção do Meio Ambiente. Revista Científica ANAP Brasil. Ano I, n.º 01. Pg 34-52.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas. Rio de Janeiro, RJ. CEPEL/MMA, 2007. 684p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica. Brasília, DF. MMA, 2006. 302p.
- MME. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas. Ministério de Minas e Energia. Edição 2007. Brasília: MME, 2007. 686p.
- NASCIMENTO, Luana de Almeida e MADIO, Telma C. de Carvalho. Identificação da Série "Obras da Serra" – 1925 a 1962 – Fundo Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo S/A. Anais do XI Encontro Nacional dos Estudantes de Arquivologia. Salvador, julho de 2008. 8 p. Disponível em: <http://www.eneaq2008.ufba.br/>. Acesso em: 14/02/2009.
- TOLMASQUIM, Maurício Tiomno (Coord.). A Questão Socioambiental no Planejamento da Expansão da Oferta de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2006. 238 p.
- TOLMASQUIM, Maurício Tiomno (Coord.). Geração de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Interciência/CE-ENERGIA, 2005. 198 p.
- VALLE, Cyro Eyer do. Qualidade ambiental. ISO 14000. 5ª Edição. São Paulo, SP: SENAC, 2006. 138p.
- Website: <http://dnr.wi.gov/org/water/wm/dsfm/dams/gallery.html>. Acesso em 13/01/2009.
- Website: <http://www.fozdochapeco.com.br>. Acesso em 13/01/2009.
- WEC. 2007 Survey of Energy Resources. World Energy Council. WEC, 2007. 600p.
- WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Ferramentas Estatísticas Básicas Para o Gerenciamento de Processos. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 404p (Série Ferramentas da Qualidade). Vol. II.

Data: 03 de Dezembro de 2014

Parte II - Resíduos Sólidos



Apresentação

A geração de impactos ambientais ocorridos em 56 municípios do Estado da Bahia, realidade vivenciada no dia-a-dia de trabalho, retrata o tratamento inadequado e precário que vem sendo dado aos Resíduos Sólidos Urbanos pelo governo estadual, prefeituras e União, demonstrando a necessidade de ações governamentais e da sociedade civil organizada para modificar tal realidade.

O descarte de resíduos sólidos no meio ambiente e os passivos ambientais deixados pelos vazadouros a céu aberto ou “lixões”, representam o tema geral desta pesquisa. A ausência de programas eficazes de gestão de resíduos sólidos faz com que cada vez mais resíduos sejam gerados, sem que haja uma correta utilização desses materiais ou disposição final ambientalmente adequada. Essa ausência de programas eficazes proporciona um passivo ambiental, com poluição dos lençóis freáticos, cursos d’água, solo e vegetação; atraindo vetores (moscas, baratas) e animais peçonhentos, comprometendo a qualidade ambiental dos sítios e, por consequência, a qualidade de vida das futuras gerações.

Em 2010, foi promulgada a Lei nº 12.305/2010 com objetivo de estabelecer legalmente uma Política Nacional de Resíduos Sólidos e a adequação de políticas públicas para que estimulasse o descarte consciente e planejado, bem como a acumulação adequada de resíduos sólidos, atribuindo responsabilidade compartilhada aos governos, sociedade civil organizada e empresas. Neste caso, até então, pouco se avançou.

Deste modo, uma das políticas públicas que poderia ser inserida como medida contingencial ao descarte inadequado seria o incentivo socioeconômico às atividades relacionadas à coleta seletiva e a reciclagem. Essas atividades são determinantes para o cumprimento da legislação vigente da PNRS.

Há um longo caminho a percorrer na questão de saneamento com “marco do saneamento” no componente resíduos sólidos não só na Bahia, mas também em todos Brasil. Partindo deste ponto, independente da origem, os resíduos sólidos, por seu efeito poluidor, devem receber manejo e destino ambiental e sanitário seguros. Esses destinos ambientais e sanitário seguros estão configurados na Lei de Saneamento Básico nº 11.445/07 e na Política Nacional de Resíduos Sólidos nº 12.305/10.

Por sua vez, a PNRS ao preocupar-se em englobar todos os tipos de resíduos sólidos gerados, definiu estratégias, organizações logísticas, princípios e instrumentos para sua implantação. Ainda assim, no entanto, a maioria desses avanços da legislação, diante de todos os desafios impostos, não conseguiu, até então, desfecho ou resultado significativo na redução dos impactos ambientais.

Essa materialização da lei, reduzindo impactos, representaria a distribuição dos rejeitos em aterros sanitários, que por sua vez implantaria circunstâncias de controle dos impactos ambientais, as quais os gestores públicos desprezam e agravam, cada vez mais, na Bahia e no Brasil.

Os Estudos e relatórios, como o da ABRELPE, comentado a seguir, apontam que há pouco a discutir sobre melhorias no saneamento básico brasileiro por meio das legislações e principalmente sobre o componente Resíduos Sólidos.

Ao analisar os últimos levantamentos da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, no correspondente ao ano do estudo, percebe-se que o tema é negligenciado pela gestão pública em muitos municípios (ver Gráfico 01 abaixo).

Gráfico 1- Disposição Final de Resíduos Sólido Urbano no Brasil por tipo de destinação (t/dia)



Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE, 2016.

A eliminação dos lixões e adequação à legislação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, criada em 2010, cuja implementação deveria se dar dentro de um prazo de quatro anos nos municípios brasileiros, foi encerrada em 02 de agosto de 2014, sem que os estes terminassem por se adequar. Deste modo, o projeto de Lei 2289/15, que prorroga para 2021 o prazo para que os municípios acabem com os “lixões”, representa uma salvo-conduto para manter o descaso em relação à legislação da PNRS.

Diante dessa inadequação dos municípios, o cenário dos Vazadouros a Céu Aberto-VCA ou “lixões”, por exemplo, nos municípios da Bahia sinaliza um quadro desafiador, com um passivo ambiental que se pode qualificar como delituoso a égide da Lei de Crimes Ambientais.

De acordo com dados da Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (SEDUR), os vazadouros a céu aberto, permanecem como os meios adotados pela maioria dos municípios do Estado. Conforme já citado, essa situação pode ser constatada na pesquisa de campo executada pelo estudo no período de 2013 a 2016 de acordo com trabalho de campo em 56 municípios do Estado da Bahia. Segundo o levantamento feito pela SEDUR, nada menos que 359 dos 417 municípios baianos, correspondente a 86,09%, permanecem sem atender à legislação, enquanto outros 22, ou 5,28%, adotam o descarte dos resíduos sólidos em aterros controlados sem técnicas de engenharia adequada no tratamento dos resíduos sólidos, ver Figura 01.

Atualmente, as soluções empreendidas têm que estar associadas às reduções de materiais a serem dispostos, de forma a não causar impacto ambiental e proporcionar um retorno economicamente viável utilizando materiais recicláveis, biogás e uma gestão de resíduos integrada, com melhor equipamento de gerenciamento do destino final de resíduos sólidos (CAMARINI, 2015).

Assim, os técnicos, consultores, engenheiros e especialistas ambientais podem corrigir e atenuar os passivos ambientais decorrentes da disposição inadequada. No caso, adotar técnicas de tratamento de resíduos sólidos, controlando o lixiviado o chorume gerado pela sua decomposição, reduzir os gases de efeito estufa e efetuar programas para a disposição apenas de rejeitos nos aterros sanitários.

Figura 1- Localização dos Vazadouros a Céu Aberto dos 56 municípios visitados



Fonte: Google Earth adaptado pelo Próprio Autor, 2019.

A Localização dos “lixões” da Figura 01 representa um passivo ambiental no Estado da Bahia. Conforme se constatou, os vazadouros a céu aberto são degradados e irão precisar de remediação pelos gestores públicos como deve ocorrer em qualquer lugar do Brasil. As rotinas das descargas de resíduos, em local inadequado resultam na geração de passivos ambientais, pois os locais não dispõem de impermeabilização de base para receber os resíduos. Os taludes de resíduos não possuem sistema de drenagem pluvial adequado, o que gera o desenvolvimento de processos erosivos na cobertura, deixando o material exposto, que, não raras vezes, entra em combustão, como já citado. A ausência de cobertura dos resíduos, em muitos lixões, torna-se um problema, principalmente devido à possibilidade de proliferação de vetores sanitários indesejáveis.

A constatação de campo e estudo relacionados a resíduos sólidos revelam grande apatia dos gestores públicos em relação aos danos ambientais que são causados pela destinação final de resíduos sólidos no meio ambiente.

Conclui-se que há grandes disparidades quando se discute gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, bem como ausência de profissionais capacitados para atuar em prefeituras. A gestão de resíduos sólidos não se restringe a destinar em VCA, como é tratada normalmente pelas prefeituras a gestão e o gerenciamento. Uma das questões é a falta de ações efetivas dos poderes públicos, assim como a ausência de reflexão sobre os problemas do município, ou seja, sua realidade. Além disso, os resíduos são amiúde entendidos como negativos, pois geram inúmeros problemas, como os que serão elencados neste trabalho. Esse ponto de vista deve ser alterado e repensado, de modo que surjam soluções para os inúmeros problemas causados pela apatia do poder público.

Fica claro que o papel do poder público é imprescindível na construção de uma gestão e gerenciamento que englobe todos os processos inerentes aos resíduos, pois estes atores públicos são operadores da limpeza pública e responsáveis diretos pela adequada disposição final dos rejeitos. É nítida a sinergia, neste processo de construção de elementos que permeiam a questão dos resíduos sólidos, entre diferentes grupos privados, associações de catadores e atores públicos, podendo indicar meios para a realidade de cada município.

Por isso, o que não se pode aceitar é simplesmente que se adote um modelo pronto de gestão dos resíduos e tente executá-los sem ouvir os envolvidos no processo. Neste contexto, as Prefeituras dentro do seu planejamento devem levar em conta a legislação vigente, valorizar o catador; providenciar junto aos órgãos ambientais a obtenção de licenciamento ambiental cabível; aglutinar parcerias e apoiar os catadores locais, empresas, organizações civis, dentre outros, para o desenvolvimento do Programa Municipal de Coleta Seletiva e de Educação Ambiental; incentivar atividades produtivas e de Educação Ambiental com os resíduos sólidos urbanos, que sejam sustentáveis do ponto de vista social, ambiental e econômico.

Assim, fica tácito e explicitado a necessidade de Educação Ambiental nos municípios, assim como um acordo setorial para repensar o descarte inadequado, a cultura do desperdício e a destinação final inadequada dos resíduos sólidos.

Portanto, se, por um lado, a legislação foi pontual em estabelecer prazos, responsabilidades e punições aos municípios, a lei foi imensamente condescendente com as indústrias, importadores e o comércio pós-consumo, ao não estabelecer prazos ou metas a serem alcançadas pelos mesmos. Desta condescendência e negligência, o poder público se aproveita e faz a “gestão dos resíduos sólidos” e comete crimes ambientais.

Fabiano S. Sandes

3

Avaliação de Impactos Ambientais na Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos, no Âmbito socioeconômico

Environmental Impact Assessment in the Destination of Solid Urban Waste and its Socioeconomic implications.

Fabiano S. Sandes

José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos

A apresentação do Diagnóstico Sócio Ambiental referente à Elaboração dos Projetos de Engenharia e Estudos Ambientais de Obras e Serviços de Infraestrutura de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU na unidade de gestão regional – UGR Paulo Afonso (Paulo Afonso, Glória e Santa Brígida) na gestão de resíduos sólidos. O principal foco é a readequação do vazadouro a céu aberto destes municípios. Sabe-se que a atividade da reciclagem reduz os impactos ambientais caracterizados pelo descarte de material poluente e de lenta decomposição. Diante disso, a sociedade civil organizada, em cooperativas ou não, garante uma renda mínima na coleta e venda de materiais recicláveis, levantando as questões que vão desde a vulnerabilidade social ao mínimo vital de sobrevivência. Esse trabalho além de explicitar o perfil destes trabalhadores, levantará recomendações em sinergia com a sociedade civil organizada e o poder público, considerando a execução das ações planejadas com especificidades locais na mitigação dos impactos ambientais e a recuperação da área degradada. Sendo assim, esta compilação de dados e as recomendações contribuirão para recuperação de ambientes degradados e ações preventivas aos impactos no meio ambiente, atendendo a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos envolvidos em um processo histórico de invisibilidade, vulnerabilidade social e a otimização na gestão do aterro sanitário.

Palavras-chave: resíduos sólidos, vazadouros, recuperação de áreas degradadas

This article is a reference to future actions to be taken with the arrangement in the municipalities of Paulo Afonso, Glória and Santa Brígida, the readjustment being the dumping ground in the open of the municipalities within the Infrastructure Project Integrated Systems Final Destination Municipal Solid Waste. It is known that the activity of recycling reduces the environmental impacts characterized by discarding the pollutant material and slow decay. Thus, civil society organizations, cooperatives or not, guarantees a minimum income in the collection and sale of recyclable materials, raising questions ranging from social vulnerability the minimum subsistence survival. This document explains as well the profile of these workers, raise recommendations in synergy with civil society organizations and government considering the implementation of a planned actions with local specificities in the mitigation of environmental impacts and the recovery of degraded areas. Therefore, this collection of data and the final recommendations will contribute beyond the recovery of degraded environments and impacts on the environment, trying to improve the quality of life of individuals involved in a historical process of invisibility, social vulnerability and optimize the management the landfill.

Keywords: Solid waste, open-air dumps, recovering degraded areas

F.S. Sandes

Especialista em Avaliação de Impacto Ambiental e Recuperação de Área Degradada

e-mail: fabiano.s.sandes@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

3.1 Introdução

O presente trabalho tem por objetivo principal analisar o cadastramento dos catadores de materiais recicláveis do município de Paulo Afonso, que atuam na usina de reciclagem e atuação no tratamento dos resíduos sólidos. Para isto, o diagnóstico ambiental do Município de Paulo Afonso expõe a tomada de decisão da gestão pública dos seus resíduos sólidos e a caracterização socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis, sendo o parâmetro a ser abordado na legislação ambiental prévio e à implantação do Aterro Sanitário Convencional (ASC) e a Unidade de Triagem (UT), atendendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Neste caso, a apresentação de recomendações necessárias à melhoria das condições de trabalho destes indivíduos e o modelo de intervenção proposto para minimizar os impactos ambientais.

A Lei 12.305/10 foi promulgada com intuito da instituição legal da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a implementação de políticas públicas que estimulasse o descarte consciente, planejado e a acumulação adequada de resíduos sólidos reduzindo o impacto ambiental. Deste modo, os incentivos socioeconômicos, as atividades relacionadas à coleta seletiva e a reciclagem são determinantes para o cumprimento da legislação vigente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e sua implementação representam um marco regulatório e mudanças para o poder público, setor empresarial, cooperativas de catadores e coletividade. A PNRS dispõe de princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Esse avanço é materializado na lei responsabiliza a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos. Do exposto, ficam tácitas e explícitas a necessidade de Educação Ambiental e um acordo setorial para repensar a descarte inadequado, a cultura do desperdício e a destinação final adequada dos resíduos sólidos.

Em razão deste avanço, outros entes da federação trouxeram inovações a PNRS. A Lei nº 12.932/2014 (publicada no DOE no dia 08/01/14) que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos(PERS), e dentre elas podem ser citados exemplos dos que estão diretamente relacionados com os municípios: a) os planos de resíduos sólidos; b) os inventários e o sistema de-



Fig. 3.1- Localização da Unidade de Gestão Regional. Fonte: Próprio autor, 2015(Adaptada).

Fig. 3.2- Entrada da Cooperativa de catadores de Paulo Afonso



Fig. 3.3- Unidade de Triagem do município de Paulo Afonso



claratório anual de resíduos sólidos; c) a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; d) o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis; e) o monitoramento e a fiscalização ambiental, sanitária e agropecuária; f) a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos; g) a educação ambiental; h) os incentivos fiscais, financeiros e creditícios; i) os órgãos colegiados municipais destinados ao controle social dos serviços de resíduos sólidos urbanos; j) os acordos setoriais.

Dos instrumentos da PNRS, qualifica-se o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Partindo deste ponto, há uma associação de catadores no município de Paulo Afonso/BA que é desenvolvido o estudo de impacto socioambiental. Durante o trabalho de pesquisa, constatamos que no município existe uma cooperativa, denominada ARPA (Associação de Reciclagem de Paulo Afonso), funcionando no espaço da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo, em funcionamento desde dezembro de 1999, composta por 33 associados.

A ARPA está localizada na Estrada do Matadouro, s/nº, salão Vila Barroca, Paulo Afonso/Ba. Dos catadores e catadoras entrevistados para este trabalho de pesquisa, 46,67% fazem par-

te da ARPA, na condição de associados.

Segundo o estatuto social da ARPA, esta tem como finalidade social a congregação dos profissionais autônomos nas áreas de prestação de serviços e manufatura relacionados com as atividades de reciclagem de descartes domésticos e/ou industriais, aniquilação de matérias tóxicas de origem química ou bacteriológica, revalorização de produto, restauração de objeto de valor histórico ou cultural, recuperação de áreas degradadas, preservação do ecossistema de caatinga da região do Sertão de Paulo Afonso e água de São Francisco. Há mais responsabilidades: prestação de serviço de natureza ecológico-ambiental em qualquer região para o exercício de uma atividade econômica, no interesse comum e sem finalidade lucrativa, compreendendo a execução de atos associativos, direcionados, entre outros, a oferta coletiva dos seus produtos e serviços, contratos com usuários, cobrança e recebimento de preço contratado, registro, controle e distribuição dos resultados, sob a forma de produção ou valor referencial, apurados e atribuição aos associados das despesas da sociedade, tudo mediante rateio na proporção direta da fruição das contas da sociedade.

No caso, a avaliação de impacto do empreendimento de aterro sanitário e unidade de triagem representa um resultado do amparo legal e uma resposta as mazelas e negligência referente ao descarte e a disposição final dos resíduos sólidos em vazadouros a céu aberto ou “lixões”.

Diante da definição do Decreto 7.405/2010, os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis são pessoas de baixa renda que se dedicam as atividades de coleta, triagem, beneficiamento e comercialização de materiais reutilizáveis e recicláveis. Essa categoria explicita a necessidade de pensar todos os aspectos da



Fig. 3.4- Passivo do Vazadouro a céu aberto de Paulo Afonso . Fonte: Leva, 2014.

realidade social e cultural, sendo o descarte de resíduos sólidos e a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos uma responsabilidade compartilhada dos geradores e do poder público.

A educação ambiental e a vigência da PNRS, que definem os acordos setoriais para um ciclo de vida do produto, contribuem para reduzir os impactos ambientais no destino final e otimização do modelo tecnológico inserido na adequação ambiental.

A unidade de triagem e os aterros representam modelos tecnológicos que compatibilizam a recuperação energética dos resíduos por meio de usinas de energia e destinação adequada dos rejeitos, otimizando a sua vida útil no aterro. Os resíduos sólidos e sua geração são produtos do crescente aumento da exploração do meio ambiente. O aumento dos bens de consumo duráveis ou não, transformam o matéria-prima explorada em resíduos cada vez mais complexo e em maior quantidade na sociedade. A disposição dos rejeitos produzidos depende da destinação final adequada em aterros sanitários e modelos tecnológicos de unidade de triagem que reduzam os impactos ambientais com seleção pontual de resíduos sólidos capazes de retornar ao ciclo

do consumo.

Diante disso, a disposição dos rejeitos produzidos depende da destinação final adequada em aterros sanitários e modelos tecnológicos de unidade de triagem que reduzam os impactos ambientais com seleção pontual de resíduos sólidos, capazes de retornar ao ciclo do consumo.

É danosa a realidade dos municípios baianos no tratamento adequado dos resíduos sólidos, sendo aproximadamente 56 municípios visitados pelo Estudo do Diagnóstico Ambiental do PAC II. O município de Paulo Afonso um dos que apresenta certo planejamento e estrutura de triagem de resíduos sólidos com condições de disposição final de rejeito adequada, minimizando os impactos ao meio ambiente, conforme pode-se observar nas Figuras 3.1 e 3.2.

No País, são gerados diariamente em torno de 240 mil toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que apenas cerca de 28% tem destinação conhecida. Nesse quadro, o meio ambiente é impactado em índices efetivamente alarmantes qualquer que seja o planejamento e gerenciamento de RSU que se adote o uso de metodologias adequadas para cadastrar os catadores e catadoras deve ser incluídas entre as prioridades máximas. A tria-

Quadro 3.1– Projeção da Produção de Resíduos Sólidos da Sede de Paulo Afonso (Kg/dia)

ANO	População da Sede	Resíduos População Flutuante	Resíduos Domiciliares	Resíduos Construção Civil	Resíduos Serviços de Saúde	Resíduos Volumosos	Resíduos da Feira	Resíduos de Limpeza	Total
2014	96.552	384	77.570	150.621	483	7.936	1.587	11.297	249.877
2015	97.659	387	79.244	153.871	493	8.107	1.621	11.540	255.264
2016	98.778	391	80.953	157.191	504	8.282	1.656	11.789	260.767
2017	99.910	395	82.700	160.583	515	8.461	1.692	12.044	266.389
2018	101.055	399	84.484	164.047	526	8.643	1.729	12.304	272.132
2019	102.214	403	86.307	167.587	537	8.830	1.766	12.569	277.999
2020	103.385	407	88.169	171.203	549	9.020	1.804	12.840	283.993
2021	104.570	411	90.072	174.897	561	9.215	1.843	13.117	290.116
2022	105.769	415	92.015	178.670	573	9.414	1.883	13.400	296.370
2023	106.981	420	94.001	182.526	585	9.617	1.923	13.689	302.760
2024	108.207	424	96.029	186.464	598	9.824	1.965	13.985	309.288
2025	109.447	428	98.101	190.487	611	10.036	2.007	14.287	315.956
2026	110.702	432	100.218	194.597	624	10.253	2.051	14.595	322.769
2027	111.971	437	102.380	198.796	637	10.474	2.095	14.910	329.728
2028	113.254	441	104.589	203.085	651	10.700	2.140	15.231	336.837
2029	114.552	445	106.846	207.467	665	10.931	2.186	15.560	344.100
2030	115.865	450	109.151	211.943	679	11.167	2.233	15.896	351.519
2031	117.193	454	111.506	216.516	694	11.408	2.282	16.239	359.099
2032	118.537	459	113.912	221.188	709	11.654	2.331	16.589	366.841
2033	119.895	463	116.370	225.961	724	11.905	2.381	16.947	374.751
2034	121.269	468	118.881	230.836	740	12.162	2.432	17.313	382.832
2035	122.659	473	121.446	235.817	756	12.424	2.485	17.686	391.086
2036	124.065	477	124.066	240.905	772	12.693	2.539	18.068	399.519
2037	125.487	482	126.743	246.103	789	12.966	2.593	18.458	408.134
2038	126.926	487	129.478	251.413	806	13.246	2.649	18.856	416.934
2039	128.381	492	132.271	256.837	823	13.532	2.706	19.263	425.925
2040	129.852	497	135.125	262.379	841	13.824	2.765	19.678	435.109
2041	131.340	502	138.041	268.040	859	14.122	2.824	20.103	444.491
2042	132.846	507	141.019	273.824	878	14.427	2.885	20.537	454.076
2043	134.368	512	144.062	279.732	897	14.738	2.948	20.980	463.868
2044	135.909	517	147.170	285.767	916	15.056	3.011	21.433	473.870

Fonte: Leva, 2014.

gem feita pelos catadores representa uma redução de resíduos sólidos recicláveis considerável no meio ambiente e uma gestão ambiental com planejamento na disposição final de rejeitos.

O diagnóstico ambiental do município visitado de Paulo Afonso é o destaque pelo grande passivo ambiental deixado pela destinação final de toneladas de resíduos no meio ambiente, nas Figuras Abaixo, demonstrando a ausência de políticas públicas punitivas dos poluidores e a coação dos responsáveis pela destinação final imprópria. Sendo assim, é ratificada a negligência e o desleixo do saneamento básico, que considera o conjunto de serviço de limpeza pública, infraestrutura, instalação apropriada do resíduo urbano e a destinação final uma prioridade para todos e a PNRS.

A intervenção, unidade de triagem no município, com intuito da otimização da reciclagem e reutilização na logística reversa e uma destinação final controlada dos rejeitos é um retrato ainda futurista da realidade dos municípios baianos. Há uma ausência de capacidade de gestão pública no incentivo da educação ambiental e nos cuidados com a saúde pública preventiva, podendo proporcionar a redução de vetores causadores de doença a exemplo da leptospirose, vermes parasitas e dengue, nos seus municípios e também a minimização dos impactos ao meio ambiente, visando atender a Lei nº 11.445/07 de Saneamento Básico.

Neste caso, as técnicas de engenharia e trabalho de normatização da PNRS são fundamentais na busca por uma padronização sustentável de produção e consumo com qualidade ambiental com foco nas gerações futuras.

Meio socioeconômico e socioambiental

Não saber o que fazer com os resíduos sólidos descartados pela comunidade, a baixa capacidade e dificuldade técnica-financeira para a prestação e gerenciamento dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos, não exclui a responsabilidade das prefeituras no descarte em vazadouros. Some-se a isto que a maior parte dos municípios brasileiros e baianos realizam tal prática. Em razão disso, temos uma escalada na degradação ambiental hoje e no futuro. Em consequência, quanto mais se enterram os resíduos mais os ciclos naturais são ameaçados e o ambiente se torna poluído.

É de suma importância a realização de um diagnóstico das características da população dos municípios e dos trabalhadores da catação de resíduos sólidos para que se possa compreender a situação atual de geração dos resíduos sólidos local. O estudo e projeção de população da cidade de Paulo Afonso, Glória e Santa Brígida baseiam-se em dados estatísticos disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, derivados dos Censos Demográficos e contagem de população em 1991,

2000, 2007 e 2010, e outras informações de órgãos de serviços do Estado da Bahia.

As projeções populacionais produzidas baseiam-se em dois procedimentos metodológicos distintos: análise da estrutura, componentes demográficos e o método matemático de curvas de regressão.

O cruzamento das informações da população e do trabalho de campo são evidências ao melhor modelo de intervenção tecnológica para os municípios e a gestão municipal. Neste caso, o estudo é subsidiado pela projeção da população para o horizonte de projeto das estruturas de manejo e destinação final dos resíduos sólidos que futuramente serão implantadas na região. Desta forma, esse estudo determina viabilidade do dimensionamento em conformidade com as reais demandas dos municípios e o cadastro dos trabalhadores de materiais recicláveis.

Na abordagem metodológica do estudo, busca-se a dinâmica populacional da área urbana, da área rural e à dinâmica demográfica regional. No caso, o vetor de crescimento da cidade, a per capita do município e migração da população são bases dessa metodologia. Formula-se, por fim, a hipótese de crescimento para a população das localidades em estudo, com projeção global ano a ano para o período de 2014 a 2044. O estudo procurou ilustrar as informações analisadas com tabelas abaixo, buscando-se facilitar o processo de compreensão dos elementos estudados.

A partir da observação e cruzamento dos dados, a caracterização dos resíduos pelo estudo gravimétrico, peso específico e a geração per capita são fatores importantes para o desenvolvimento de projetos de coleta, transporte, tratamento, destinação final, e ou, a implantação de um centro de triagem e compostagem. No caso o modelo tecnológico de unidade de triagem, o município de Paulo Afonso tomado, a base exemplar do arranjo, essa é uma realidade com usina de resíduos sólidos e compostagem responsável pela produção mensal de 1.607 toneladas de resíduos recicláveis. Na usina encontra-se equipamentos como: prensa, esteira rotativa e retroescavadeira.

Os resíduos sólidos gerados da sede são transportados pelos equipamentos da coleta (compactadores) antes de serem descartados no vazadouro. A equipe de trabalhadores da catação realiza a segregação e armazenamento desses materiais em baias, havendo posteriormente encaminhamento para uma prensa (fardo) e preparado para a comercialização.

A empresa Alternativa Reciclagem Ltda. de Paulo Afonso dispõe de 20 catadore(a)s cadastrados. A representante legal é a Sra. Helene Salvador de Assis, que não possui sede própria, pois a área utilizada pertence à Prefeitura Municipal, que funciona a Usina de Reciclagem do município de Paulo Afonso e Glória, sendo a sua área total de aproximadamente 26 hectares.

TABELA 3.1- Composição Física e Gravimétrica Resíduos Sólidos Domiciliares por Classe de Renda

Componentes	Classe A	Classe B	Classe C	Média Ponderada
Matéria Orgânica	77,55%	59,57%	29,98%	31,33%
Papel / papelão	3,56%	5,46%	26,49%	25,61%
Vidro	2,18%	4,01%	28,10%	27,09%
Plástico Duro	2,93%	3,08%	0,98%	1,06%
Plástico Mole	3,94%	10,26%	2,25%	2,54%
Metal Ferroso	1,05%	0,39%	0,07%	0,09%
Metal não Ferroso	0,48%	0,27%	0,06%	0,07%
Trapo / couro	0,76%	0,86%	2,40%	2,34%
Isopor	0,13%	0,38%	0,07%	0,08%
Inerte	0,00%	0,29%	0,15%	0,15%
Espuma	0,16%	0,04%	0,00%	0,01%
Papel Higiênico/ Fraldas/ Absorventes	4,74%	11,23%	3,78%	4,04%
Contaminante químico ¹	0,29%	0,69%	0,01%	0,04%
Borracha	0,19%	0,28%	0,28%	0,28%
Madeira	0,09%	0,61%	0,24%	0,25%
Resíduo de Construção	0,22%	0,89%	0,83%	0,83%
Lixa	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
Laminado	0,30%	0,46%	0,12%	0,13%
PVC	0,00%	0,00%	0,02%	0,02%
PET	0,66%	0,70%	0,17%	0,20%
Tetra Pak	0,40%	0,43%	0,06%	0,08%
Terra	0,00%	0,00%	3,88%	3,72%
Pilha	0,15%	0,02%	0,01%	0,01%
Outros Materiais ²	0,21%	0,09%	0,04%	0,04%
Total	100%	100%	100%	100%

¹ Contaminante Químico – frascos com silicone automotivo, esmalte, medicamentos e inseticida; ² Outros Materiais – filtro de cigarro, esponja de aço, sabão e carvão. Fonte: Sedur, 2012. (Adaptado)

A localização é na via que liga Rodovia BA 160 e suas coordenadas geográficas, 9° 22'35,64" S e 38° 15' 10,12" W, em linha reta, cerca de 5,5 km do centro da cidade.

A tratabilidade de resíduos pelo modelo tecnológico adotado pelo estudo é a unidade de triagem, sendo um exemplo na otimização da célula do vazadouro apenas com descarte de rejeito. A maior concentração de catadores de recicláveis em Paulo Afonso do município polo do estudo é encontrada na Usina de Reciclagem, localizada próxima ao vazadouro da cidade, havendo a constatação da necessidade de gestão de resíduos compartilhada através do consórcio entre os municípios da UGR.

Quadro 3.2 – Principais resíduos comercializados no Município de Paulo Afonso

Reciclável	Valores (R\$)/kg
Alumínio	1,80
Papelão	0,15
Garrafa pet	0,70
Vidro	0,35
Plástico	0,50

Fonte: Prefeitura Municipal de Paulo Afonso, 2013

Devido à grande quantidade de resíduos domiciliar e co-

TABELA 3.2 – Características da Tratabilidade dos Resíduos Sólidos Domiciliares

Características dos Componentes	Classe de Renda			Média Ponderada Entre Classes
	Classe A	Classe B	Classe C	
Biodegradável	77,55%	59,57%	29,98%	31,33%
Reciclável	15,37%	25,65%	61,00%	59,46%
Rejeito	7,08%	14,78%	9,02%	9,20%
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: Sedur, 2012. (Adaptado)

mercial que diariamente são descartados no vazadouro foram identificadas 37 pessoas entre homens e mulheres formais e informais, trabalhando na Usina de Reciclagem e de Compostagem, apresentando um diagnóstico ambiental que deve atender a realidade de catadores e catadoras. A produção média de materiais recicláveis gerados na Usina é de 1.607 kg. Há diferentes tipos de materiais que são comercializados no mercado local com preços diferenciados, dependendo da estação do ano e da demanda, ver Quadro 3.2 abaixo. Neste caso, o município base do arranjo já possui dados e estrutura para uma gestão de resíduos criteriosa e diligente na redução de impactos ao meio ambiente, somando um saldo positivo de aproximadamente 1.700 toneladas a menos de resíduos recicláveis e reutilizáveis no vazadouro a céu aberto. O maior ganho da implantação da unidade de triagem é o consórcio do arranjo Glória, Santa Brígida e Paulo Afonso, transformando os resíduos em renda e ganho a todos os envolvidos não só o catador, mas também a comunidade, que deve colaborar com a redução do impacto ambiental.

3.2 Composição gravimétrica

O detalhamento da constituição dos resíduos é especificado pelo estudo da composição gravimétrica. O peso específico aparente e a composição gravimétrica dos resíduos são apresentados a seguir para os resíduos sólidos domiciliares, dos serviços de saúde e da construção civil. O peso específico aparente é o peso do resíduo sólido solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação (IBAM, 2001). Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações. Já a composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo sólido analisado (IBAM, 2001). No caso do Arranjo desse município, o aterro sanitário convencional (ASC), a triagem e o

transbordo foram determinados com tais critérios.

Os 115 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco apresentam dados de caracterização gravimétrica e peso específico, sendo o município de Paulo Afonso, contemplado no Volume IX – RDS Semi-Árido Nordeste II / Itaparica, sendo os municípios de Glória e Santa Brígida excluídos do estudo.

O cruzamento das informações do arranjo Paulo Afonso composto por Paulo Afonso, Glória e Santa Brígida permite avaliar a origem e a geração desses resíduos, o que faz o município de Paulo Afonso ter maior riqueza de resíduos fornecendo subsídios para o planejamento de sistemas de gerenciamento de resíduos e destinação final.

Um resumo da Tabela anterior, visando facilitar sua visualização e possibilitando uma análise das características de tratabilidade dos resíduos é apresentado na Tabela abaixo.

Os critérios de enquadramento nas classes mensais de renda adotados no Plano foram definidos por meio de associação com o padrão construtivo residencial. A Classe C, com rendimento de até 3 salários mínimos, ocupam residências de padrão popular inferior. A Classe B, com renda média mensal de três a 10 salários mínimos, ocupam as residências de padrão médio. Enquanto que, a Classe A, com rendimentos mensais superiores a 10 salários mínimos, ocupam residências de padrão superior. A tratabilidade dos resíduos sólidos é uma referência de atitude na implantação do modelo de unidade de triagem.

3.3 Modelo tecnológico referência

Explicando a situação do município polo, a manutenção do crescimento demográfico aliada ao aumento na taxa de geração per capita de resíduo (quantidade de resíduos produzidos diaria-

Quadro 3.6 – Produto Interno Bruto (PIB) do Município de Paulo Afonso

Produto Interno Bruto do Município de Paulo Afonso	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Valor adicionado bruto da agropecuária a preços correntes (R\$)	8.804	9.901	10.005	9.656	8.608	7.323	6.160	6.387	6.289	6.253	4.481	5.174	3.179
Valor adicionado bruto da indústria a preços correntes (R\$)	1.619.842	1.494.254	1.030.773	1.493.188	1.601.536	1.153.531	890.151	1.064.142	973.631	798.206	398.581	693.003	563.681
Valor adicionado bruto dos serviços a preços correntes (R\$)	595.335	550.099	491.671	430.911	383.698	337.298	314.812	257.344	231.500	206.590	159.644	146.935	145.355
Impostos sobre produtos líquidos de subsídios a preços correntes (R\$)	63.506	58.452	47.994	48.564	43.747	45.827	37.911	31.365	27.883	23.672	21.630	16.165	16.210
PIB a preços correntes (R\$)	2.287.486	2.112.706	1.580.443	1.982.319	2.037.589	1.543.979	1.249.034	1.359.238	1.239.303	1.034.720	584.337	861.277	728.425
PIB per capita a preços correntes (R\$)	20.926,60	5.648,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA (Adaptada)

Quadro 3.7 – Produto Interno Bruto – PIB do Município de Santa Brígida

Produto Interno Bruto do Município de Santa Brígida	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Valor adicionado bruto da agropecuária a preços correntes (R\$)	2.185	1.919	1.358	2.441	2.721	7.874	4.426	5.134	17.889	11.423	8.577	8.458	6.104
Valor adicionado bruto da indústria a preços correntes (R\$)	1.826	1.770	1.911	2.013	2.095	2.575	3.648	3.700	3.659	3.884	4.833	6.250	7.009
Valor adicionado bruto dos serviços a preços correntes (R\$)	12.141	11.818	13.259	15.570	16.882	19.011	23.200	26.101	31.228	33.058	38.019	43.972	46.081
Impostos sobre produtos líquidos de subsídios a preços correntes (R\$)	270	218	275	550	603	658	811	1.060	1.571	1.596	1.772	2.185	2.130
PIB a preços correntes (R\$)	16.422	15.726	16.803	20.574	22.302	30.119	32.085	35.995	54.347	49.962	53.201	60.865	61.324
PIB per capita a preços correntes (R\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.122,37

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA (Adaptada)

Quadro 3.8 – Produto Interno Bruto do Município de Glória

Produto Interno Bruto do Município de Glória	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Valor adicionado bruto da agropecuária a preços correntes (R\$)	2.147	2.115	7.798	4.908	3.888	3.595	3.179	4.266	4.104	4.304	4.713	5.052	4.651
Valor adicionado bruto da indústria a preços correntes (R\$)	1.832	2.017	2.371	2.814	3.026	3.055	4.172	4.100	4.101	4.527	5.748	8.414	11.394
Valor adicionado bruto dos serviços a preços correntes (R\$)	9.979	10.945	14.081	15.441	17.273	18.233	21.754	23.596	26.941	30.046	37.369	43.803	47.636
Impostos sobre produtos líquidos de subsídios a preços correntes (R\$)	429	422	548	839	971	876	1.051	1.241	1.264	1.606	1.441	2.473	3.266
PIB a preços correntes (R\$)	14.387	15.499	24.797	24.002	25.158	25.759	30.156	33.203	36.411	40.482	49.271	59.743	66.947
PIB per capita a preços correntes (R\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.434,73

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA (Adaptada)

mente por cada indivíduo), contribui significativamente para o acréscimo da massa e do volume de RSU gerados. A produção per capita de resíduo no Brasil apresenta variação de acordo com o porte do município. Tendo em vista que a produção de resíduos sólidos tem crescido mais que a população e que a grande maioria dos municípios baianos dispõe seus resíduos sólidos em “lixões” ou Vazadouros a Céu Aberto, isto causa sérios problemas ambientais e sociais, inclusive com a presença de catadores de materiais recicláveis, trabalhando em condições precárias. Diante disso, o investimento em unidade de triagem que reduz os resíduos sólidos recicláveis e reutilizáveis no destino final é um fator técnico relevante, utilizando-se dos princípios do 3R’s e da engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, ajudando na prevenção de doenças e forçando os atores políticos na tomada de atitude no tange a questão dos catadores.

3.4 Renda

Os quadros abaixo indicam a renda per capita, percentual da população pobre e extremamente pobre, expondo a desigualdade no arranjo Paulo Afonso nos anos de 1991, 2000 e 2010. O grau de concentração de renda dos municípios, apresentadas nos mencionados quadros, expressa a desigualdade entre os mais pobres e os mais ricos, variando de 0 a 1, sendo 0 a situação de total igualdade.

Quadro 3.3 – Renda, Pobreza e Desigualdade do Município de Paulo Afonso

Renda, Pobreza e Desigualdade em Paulo Afonso	1991	2000	2010
Renda per capita (em R\$)	284,14	342,92	544,73
% de extremamente pobres	22,34	19,13	10,26
% pobres	47,96	41,05	22,69
Grau de Concentração de Renda	0,59	0,59	0,58

Fonte: Atlas do Desenvolvimento no Brasil, 2013 (Adaptada).

Quadro 3.4 – Renda, Pobreza e Desigualdade do Município de Glória.

Renda, Pobreza e Desigualdade no Município de Glória	1991	2000	2010
Renda per capita (em R\$)	120,3	176,64	266,14
% de extremamente pobres	43,53	38,88	23,12
% pobres	74,98	61,41	38,55
Grau de Concentração de Renda	0,5	0,61	0,51

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013 (adaptado).

Verifica-se, por meio da análise dos Quadros supracitados, que a renda per capita da população do arranjo Paulo Afonso cresceu, sendo a população considerada pobre e extremamente pobre diminuiu na média dos (3) três municípios 47 % a menos da metade em 2010, com relação aos valores de 1991. No período de 1991 a 2010, apesar de a renda per capita haver crescido e da percentagem da população pobre e extremamente pobre haver decrescido, nota-se que a desigualdade entre as classes sociais diminuiu de maneira pouco significativa, o que não indica um desenvolvimento ideal para o Município.

Quadro 3.5 – Renda, Pobreza e Desigualdade do Município de Santa Brígida

Renda, Pobreza e Desigualdade no Município de Santa Brígida - Ba	1991	2000	2010
Renda per capita (em R\$)	93,75	99,22	220,77
% de extremamente pobres	55,05	55,05	30,29
% pobres	82,96	78,95	51,75
Grau de Concentração de Renda	0,47	0,61	0,55

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013 (Adaptado).

A partir da análise do Quadro acima, observa-se que quase um terço da população do arranjo Paulo Afonso era pobre, enquanto 31,83% era extremamente pobre no ano de 2010. Complementarmente, o grau de concentração de renda ainda é alto nos Municípios favorecendo a apropriação de bens e serviços. Entretanto, vale ressaltar que a renda per capita da população se encontrava um pouco acima do salário mínimo estabelecido, que para o ano de 2010 era de R\$ 510,00. Portanto, pode se inferir que a capacidade da população efetuar o pagamento de tarifas relacionadas à prestação de serviços públicos de manejo de resíduos sólidos urbanos do Município é razoável na taxa e estes podem adotar medidas de coleta seletiva e melhor destinação adequada dos resíduos.

A renda per capita média de Paulo Afonso cresceu 91,71% nas últimas duas décadas, passando de R\$ 284,14, em 1991, para R\$ 342,92, em 2000, e para R\$ 544,73, em 2010. Isso equivale a uma taxa média anual de crescimento nesse período de 3,48%, podendo inferir hábitos consumistas a população. A taxa média anual de crescimento foi de 2,11%, entre 1991 e 2000, e 4,74%, entre 2000 e 2010. A proporção de pessoas pobres, ou seja, com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 (a preços de agosto de 2010), passou de 47,96%, em 1991, para 41,05%, em 2000, e para 22,69%, em 2010. A evolução da desigualdade de renda nesses dois períodos pode ser descrita através do Índice de Gini, que passou de 0,59, em 1991, para 0,59, em 2000, e para 0,58, em 2010.

A partir da análise dos Quadros, verifica-se que, de modo geral, no período de 1999 a 2010, o PIB sofreu incremento. En-

tre as componentes do PIB consideradas, os setores da indústria e agropecuários foram os que apresentaram maior contribuição para o produto interno bruto a cada ano analisado, seguido pelo setor de serviços em última posição.

Porém, a evolução do PIB do arranjo Paulo Afonso apresenta um crescimento de forma acentuada quando comparado os dados referentes aos anos de 1999 e 2010, tal situação não representa uma melhoria de mesma intensidade na qualidade de vida da população, isso por que, conforme ficou demonstrado, o grau de concentração de renda aponta para uma dificuldade em fazer com que as riquezas produzidas pelos municípios cheguem aos mais pobres de forma mais efetiva.

3.5 IDHM

Os quadros, a seguir, apresentam os dados do Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios referente aos anos de 1991, 2000 e 2010 para o arranjo de Paulo Afonso.

Quadro 3.9 – Índice de Desenvolvimento Humano do Município de Paulo Afonso

Índice de Desenvolvimento Humano do Município de Paulo Afonso	Ano		
	1991	2000	2010
IDHM	0,429	0,551	0,679

Fonte: Atlas Brasil 2013 Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Adaptada)

Quadro 3.10– Índice de Desenvolvimento Humano do Município de Santa Brígida

Índice de Desenvolvimento Humano do Município de Santa Brígida	Ano		
	1991	2000	2010
IDHM	0,197	0,316	0,546

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013 (Adaptado).

Quadro 3.11– Índice de Desenvolvimento Humano do Município de Glória.

Índice de Desenvolvimento Humano do Município de Glória	Ano		
	1991	2000	2010
IDHM	0,308	0,421	0,593

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013 (Adaptado).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) - Paulo Afonso é 0,674, em 2010, o que situa esse município na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). A dimensão que mais contribui para o IDHM do município é Longevidade, com índice de 0,789, seguida de Renda, com índice de 0,678, e de Educação, com índice de 0,572.

3.5 Reciclagem

A reciclagem dos materiais que são descartados todos os dias nos municípios, pode minimizar o problema do esgotamento dos recursos naturais e fazer com que esta nova atividade econômica da “Indústria da Reciclagem”, gere novos empregos. Em virtude das novas exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos com relação ao meio ambiente surgiu um novo segmento de trabalho, ou seja, empresas, associações se cooperativas especializadas na coleta seletiva de resíduos recicláveis. O faturamento é exclusivo dos resíduos sólidos, gerando empregos diretos e indiretos aos catadores. Neste caso, percebeu-se que coleta seletiva tem um papel fundamental na destinação adequada dos resíduos, na geração de empregos e renda e, no desenvolvimento de empresas especializadas na reciclagem. Logo, para que se compreenda melhor esta sistemática, primeiramente é preciso saber o que pode ser reciclado e o que não pode.

Tabela 3.1 - Tipos de Resíduos Sólidos Recicláveis e Não Recicláveis

RECICLÁVEIS	NÃO RECICLÁVEIS
PAPEIS	
Jornais e revistas, folhas de caderno, caixas em geral, aparas de papel, fotocópias, envelopes, provas, rascunhos, cartazes velhos.	Etiqueta adesiva, papel carbono, fita crepe, papéis metalizados, papéis sanitários, papéis plastificados, papéis sujos, guardanapos, fotografias.
VIDRO	
Recipientes em geral, garrafas de vários formatos, copos.	Espelhos, vidros planos, lâmpadas, cerâmicas, porcelana, tubos de TV.
PLÁSTICOS	
Embalagens de refrigerantes, de materiais de limpeza, copinhos de café, canos e tubos, sacos plásticos em geral.	Cabo de panela, tomadas, embalagem de biscoito, mistura de papel plástico e metais.
METAIS	
Todos são recicláveis	

Fonte: Resíduos Sólidos Urbanos — UNESP Bauru, 2000(adaptado).

Após saber o que pode ser reciclado, é imprescindível ter conhecimento de como preparar estes materiais para a reciclagem, sendo conhecido este processo “Ciclo de Reciclagem”, conforme a seguir.

Tratamento do resíduo

Após a coleta, em circunstância rigorosa da gestão de resíduo no município, o mesmo segue para os aterros sanitários, porém o material recolhido nas coletas seletivas segue para as instalações de reprocessamento, sendo em grande parte destinado rejeito na disposição final. No entanto, sabe-se que a grande maioria da população e municípios, ainda não são conscientes da importância da separação dos resíduos na sua origem e na gestão dos mesmos, sendo assim, as usinas se veem na situação de preparar os RS, que não são segregados na sua origem, mantendo dessa forma a UT, a exemplo o município de Paulo Afonso/BA.

Este processo de separação do resíduos pode ser manual ou mecânica ou ainda, conjunta, como ocorre na maioria das usinas de resíduos implantadas no Brasil. É importante chamar a atenção para o fato de que mesmo com a separação dos resíduos recicláveis em sua origem, a triagem e processamento ainda serão necessários para o reaproveitamento de alguns materiais. (SILVA, 2000).

3.6 Resíduos sólidos recicláveis e a quebra de um paradigma

De acordo com UNESP (2000), aproximadamente 30% dos resíduos sólidos coletados podem ser reciclados, isso significa que de 60 toneladas/dia de resíduos depositado em uma usina, será possível reciclar 18 toneladas de material e que poderão ser colocados à venda.

A Economia Linear (produz, usar e descarta) não se preocupa com a escassez dos recursos. Há uma nova frente com a Economia Circular que repensa a cadeia produtiva total e às necessidades ilimitadas do homem, juntando-se a este aspecto a necessidade premente de preservação do meio ambiente.

Para que o sistema de reciclagem seja bem-sucedido é preciso, antes de tudo, orientar os consumidores para que o mercado possa absorver os produtos que serão gerados dentro do que se chama Eco- economia ou Economia Circular. (HAMADA, 2000)

Essas indústrias de reciclagem de resíduos sólidos podem ser uma grande alternativa no emprego da mão- de-obra disponibilizada no mercado. Entende-se por indústrias de reciclagem de resíduos as empresas cuja atividade principal está direcionada para a reciclagem de materiais, sendo as mais comuns de papéis, plásticos, alumínio, vidros e materiais orgânicos.

Quadro 3.19 - Problemas constatados no desenvolvimento da atividade de catação de materiais recicláveis, na UGR e suas respectivas recomendações.

PROBLEMAS CONSTATADOS	REFERÊNCIAS	RECOMENDAÇÕES	ÓRGÃOS RESPONSÁVEIS
Não acesso aos benefícios dos programas federais (Bolsa Família e Minha Casa, Minha Vida)	Instituído pela lei nº 10.219, de 11 de abril de 2001, do Programa Nacional de acesso à Alimentação - PNAA, criado pela lei nº 10.689, de 13 de junho de 2003, do Programa Nacional de Renda Mínima vinculada à Saúde.	Viabilizar o acesso dos catadores e catadoras aos órgãos e instituições responsáveis pelo cadastro e estabelecimento dos referidos programas	Secretária de Ação Social, através do CRAS – Centro de Referência da Assistência Social, por meio de articulação de parcerias./ Programa Pró-Catador.
Falta de capacitação dos catadores	Programa Pró-Catador / Decreto Nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010	Capacitação e formação dos trabalhadores, além de assessoria técnica	Secretária de Ação Social, Através Do CRAS – Centro de Referência da Assistência Social, por meio de articulação de parcerias, / Programa Pró-Catador.
Ausência de organização social formal.	Lei Nº 11.415, 2007/ Programa Pró-Catador / Decreto Nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010	Criação de uma cooperativa envolvendo os catadores do município de Macaúbas/BA e que se formalize a contratação da mesma pelo poder público municipal, para realização da coleta de resíduos sólidos recicláveis no município	Secretária de Ação Social, Secretaria de Infra, Secretaria de Obras e Serviços Municipais, Secretaria de Meio Ambiente, através de articulação de parcerias com no / Programa Pró-Catador.
Ausência de programas e ações voltados para a Educação Ambiental.	Lei nº 9.795, de 27 de Abril de 1999. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental Lei nº 12.932, de 07 de janeiro de 2014. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Bahia.	Desenvolvimento de programa de coleta seletiva solidária com inclusão socioproductiva dos catadores, através do incentivo a prática dos 3R's (reduzir, reciclar e reutilizar) com envolvimento de todos os segmentos da sociedade.	Secretaria de Educação e Secretaria de Meio Ambiente, através de articulação de parcerias.
		Implementar programas setoriais e projetos de educação ambiental para gestão integrada de resíduos sólidos através do incentivo a prática dos 3R's (reduzir, reciclar e reutilizar), bem como gerar trabalho e renda para pessoas físicas com dificuldade de colocação no mercado de trabalho e que tenham interesse em atuar nesse ramo de atividade.	Secretaria de Educação, Saúde, Meio Ambiente, Ação Social e Limpeza Urbana com articulações intersetoriais.
Ausência de documentos pessoais de alguns catadores	Constituição Federal	Encaminhamento dos catadores que necessitam regularizarem sua situação quanto à retirada de documentação	Secretária de Ação Social, através do CRAS – Centro de Referência da Assistência Social, por meio de articulação de parcerias.
Existência de atravessadores na comercialização do material reciclável	Lei Nº 11.415, 2007/ Programa Pró-Catador / Decreto Nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010	Estabelecimento de uma central de comercialização de maneira a excluir a figura do atravessador, possibilitando aos cooperados negociar diretamente com as indústrias de reciclagem	Secretária de Ação Social, através do CRAS – Centro de Referência da Assistência Social, por meio de articulação de parcerias./ Programa Pró-Catador
Os catadores trabalham sem qualquer tipo de equipamento de proteção	A Lei 6514 de Dezembro de 1977. Capítulo V da CLT, estabelece a regulamentação de segurança e medicina no trabalho.	Utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) por parte dos catadores de material reciclável	Secretária de Ação Social, Através Do CRAS – Centro de Referência da Assistência Social, Através de Articulação de Parcerias./ Programa Pró-Catador
Falta de equipamentos	Programa Pró-Catador / Decreto Nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010	Aquisição de equipamentos, máquinas e veículos voltados para a coleta seletiva, reutilização, beneficiamento, tratamento e reciclagem	Secretária de Ação Social, Através do CRAS – Centro de Referência da Assistência Social, por meio de articulação de parcerias./ Programa Pró-Catador.
Analfabetismo	Constituição Federal	Viabilizar a alfabetização dos catadores e dos familiares identificados como analfabetos na pesquisa	Secretária Municipal de Educação, através de acompanhamento e encaminhamento dos indivíduos afetados.

Fonte: Leva, 2014.

Considerando que a reciclagem de resíduos sólidos deve ser incentivada, facilitada e expandida em todo o País, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) aprovou a Resolução nº 275.

Este novo regulamento estabelece um sistema de cores de fácil visualização, de vaidade nacional e inspirado em formas de codificação já adotadas, internacionalmente para identificação de recipientes e transportadores usados na coleta seletiva.

O padrão de cores adotado é o seguinte:

- a. AZUL - papel e papelão;
- b. VERMELHO - plástico;
- c. VERDE - vidro;
- d. AMARELO - metal;
- e. PRETO - madeira;
- f. LARANJA - resíduos perigosos;
- g. BRANCO - resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde;
- h. ROXO - resíduos radioativos;
- i. MARROM - resíduos orgânicos;
- j. CINZA - resíduo geral, não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

O CONAMA recomenda a utilização desse código para os programas de coleta coletiva estabelecidos pela iniciativa privada, cooperativas, escolas, igrejas, organizações não-governamentais e demais interessados (CEMPRE, 2001).

3.7 Causas do impacto ambiental

A busca incessante de recursos para atender à produção e garantir o abastecimento de produtos à população, tem criado sérios problemas às reservas de recursos renováveis. O crescimento populacional e a aglomeração não organizada tendem a se tornar prejudicial ao meio ambiente. A maior preocupação dos estadistas da década de 90 era crescer, não importando de que forma, porém este fato despertou no mundo toda uma consciência maior de como crescer sem prejudicar o meio ambiente.

3.8 Considerações finais

A procura de soluções para a melhoria do meio ambiente mostrou que a criação de uma consciência em toda a população, não só no Brasil, mas no mundo, propiciará melhor qualidade de vida para todos os povos. A coleta seletiva e a reciclagem

reduzem o espaço ocupado pelos aterros sanitários e melhora a qualidade de vida de todos os envolvidos.

Percebe-se no Estudo de Caso o quão importante é a Educação Ambiental. É um processo que necessita do envolvimento de todos. Os resultados das melhorias são imediatos, constatando-se também que a Lei 12.305/10 da PNRS, exigem mudanças de comportamento dos municípios e da sociedade. Esse é um processo onde além de centrarem esforços na preservação ambiental, também se preocupam com a questão social, integrando as comunidades locais e criando condições para o seu desenvolvimento sustentável.

Concluindo, a postura e a consciência do consumidor têm mudado em função da própria mídia e dos trabalhos desenvolvidos pelas empresas, fazendo com que haja uma maior empatia com aquelas ambientalmente corretas.

O adensamento populacional do arranjo Paulo Afonso não dispõe de estudo detalhado de uma gestão de resíduos integrados politicamente, havendo maior dificuldade de formar consórcios pela ausência das dificuldades político administrativa das legendas política de cada município.

A Unidade de Triagem- UT é determinante no processo de reaproveitamento dos resíduos e da logística reversa, pois os resíduos representam uma realidade diante da renda e do IDH da população diagnosticada e a taxa de geração per capita do resíduo. A UT é uma edificação e instalação destinada ao manejo dos materiais provenientes da coleta seletiva de resíduos secos provenientes de resíduos domiciliares ou a eles assemelhados (papéis, plásticos, metais, entre outros), por parte de trabalhadores com materiais recicláveis, formalmente vinculados a organizações desta categoria, conforme a logística de implantação e funcionamento. Está unidade deverá estar localizada em área que não cause danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Os resíduos recebidos nesta unidade serão triados e classificados, podendo ter eventual transformação e posterior remoção para adequada disposição, conforme especificações da norma brasileira NBR 15.112/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. O senador Paulo Bauer, do PSDB/SC, pode representar um grande impulso para a cadeia de reciclagem no Brasil. Ele levou ao Plenário do Senado uma Proposta de Emenda à Constituição – a PEC 01/2012 – que visa dar imunidade de impostos para produtos elaborados com material reaproveitado ou reciclado. O objetivo é criar um poderoso e confiável motivador para desencadear iniciativas que fomentem um mercado efetivo de reciclagem e de reaproveitamento de materiais nos municípios. O decisivo apelo econômico que a imunidade tributária para a reciclagem proporcionará certamente poderá impulsionar uma tomada de realidade o que a cultura ecológica e ambientalista já preconiza como desejo coletivo.

O resíduo sólido é o poluente causador do impacto ambiental na destinação inadequado no meio ambiente. Em síntese, a base para a constituição desses cenários é o diagnóstico da situação ambiental atual das áreas de estudo, exposto às ações/atividades do projeto identificadas como potencialmente modificadoras da realidade existente dos catadores. Ao se tratar de uma análise ambiental sobre um contexto a ser configurado, muitas vezes, tal exercício envolve o entendimento de questões que ultrapassam a relação mais direta entre as ações do projeto e a realidade ambiental proposta.

Desta forma, a dinâmica de formação de um território, bem como o rol de políticas públicas, vocações econômicas e ambientais presentes em um território, podem ter vinculações futuras com um dado projeto, que podem avançar além daquelas que se mostram imediatamente visíveis numa relação de causa e efeito.

A parte final do documento é dedicada à descrição do trabalho realizado pelos catadores e catadoras de material reciclável que atuam nas ruas e no Vazadouro a céu aberto do Município de Paulo Afonso-Ba, incluindo a organização social desses trabalhadores e a apresentação das recomendações necessárias para sanar e atender a legislação vigente. Por outro lado, as informações relativas ao contexto socioambiental da área de inserção do projeto também devem ser disponibilizadas para a avaliação de impactos ambientais. Assim o conhecimento do cenário diagnóstico da área, possibilita o reconhecimento do claro efeito do Diagnóstico Social (Cadastramento de Catadores) proposto, em suas diferentes etapas, sobre o arranjo social e ambiental identificado. Por enquanto nada se vê, se lê ou se ouve falar de que os 2.810 municípios vão “fechar os seus lixões”. E agora, muito provavelmente pelos próximos 4 anos, se nada for feito, o Brasil vai continuar com 2.906 lixões por até mais 48 meses.

3.9 Recomendações

Tendo em vista os dados levantados pela pesquisa realizada junto aos indivíduos que trabalham na seleção e coleta de materiais recicláveis no arranjo Paulo Afonso, Santa Brígida e Glória, propõe-se uma série de ações a serem implementadas junto aos trabalhadores do município, conforme descrito abaixo:

- Capacitação dos trabalhadores, além de assessoria técnica, através do Programa Pró-Catador;
- Utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) por parte dos catadores de material reciclável;
- Estabelecimento de uma central de comercialização regional, de maneira a excluir a figura do atravessador, para que desta forma os cooperados possam negociar diretamente com as indústrias de reciclagem;
- Desenvolvimento de programas e/ou ações de educa-

ção ambiental permanente junto à população da cidade, enfocando a separação prévia do material reciclável a ser coletado. Este programa pode ser implantado dentro das escolas, creches, centros de referência da assistência social, através dos grupos de mulheres e idosos, com oficinas de reciclagem na criação de artesanatos, por exemplo, que ocasionalmente pode ser revertida em atividade de geração de renda;

- Encaminhamento aos meios competentes dos catadores e seus familiares que necessitam regularizar sua situação quanto a retirada de documentação;
- Incentivar a organização produtiva com a criação de uma cooperativa envolvendo os catadores do município da UGR- Paulo Afonso e que se formalize a contratação da mesma pelo poder público municipal, conforme estabelecido pela Lei nº 11.415, 2007, para realização da coleta de resíduos sólidos no município, com equipamentos, máquinas e veículos voltados para a coleta seletiva, reutilização, beneficiamento, tratamento e reciclagem. Dando prioridade a todos os catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis que tem na catação a única atividade remunerada da família, além de lhes assegurar direitos previdenciários;
- Assistir através da Secretaria Municipal de Ação Social as mulheres envolvidas na catação de materiais recicláveis, identificando e instruindo adequadamente as que preenchem os requisitos para recebimento do Benefício Bolsa Família;
- Viabilizar junto à prefeitura a alfabetização dos catadores e dos familiares que foram identificados na pesquisa como não alfabetizados;

REFERÊNCIAS

- BRASIL, MINISTERIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE A FOME – MDS. Gestão da Informação. Disponível: <http://www.mds.gov.br/gestaoainformacao>. Acessado em 10 de janeiro de 2013.
- BRASIL, GOVERNO FEDERAL. PORTAL DA TRANSPARENCIA. Informações financeiras dos municípios brasileiros. <http://www.portaltransparencia.gov.br/#>
- CUNHA, Marina Roriz Rizzo L. Eu vivo do lixo: a identidade dos catadores de materiais recicláveis de Goiânia. Anais do IV Simpósio Lutas Sociais na América Latina -GT 5. Lutas sociais urbanas. GEPAL-Grupo de Estudos de Política da América Latina, Londrina (UEL-Universidade Estadual de Londrina), 2010.

DATASUS – Departamento de Informática do SUS. Portal de informações em saúde, na internet. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>. Acessado em: 12 de janeiro de 2013.

HONORATO, G. S. . Gerenciando impactos sócio-econômicos: o papel da Sociologia na implementação de usinas hidrelétricas no Brasil. Revista Eletrônica Espaço Acadêmico, v. 1, p. 1, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Censo Demográfico Brasileiro, 1991, 2000 e 2010.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável – Região Nordeste. Ipea, Brasília, 2013.

LOUREIRO, C. F. B. (Org.). Educação ambiental no contexto de medidas mitigadoras e compensatórias de impactos ambientais: a perspectiva do licenciamento. Salvador: IMA, 2009a. (Série Educação Ambiental, 5).

MICHEL, Maria Helena. Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais. São Paulo: Atlas, 2005.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil. PNUD, 2013.

PORTAL EDUCACIONAL. Reportagem sobre o trabalho infantil: Criança no lixo nunca. Disponível em: <http://www.educacional.com.br/reportagens/crianca/lixao.asp>. Acessado em 12 de janeiro de 2013.

QUINTAS, José Silva. Introdução à gestão ambiental pública. Brasília: IBAMA, 2005. 132 p. il. (Coleção Meio Ambiente. Série Educação Ambiental, 5).

SEI – SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. Anuário Estatístico da Bahia, 2004. Salvador: SEI, 2004.

Estatísticas dos Municípios Baianos 2011. Salvador: SEI, 2011.

TRIBUNAL DE CONTAS DOS MUNICÍPIOS. Portal da cidadania, município de Antônio Gonçalves. Disponível em :<http://www.tcm.ba.gov.br/TCM/Municipios.aspx?Id=240&Cidade=ANTONIO-GONCALVES>. Acesso em: 10 de janeiro de 2013.

SANCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SOUZA, E. A. Reordenamento sócio-econômico e cultural das famílias atingidas pela UHE Engenheiro Sérgio Motta: reassentamentos Pedra Bonita e Santa Emília/Santana em Brasilândia-MS. Dissertação de Mestrado (Geografia). Presidente Prudente: UNESP, 2005.

GLOSSÁRIO DOS TERMOS TÉCNICOS

Acondicionamento – ato ou efeito de embalar os resíduos sólidos, para proteger e facilitar o seu transporte.

Área de coleta – região que, em virtude de suas características, é considerada separadamente, para fins de planejamento e execução da coleta de resíduos sólidos no interior do seu perímetro.

Catador de resíduos recicláveis – indivíduo que trabalha exclusivamente com a triagem e/ou coleta dos resíduos recicláveis para a comercialização e subsistência. Podendo ser autônomo ou estar associado a cooperativas e/ou associações.

Coleta de resíduos sólidos – ato de recolher ou transportar resíduos sólidos de qualquer natureza, utilizando veículos e equipamentos apropriados para tal fim.

Coleta seletiva – coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição.

Vazadouro – disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos no meio ambiente contaminando a atmosfera, solo, águas subterrâneas e águas superficiais, não havendo nenhuma forma de segurança ambiental, inclusive com a possibilidade de presença de catadores.

Relatório Parcial (RP) - documento a ser apresentado, que traduz o resultado parcial dos serviços ou de componentes dos serviços.

Resíduos Recicláveis (RR) - conjunto dos resíduos sólidos urbanos que possuem condições de serem comercializados na forma em que são coletados para o seu reprocessamento, tais como: papéis, papelão, metais, isopor, plásticos (polímeros), vidros, entre outros.

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) – são os resíduos gerados num aglomerado urbano, excetuando os resíduos industriais perigosos, de serviços de saúde (grupos A, B, D e E) e de portos aeroportos.

Unidade de Gestão Regional (UGR) – conjunto de Municípios que compartilham, de forma integrada e compartilhada, unidades de manejo e destino final de resíduos sólidos urbanos.

Unidade de Triagem (UT) – conjunto das edificações e instalações destinadas ao manejo dos materiais provenientes da coleta seletiva de resíduos secos provenientes de resíduos domiciliares ou a eles assemelhados (papéis, plásticos, metais, entre outros), por parte de trabalhadores com materiais recicláveis, formalmente vinculados a organizações desta categoria, conforme a logística de implantação e funcionamento.

4

Critérios para Seleção de Áreas, para Implantação de Aterro Sanitário, no Município de Paulo Afonso-Ba

Criteria for the Selection of Areas for Implementation of a Sanitary Landfill in the Municipality of Paulo Afonso-Ba

Rodrigo A. Carvalho

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos

Os Vazadouros a céu aberto, antes utilizados como a solução mais rápida pelos gestores municipais para destino final dos resíduos sólidos, se tornaram um grande problema ambiental e social, contaminando o ar, solo, águas superficiais e subterrâneas. Desta forma fez-se necessária a seleção de alternativas mais seguras para a disposição destes resíduos, entre elas a construção de Aterros Sanitários. A Lei 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, de modo a promover a implantação de Aterros Sanitários nos municípios aliada ao encerramento dos Vazadouros a céu aberto. Para atingir este objetivo têm sido realizados nos municípios baianos diagnósticos ambientais, entre eles o de Paulo Afonso, que será contemplado com a implantação de um Aterro Sanitário. O presente artigo, discute os critérios utilizados para seleção de áreas objetivando a implantação do referido Aterro Sanitário, tendo o mesmo como estudo de caso. Para tal, levou-se em consideração as características locais referentes aos meios físico, biótico e socioeconômico do Município, dentro das vertentes (infraestrutura, critérios fisiográficos e socioeconômicos). Além disto realizou-se a projeção de crescimento populacional, para um horizonte de tempo de 30 (trinta) anos, sendo esta a previsão de duração para operação do futuro Aterro Sanitário. Também foi realizada pesquisa referente a possíveis restrições legais à implantação e operação do empreendimento. A escolha final da área/gleba para implantação do empreendimento representa a mais adequada aos critérios pré-estabelecidos.

Palavras-chaves: Aterro sanitário, diagnóstico ambiental, meio-ambiente, resíduos sólidos

Open pit dumps, previously used as the quickest solution by municipal managers for the final destination of solid waste, have become a major environmental and social problem, contaminating the air, soil, surface and groundwater. Thus, it was necessary to select safer alternatives for the disposal of this waste, including the construction of landfills. Law 12.305 / 2010 instituted the National Solid Waste Policy, in order to promote the implantation of sanitary landfills in the municipalities together with the closure of the open landfills. To achieve this objective, environmental diagnoses have been carried out in the municipalities of Bahia, including Paulo Afonso, which will be contemplated with the implantation of a Sanitary Landfill. This article discusses the criteria used to select areas in order to implement the aforementioned Landfill, taking it as a case study. To this end, local characteristics regarding the infrastructure, physiographic and socioeconomic aspects of the municipality. In addition, population growth was projected for a time horizon of 30 (thirty) years, this being the forecast for the duration of the future landfill operation. Research was also carried out regarding possible legal restrictions on the implementation and operation of the enterprise. The final choice of area / land for the implementation of the project represents the most adequate to the pre-established criteria.

Keywords: Landfill, environmental diagnosis, environment, solid waste

R.A. Carvalho

CEO da Ekosocial Engenharia (<https://www.ekosocialengenharia.com.br/>)

e-mail: ekosocialengenharia.fabiano@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

4.1 Introdução

Podemos considerar, nos dias atuais, que os resíduos sólidos urbanos gerados nas residências, indústrias, comércio, escolas, dentre outros, consistem em um grave problema de cunho ambiental e social.

Essa situação se deve basicamente ao crescimento constante da população, exigindo mais produção de alimentos e industrialização de matérias-primas, transformando-as em produtos industrializados, contribui para o aumento dos resíduos sólidos, com consequências desastrosas para o meio ambiente e para a qualidade de vida (FONSECA, 1999).

De acordo com a Lei nº 12.305/2010, referente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Lei nº 12.932/2014, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, em seu art. 9.º, III diretriz, que define à erradicação, à recuperação e à requalificação de áreas de destinação e de disposição final inadequadas de resíduos sólidos, a exemplo de lixões/Vazadouros a céu aberto, aterros controlados e aterros sanitários mal operados.

Em se tratando do Município de Paulo Afonso/BA, o mesmo já possuía uma gleba onde estava sendo construído um Aterro de Pequeno Porte, porém para este trabalho, mesmo com a existência de um local provido de características supostamente adequadas para implantação deste empreendimento, foram avaliados todos os critérios pré estabelecidos pela equipe seguindo recomendações do Termo de Referência, com o intuito de se selecionar uma nova gleba/área.

4.2 Metodologia

A metodologia utilizada está associada à projeção populacional para o horizonte de projeto 30 (trinta) anos, aplicação de questionários na Prefeitura Municipal, inspeções de campo, e a observância dos aspectos legais Federal, Estadual e Municipal.

O trabalho consistiu na apresentação de 03 (três) áreas, viáveis para implantação do futuro Aterro Sanitário, para posterior seleção da mais adequada dentre as três, de acordo com critérios de seleção.

Em se tratando dos critérios considerados e observados, os mesmos foram separados em uma Matriz de Hierarquização, estruturada, no qual, foram atribuídas pontuações aos critérios. A partir deste ponto tem-se definido de forma geral que os de maior relevância pontuam mais e os de menor pontuam menos, orientando assim a tomada de decisão favorável ou não à escolha da área. As três áreas são comparadas por meio desta matriz, ajudando na visualização da área mais adequada à realização da futura intervenção.

Os critérios, foram subdivididos em: Critérios de Infraestrutura, Fisiográficos e Socioeconômicos são eles:

- **Infraestrutura** - Distância para o Centro Gerador de Resíduos; Área Disponível/ Utilizável; Condições das Vias de Acesso – Geometria, Pavimentação e Exigência de Melhorias; Disponibilidade de Água para Abastecimento e disponibilidade de Energia Elétrica.
- **Fisiográficos** - Direção Predominante dos Ventos; Topografia; Permeabilidade do Solo; Condições geotécnicas do Solo; Necessidade de Supressão Vegetal; Proximidade de Mananciais de Superfície; Água Subterrânea - Presença e Uso; Visibilidade da gleba e disponibilidade de reservas de material para recobrimento.
- **Socioeconômicos** - Existência de aglomerados populacionais no entorno; Custo presumível da gleba/área; Uso e Ocupação do Solo na Área; Uso e Ocupação do Solo no Entorno da Área; Patrimônio Histórico e Cultural e Potencial Turístico e distância da gleba ao Aeroporto/Aeródromo Municipal.

5.3 Descrição dos critérios e Matriz de Hierarquização

Os critérios de infraestrutura devem apresentar as seguintes características:

Distância para o Centro Gerador de Resíduos - Este critério caracteriza a distância entre o centro gerador de resíduo e seu destino final, influenciando diretamente no tempo e custos para o departamento de limpeza pública do Município, considera-se então um raio de cerca de 10 (dez) até 30 (trinta) Km uma distância aceitável.

Área Disponível/ Utilizável - Critério diretamente associado à vida útil do Aterro Sanitário, em se tratando do trabalho realizado no Município em aumenta questão o horizonte de projeto foi um período de 30 anos, devendo assim a área utilizável possuir um tamanho que comporte o mesmo horizonte projetado de disposição de resíduos sólidos.

Condições das Vias de Acesso (Geometria, Pavimentação e Exigência de Melhorias)- O elevado peso que os caminhões utilizados nos serviços de Limpeza Urbana do Município como caminhões compactadores, basculantes, dentre outros, quando operando em capacidade máxima, em vias acidentadas diminui a vida útil do veículo, bem como os custos com manutenção. Um acesso bem qualificado acarreta uma otimização para execução deste serviço. A observância deste critério, leva em consideração fatores como: largura da via de acesso, se ela possui pavimentação ou não, necessidade de realização de reparos e suas condições de inclinação.

Disponibilidade de Água para Abastecimento - Deve-se priorizar locais providos de estrutura para abastecimento de água visando atendimento das necessidades para implantação e operação do Aterro Sanitário. A falta desta infraestrutura acarreta um investimento maior ao empreendimento.

Disponibilidade de Energia Elétrica - Este critério tem importância fundamentada no fato da energia elétrica ser indispensável para operação de um Aterro Sanitário, quanto maior a distância da rede, maior o custo do empreendimento.

Os Fisiográficos devem apresentar as seguintes características:

Direção Predominante dos Ventos - Esse critério leva em consideração a posição e distância do povoado mais próximo, em função dos odores oriundos da operação do Aterro Sanitário, indesejáveis quando alcançam aglomerados urbanos, afetando a qualidade de vida e desvalorizando as propriedades.

Topografia - Em se tratando de topografia, pode-se afirmar que áreas/glebas, que possuem elevadas declividades ou topografia muito acidentada, como por exemplo acima de 30%, elevariam os custos e ocasionariam dificuldade de execução do projeto, ou até o inviabilizaria, logo, deve-se portanto evitar terrenos com estas características. Embasado na NBR 13.896/97, os terrenos com características topográficas planas e levemente onduladas com baixa declividade são os mais indicados para esse tipo de empreendimento, pontuando assim positivamente declividade inferiores ao máximo de 30%, ou seja, maior que 01% e menor que 30%.

Permeabilidade do Solo - Deve-se salientar a importância deste critério, pois solos muito permeáveis são menos indicados para implantação e operação de um Aterro Sanitário. Pois são, mais susceptíveis a percolação de contaminantes resultante da decomposição anaeróbica dos resíduos sólidos orgânicos, resíduo rico em matéria orgânica, que ao percolar contamina solo e o lençol freático local.

A NBR 13896 (ABNT, 1997), chama atenção para identificação do tipo de solo local, pois este é o responsável pela capacidade de depuração e da velocidade de infiltração do contaminante líquido. Logo, se faz preferível a escolha de uma área com solos que possuam uma impermeabilidade natural, como por exemplo solos argilosos, pois estes possuem baixa condutividade hidráulica, onde geralmente possuem um coeficiente de permeabilidade de cerca de menos de 10⁻⁴ cm/s. Nos solos com essas características, a infiltração ocorre mais lentamente, desta forma, favorecendo a depuração do contaminante percolado.

Condições geotécnicas do Solo - Este critério, referente ao tipo, profundidade e condições de estabilidade do solo, relacio-

na-se à determinação de uma tendência para uma maior ou menor facilidade com relação a execução da terraplenagem. Esse parâmetro interfere diretamente no custo de execução do projeto (implantação das valas). Logo, solos profundos e com boa capacidade de suporte (maior resistência à deformações/erosão) são os de melhor indicação para este tipo de empreendimento.

Necessidade de Supressão Vegetal - A grande importância de análise deste critério se dá pois a necessidade de supressão vegetal, impacta diretamente a flora e fauna local, no qual em algumas situações serão perdidas espécies raras nativas, de valor científico e econômico, bem como espécies ameaçadas de extinção. Havendo esta necessidade deve-se solicitar junto ao órgão ambiental competente uma Autorização de Supressão de Vegetação denominada (ASV). O ideal é se ter neste critério a seleção de uma área que ocasione menor impacto ao meio ambiente local, sendo assim, áreas antropizadas ou improdutivas seriam escolhas mais indicadas para o melhor atendimento deste critério.

Proximidade de Mananciais de Superfície - Durante a implantação e principalmente operação de um Aterro Sanitário existe o risco de contaminação de corpos hídricos próximos à área de influência do empreendimento. Em função deste critério se faz observar de forma mais detalhada a proximidade do empreendimento à possíveis nascentes e corpos hídricos locais, no qual a área mais favorável estaria mais distante dos mesmos, evitando possíveis contaminações. Segue-se portanto um padrão estimado de uma Portaria do Ministério do interior nº 124/80, que determina a distância mínima de 200 metros de qualquer corpo d'água de qualquer empreendimento capaz de causar poluição hídrica.

Água Subterrânea - Presença e Uso - Sabe-se da fragilidade referente a uma possível contaminação das águas subterrâneas na operação do Aterro Sanitário, logo adota-se uma distância de segurança entre a base do Aterro Sanitário até o lençol freático local, dentro de uma preocupação com permeabilidade do solo, presença de macroporos e fraturamentos geológicos. O valor adotado, que garante uma boa margem de segurança, é 03 (três) metros de distância entre a base do empreendimento até o nível mais alto do lençol freático. Tem-se também a possibilidade da existência de fissuras e cavidades no subsolo, por onde pode ocorrer percolação de chorume e acumulação de gases ocasionando riscos de contaminação das águas subterrâneas e riscos de explosões.

Visibilidade da gleba - Este critério, está relacionado ao grau de impacto visual que o Aterro Sanitário causa no local de sua implantação. Temos portanto, conforme recomendação do Termo de Referência do trabalho, que devem-se preferivelmente optar por glebas/áreas naturalmente protegidas por acidentes topográficos ou maciços arbóreos densos e permanentes. Evitando

as localizadas às margens de rodovia ou próximas a aglomerados urbanos.

Disponibilidade de reservas de material para recobrimento - Na fase de operação do Aterro Sanitário, se faz necessário o recobrimento contínuo das células com resíduos sólidos. Devendo se atentar então para a existência deste material no próprio local ou nas proximidades da área/gleba do empreendimento, evitando maiores custos para obtenção futura deste material. Para (GOMES, 2003, p.59), a existência no local de solo de boa compactação, qualifica a área para implantação de Aterros Sanitários. A análise da espessura do horizonte B é um bom indicador para avaliar esse critério, visto que a camada A normalmente é retirada nas etapas iniciais de movimentação de terra e obras de infra-estrutura.

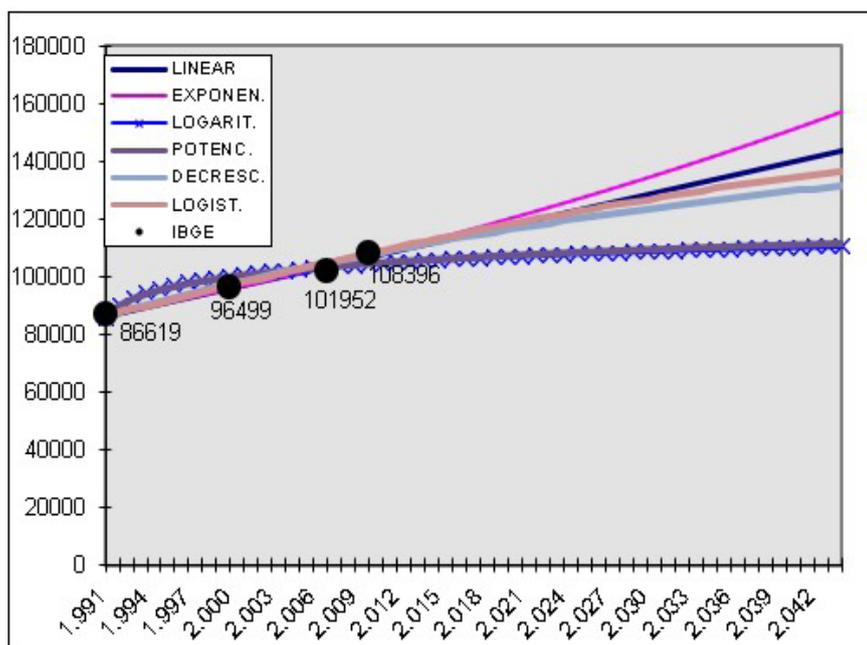


Gráfico 4.1- Modelos e tendência de crescimento da população total de Paulo Afonso. Fonte: Leva, 2014.

Os critérios socioeconômicos devem apresentar as seguintes características:

Existência de aglomerados populacionais no entorno - Esse critério tem por objetivo a observância da existência de pequenos povoados próximos a área do empreendimento e a que distância os mesmos se encontram dele, pois apesar do benefício da existência de um aterro para atender a comunidade(s) próxima(s) a ele, este também causam preocupações e riscos a estas como por exemplo: ocorrência de odores indesejáveis; ruídos; poeira e desvalorização da área.

Assim de acordo com a NBR 13896 (ABNT, 1997), indi-

ca-se que a distância para núcleos populacionais seja superior a 500m. Porém o Termo de referência do trabalho sugere-se um valor mínimo de 03 (três) km para aterros sanitários convencionais e 2 km para aterros sanitários de pequeno porte. Esse critério adotará como parâmetro esses valores sendo a distância menor que 500 metros como menos desejada e a maior ou igual a 2 quilômetros como mais desejada.

Custo presumível da gleba - Atenta-se neste critério para o custo de desapropriação da área/gleba a ser selecionada, devendo se atentar para o custo da mesma em caso de ser necessária a sua desapropriação. Havendo a possibilidade de seleção de áreas de domínio Municipal ou menos valorizadas, os custos seriam reduzidos, além da não ocorrência de desgastes com proprietários para aquisição de suas terras.

Quadro 4.1- Cenários demográficos da população total do município de Paulo Afonso

	IBGE	LINEAR	EXPONEN.	LOGARIT.	POTENC.	DECRESC.	LOGIST
1991	86619	86486	86689	85723	85893	86619	86360
2000	96499	96206	95867	100043	99771	97551	97010
2007	101952	103766	103673	103344	103274	104915	104898
2010	108396	107007	107211	104355	104373	107800	108132
Taxas de Crescimento Anual							
1991/2000	1,21	1,19	1,12	1,73	1,68	1,33	1,30
2000/2010	1,17	1,07	1,12	0,42	0,45	1,00	1,09
2014/2024		0,93	1,12	0,20	0,23	0,69	0,81
2024/2034		0,85	1,12	0,15	0,17	0,54	0,65
Incremento 1991/2000	11,41%	11,24%	10,59%	16,70%	16,16%	12,62%	12,33%
Incremento 2000/2010	12,33%	11,23%	11,83%	4,31%	4,61%	10,51%	11,46%
Coefficiente de Correlação		0,9895	0,9906	0,9359	0,9412	0,9863	0,9883

Fonte: Leva, 2014.

Fig. 4.1 - Matriz de Hierarquização utilizada no Município de Paulo Afonso/BA

INFRESTRUTURA			
	PT	PD	RM
Distância para o centro de geração de resíduos			
Maior que 15 Km	10	3	30
Entre 10 Km e 15 Km	25		75
Menor que 10 km	50		150
Área disponível / utilizável			
Igual a Área Mínima	10	1	10
Maior que Área Mínima	50		50
Condições de trafegabilidade das vias de acesso			
Via não trafegável	0	2	0
Via não pavimentada	25		50
Via pavimentada	50		100
Exigência de melhorias nas vias de acesso			
Via inexistente, necessidade construir acesso ao local	10	2	20
Via atual necessitando melhorias	25		50
Via atual em boas condições	50		100
Condições geométricas das vias de acesso			
Muito íngreme	0	1	0
Com rampas médias	10		10
Com rampas suaves	40		40
Via sem rampas	50		50
Disponibilidade de água para abastecimento			
Perfuração poço (AS) / Abastecimento via caminhão pipa (ASPP)	5	1	5
Rede nas proximidades	30		30
Rede no local	50		50
Disponibilidade de energia elétrica			
Rede distante	0	1	0
Rede próxima/no local	50		50
CRITÉRIOS FISIAGRÁFICOS			
Direção predominante dos ventos em relação à zona urbana			
Afeta	0	3	0
Afeta parcialmente	20		60
Não afeta	50		150
Topografia			
Ondulada com alta declividade	10	2	10
Plana	30		60
Ondulada com baixa declividade	50		100
Permeabilidade do solo no local do aterro			
Muito permeável (arenosos)	10	2	20
Média (argilo-arenosos e siltsos)	25		50
Baixa (argilosos)	50		100
Condições geotécnicas do solo			
Arenosos, argilosos, rasos a profundos, com média a baixa capacidade de suporte.	5	2	10
Rasos a profundos c/ boa capacidade de suporte, areno argilosos	25		50
Profundos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50		100

Continua na próxima página

Fig. 4.1 - Matriz de Hierarquização utilizada no Município de Paulo Afonso/BA (Continuação da página anterior)

CRITÉRIOS FISIAGRÁFICOS			
	PT	PD	RM
Necessidade de Supressão Vegetal			
Supressão total	0	2	0
Supressão parcial	20		40
Não necessita de supressão	50		100
Proximidade de mananciais de superfície			
d < 200m	0	3	0
200m < d < 500m	10		30
d > 500m	50		150
Água subterrânea - presença e uso			
< 1,5 (ASPP) ou < 3,0m (AS)	0	3	0
1,5m < p < 3m (ASPP)	5		15
> 3 m	25		75
Não detectada	50		150
Visibilidade da gleba			
Visão ampla e permanente	5	1	5
Visão ampla, de passagem	20		20
Gleba parcialmente visível	30		30
Gleba naturalmente protegida	50		50
Disponibilidade aparente de material de cobertura			
Superior a 10 km / indisponível	0	2	0
Entre 5 km e 10 km	5		10
A menos de 5 km	10		20
Na gleba, em volume insuficiente	25		50
Na gleba, em volume suficiente	50		100
CRITÉRIOS SOCIOECONOMICOS			
Existência de aglomerados populacionais no entorno			
< 500 m	10	3	30
Entre 500 e 2,0 km	30		90
> 2,0 km	50		150
Custo presumível da gleba			
Com impedimentos	0	2	0
Para desapropriação	10		20
Própria ou doação	50		100
Uso e ocupação do solo na área			
Distrito industrial/suburbano	0	3	0
Agricultura	10		30
Pastagens	20		60
Sem uso definido	25		75
Área naturalmente degradada (voçorocas, etc)	30		90
Área artificialmente degradada (mineração, etc)	40		120
Despejo de lixo / bota-fora	50		150
Uso e ocupação do solo no entorno da área			
Vegetação primária	5	2	10
Antropizada com uso	20		40
Antropizada sem uso	50		100

Continua na próxima página

Fig. 4.1 - Matriz de Hierarquização utilizada no Município de Paulo Afonso/BA (Continuação da página anterior)

CRITÉRIOS SOCIOECONOMICOS			
	PT	PD	RM
Patrimônio histórico e cultural			
Na área	0	2	0
Próximo	10		20
Inexistente	50		100
Pista de Pouso			
Menor que 10 km	0	2	0
Entre 10 e 20 km	20		40
Maior que 20 km	50		100

Fonte: Leva, 2014.

Uso e Ocupação do Solo na Área - Este critério, visa a observância de um possível uso estabelecido ou não na área/gleba, onde a título de uma melhor seleção deve-se priorizar áreas antropizadas, evitando as que sejam de expansão urbana ou industrial ou com um uso já definido.

Uso e Ocupação do Solo no Entorno da Área - Analisa-se neste critério a vizinhança da área pré-selecionada, procurando identificar a aceitação do empreendimento pela mesma, levando em consideração desvalorização imobiliária, impactos gerados e riscos inerentes a atividade potencialmente insalubre, como por exemplo, os relacionados à alteração no nível de ruído nas vias de acesso, na dinâmica de escoamento de água superficial, formação desenvolvimento de processos erosivos, descaracterização das comunidades tradicionais do município, afugentamento da fauna e risco de atropelamento. Estas informações tem por objetivo evitar futuros conflitos, logo, áreas/glebas antropizadas ou áreas sem uso são preferíveis e mais interessantes com relação a este critério.

Patrimônio Histórico e Cultural e Potencial Turístico - Critério que visa a identificação da existência ou não, dentro da área de influência direta do empreendimento, de áreas de interesse científico, histórico, de manifestação cultural, monumentos arqueológicos e de grande potencial turístico. Em caso positivo existe o risco de inviabilização da área/gleba, estas áreas, devem portanto ser veementemente evitadas.

Distância de Aeroporto/Aeródromos - Esse critério evita o risco da ocorrência de acidentes aéreos que podem ser causados por pássaros atraídos durante a operação do Aterro Sanitário. Tendo como Parâmetros legais vigentes, a Resolução CONAMA N° 04/95 que considera um raio mínimo de 20 km calculado a partir

do centro geométrico do aeródromo para localização de aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR) e de 13 km para os demais aeródromos; Além deste, tem-se também o Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário (MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011), para empreendimentos localizados no setor interno da AGRA (núcleo, raio de 9Km), onde deverá ser emitido parecer desfavorável à implantação ou funcionamento de atividades com potencial de atração de aves (MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011). Já para empreendimentos localizados entre o setor interno da AGRA (núcleo, raio de 9Km) e o limite da mesma (raio de 20 km), deve-se observar o exposto a seguir:

- a) Quando o empreendimento se localizar a menos de um quilômetro do eixo central de corredor de voo visual, deverá ser emitido parecer desfavorável. Esta medida visa dar maior proteção às aeronaves em voo nos corredores visuais no trecho compreendido entre o núcleo e o limite da AGRA (raio de 20 km);
- b) Nos demais casos, emitir parecer condicional, em assessoramento ao Comando Aéreo Regional – COMAR, no qual, o Comando da Aeronáutica - COMAER não se oporá à implantação ou funcionamento do empreendimento, desde que o responsável pelo mesmo se comprometa, formalmente, por escrito, a empregar técnicas mitigadoras e de exclusão de aves, conforme as normas relacionadas, de forma que o empreendimento não se configure em um foco de atração. [MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011].

Porém no caso dos empreendimentos localizados fora das AGRA, o órgão competente não expressa opinião (MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011).

Para o presente trabalho e devido ao exposto acima, utilizou-se os parâmetros do Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário, desta forma, o raio mínimo a ser considerado da pista de pouso à área/gleba do aterro deve ser maior ou igual a 10 km.

Matriz de Hierarquização

A Matriz de Hierarquização apresenta-se na (Figura 4.1), associada aos critérios de pontuação. Na qual, temos o valor da pontuação (PT); O peso do critério (PD), que pode variar de 01 (um) a 03 (três); e o resultado final da pontuação multiplicada pelo peso dos respectivos critérios (RM).

4.4 Projeção de população para definição da área requerida a ser selecionada

Antes da escolha da área, utilizando os critérios previamente estabelecidos para a matriz de ponderação, era preciso se saber o tamanho da área para o horizonte de projeto pré-estabelecido de 30 (trinta) anos. Para execução desta projeção no município de Paulo Afonso, um dos maiores no estado da Bahia, levou-se em consideração dados estatísticos disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no ano de 2010 e a partir daí aplicou-se equações e modelos matemáticos baseados nos dados fornecidos, no qual foi obtido o ajuste de curvas que melhor representa estatisticamente a evolução de crescimento populacional.

No gráfico 4.1, de modelos e tendência de crescimento da população total, seguido do quadro 4.1, observa-se os cenários demográficos do município de Paulo Afonso/BA.

A partir dos dados pôde-se observar pouca variação nas taxas de crescimento dentro do período de análise, verifica-se assim que o modelo exponencial melhor indica a tendência de crescimento da população local. A equação da projeção populacional pode ser definida como:

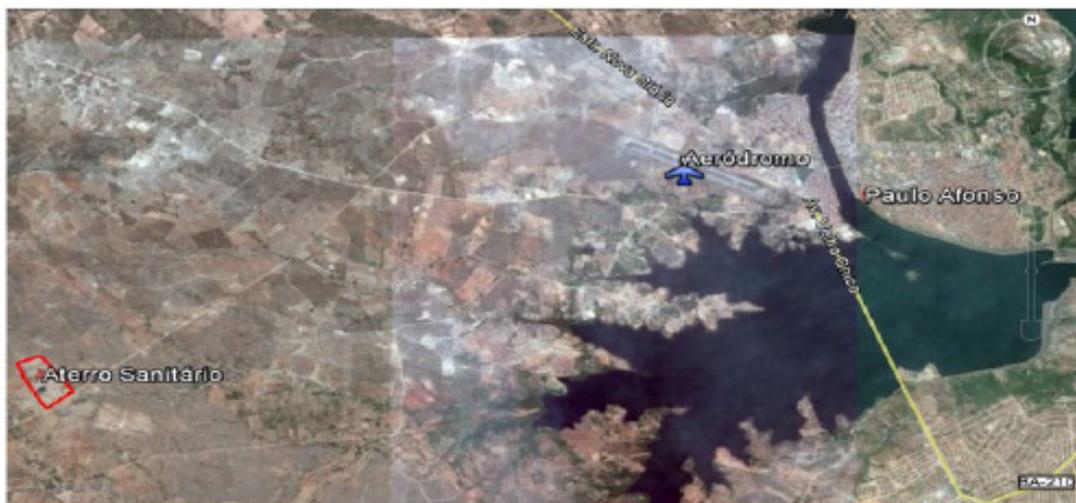


Fig. 4.2 - Localização do Aterro Sanitário de Paulo Afonso/BA. Fonte: Leva, 2014.



Figs. 4.3 e 4.4 – Instalações do Aterro de Paulo Afonso/BA Fonte: Leva,



Fig. 4.5 e 4.6 - Instalações do Aterro de Paulo Afonso/BA Fonte: Leva, 2013.



Fig. 4.7 – Localização da Área 01 – Aterro Sanitário. Fonte: Google Earth, 2013.

$$P=112.115 \times 1,01^{T-2014}$$

Os valores obtidos, para o horizonte de projeto, da população total da sede e povoados estão representado no quadro 4.1 abaixo

Quadro 4.2- População para o horizonte de projeto

ANO	POPULAÇÃO SEDE + POVOADOS	POPULAÇÃO URBANA*	POPULAÇÃO TOTAL*
2014	99.148	96.552	112.115
2044	139.563	135.909	156.805

¹ Consiste na população da Sede.

² Consiste na população urbana e rural do Município.

Fonte: Leva, 2014.

O termo de referencia do projeto sugere uma área requerida recomendável nessas condições de cerca de 35 Há, valor evidenciado no Quadro 5.3 abaixo

Quadro 4.3- Referência de área mínima recomendável

Faixa Populacional (habitantes)	AterroSanitário (ha)
De 150.001 a 250.000	35

Fonte: Termo de Referência CONDER, 2013.



Figs. 4.8 e 4.9 – Características Físicas e Bióticas da Área 01- Aterro Sanitário. Fonte: Leva, 2013.

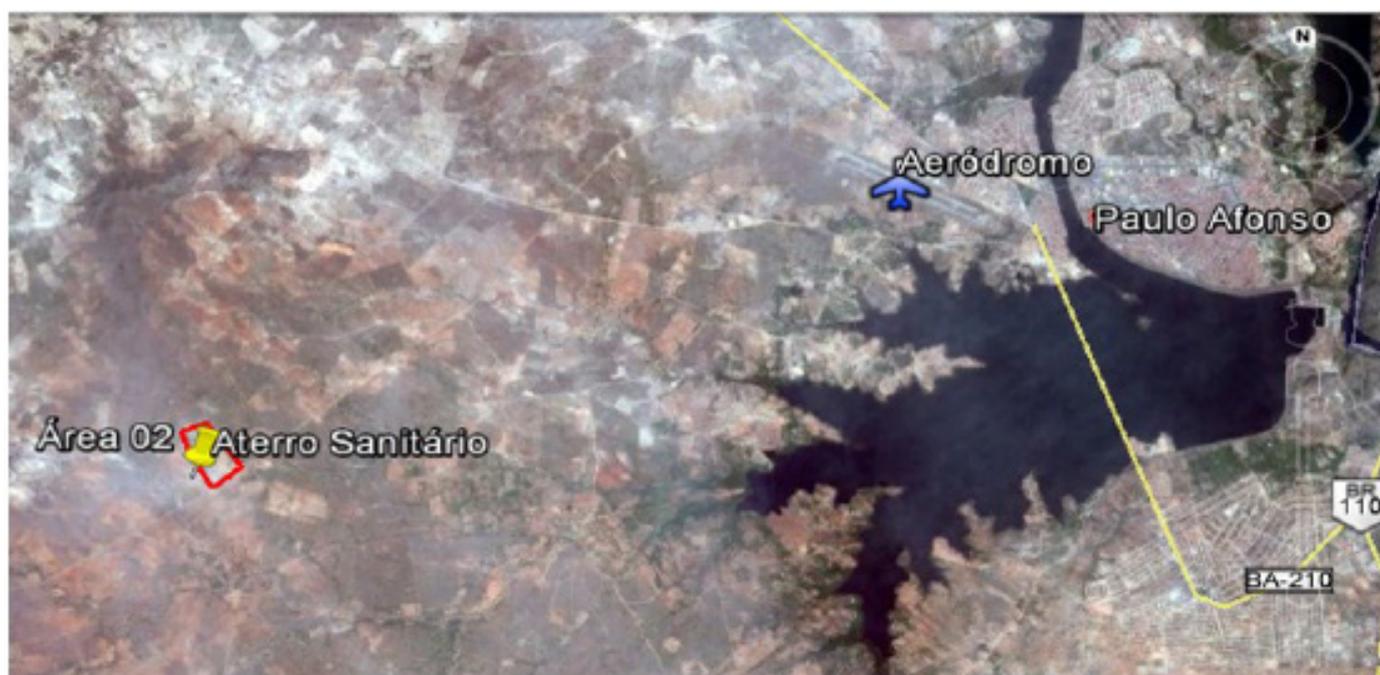


Fig. 4.10 – Localização da Área 02 – Aterro Sanitário. Fonte: Google Earth, 2012.



Figs. 4.11 e 4.12 – Características Físicas, Bióticas e Acesso da Área 02 - Aterro Sanitário. Fonte: Leva, 2013.

Desta forma obteve-se o tamanho da área necessária para atendimento de uma população total que no ano de 2044 tende a chegar a um contingente de 156.805 habitantes.



Fig. 4.13 – Localização da Área 03 - Aterro Sanitário. Fonte: Google Earth, 2012.



Figs. 4.14 e Fig. 4.15 – Características Físicas e Bióticas e Acesso da Área 03 - Aterro Sanitário. Fonte: Leva, 2013.

4.5. Estudos Locacionais e Aplicação da Matriz

Durante o processo de escolha das possíveis áreas para instalação do Aterro Sanitário, duas questões foram analisadas e abordadas para o Município, sendo a primeira a possibilidade do vazadouro a céu aberto ser uma boa escolha para instalação do empreendimento, e a segunda questão foi o fato da existência de um Aterro sendo finalizado e licenciado no Município. Logo, foi atestada a possibilidade de seleção de áreas que atendessem os critérios pré-estabelecidos adjacentes ao mesmo.

Em se tratando destas questões, durante a avaliação das mesmas, verificou-se a possibilidade de uma integração, devido a uma infraestrutura já existente para atender o Aterro Sanitário já em processo de instalação.

Considerando a grande distância do vazadouro e o Aterro Sanitário, associado ao fato do mesmo estar em zona de expansão urbana, pois a mesma encontra-se dentro do vetor de expansão da cidade o mesmo foi desconsiderado.

Quadro 4.4 - Localização das áreas estudadas para seleção de local para o Aterro Sanitário

ÁREA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	
01	Da Sede, segue-se pela BA 210 por 2,6 km, em seguida percorre-se 9,3 km por estrada em direção ao povoado de Juá. Ao lado da área do aterro sanitário.	E: 574097	S: 8957364
02	Da Sede, segue-se pela BA 210 por 2,6 km, em seguida percorre-se 9,0 km por estrada em direção ao povoado de Juá. Ao lado da área do aterro sanitário.	E: 574239	S: 8957090
03	Da Sede, segue-se pela BA 210 por 2,6 km, em seguida percorre-se 9,2 km por estrada em direção ao povoado de Juá. Ao lado da Área 02.	E: 574090	S: 8956889

Fonte: Leva, 2013.

Quadro 4.5- Resultado da matriz de hierarquização de acordo com os critérios pré-estabelecidos para seleção de glebas para Aterro Sanitário em Paulo Afonso/BA

	FATOR/ PARÂMETRO	Pontos	Alternativa 01	Pontos	Alternativa 02	Pontos	Alternativa 03	Pontos
INFRAESTRUTURA	Distância para o centro de geração de resíduos	150	Dista cerca de 11,9km	75	Dista cerca de 11,6 km	75	Dista cerca de 11,8 km	75
	Área disponível / utilizável	50	Maior que a área mínima	50	Maior que a área mínima	50	Maior que a área mínima	50
	Condições de trafegabilidade das vias de acesso	100	Trecho pavimentado e outro não pavimentado	50	Trecho pavimentado e outro não pavimentado	50	Trecho pavimentado e outro não pavimentado	50
	Exigência de melhorias nas vias de acesso	100	Trechos da via atual necessitando melhorias	50	Trechos da via atual necessitando melhorias	50	Trechos da via atual necessitando melhorias	50
	Condições geométricas das vias de acesso	50	Via sem rampa	50	Via sem rampa	50	Via sem rampa	50
	Disponibilidade de água para abastecimento	50	Rede próxima	50	Rede próxima	50	Rede próxima	50
	Disponibilidade de energia elétrica	50	Rede de energia no local	50	Rede de energia no local	50	Rede de energia no local	50
CRITÉRIOS FISIOGRAFICOS	Direção predominante dos ventos em relação à zona urbana	150	Não afeta	150	Não afeta	150	Não afeta	150
	Topografia	100	Área plana	60	Área plana	60	Área plana	60
	Permeabilidade do solo no local do aterro	100	Média permeabilidade	50	Média permeabilidade	50	Média permeabilidade	50
	Condições geotécnicas do solo	100	Rasos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50	Rasos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50	Rasos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50
	Necessidade de Supressão Vegetal	100	Parcial	40	Parcial	40	Parcial	40
	Proximidade de mananciais de superfície	150	Menos de 500 m de mananciais de superfície	30	Menos de 500 m de mananciais de superfície	30	Menos de 200 m de mananciais de superfície	0
	Água subterrânea - presença e uso	150	Não detectada.	150	Não detectada.	150	Não detectada.	150
	Visibilidade da gleba	50	Gleba parcialmente visível	30	Gleba parcialmente visível	30	Gleba parcialmente visível	30
	Disponibilidade aparente de material de cobertura	100	Na gleba em volume insuficiente	50	Na gleba em volume insuficiente	50	Na gleba em volume insuficiente	50
CRITÉRIOS FISIOGRAFICOS	Existência de aglomerados populacionais no entorno	150	Não há aglomerados no entorno	150	Não há aglomerados no entorno	150	Não há aglomerados no entorno	150
	Titularidade da terra	100	Para desapropriação	20	Para desapropriação	20	Para desapropriação	20
	Uso e ocupação do solo na área	150	Sem uso definido	75	Sem uso definido	75	Sem uso definido	75
	Uso e ocupação do solo no entorno da área	100	Antropizada sem uso e com aterro sanitário	100	Antropizada sem uso e com aterro sanitário	100	Antropizada sem uso e com aterro sanitário	100
	Patrimônio histórico e cultural	100	Inexistente nas proximidades	100	Inexistente nas proximidades	100	Inexistente nas proximidades	100
	Pista de Pouso	100	Dista cerca de 8,9 km	0	Dista cerca de 8,8 km	0	Dista cerca de 9,0 km	0
TOTAL DE PONTOS		2250		1430		1430		1400
HIERARQUIZAÇÃO			63,6%	1º/2º	63,6%	1º/2º	62,2%	3º

Fonte: Leva, 2014.

4.6 Descrição das Áreas

O Aterro Sanitário de Paulo Afonso/BA, já em construção (Figura 4.2), encontra-se localizado na zona rural, mais precisamente no povoado de Campos Novos, sob as coordenadas geográficas E: 0574537 e N: 8957028, zona 24 L, e dista cerca de 12 Km do centro gerador de resíduos (sede) e 8,5 Km e área de do Aeródromo Municipal.

O empreendimento possui uma área total de 28 (vinte e oito) hectares, sendo a área dotada de uma infraestrutura composta por portão de acesso, guarita cercas, balança, instalações operacionais e administrativas. Foi projetado com quatro células de 106 x 76 metros, com lagoas para tratamento do chorume de 15x15 metros e uma área de 100 x100 metros reservada para disposição de resíduos de poda, observa-se nas figuras 4.3 a 4.6 as instalações prontas atualmente.

O tamanho da área total do mesmo não atenderia a População total do Município por muito tempo, pois para o horizonte de projeto, a área demandada seria de cerca de 35 Hectares (ha), conforme exposto no quadro 5.3 deste artigo. Logo glebas adjacentes seriam uma solução para otimização do empreendimento, sendo feito desta forma no trabalho. Logo, todas as áreas/glebas escolhidas fazem fronteira com o Aterro Sanitário do Município.

5.7 Apresentação das áreas

A área 01, encontra-se a 11,9 km da sede de Paulo Afonso e 8,9 km do aeródromo municipal, sob as coordenadas E: 0574097m e S: 8957364m, zona 24 L. Seu acesso é por uma estrada que liga Paulo Afonso ao povoado de Juá a 2,6 km pela BA 210, via pavimentada em boas condições de rodagem e 9,3 km por estrada em leito natural.

Em se tratando de recursos hídricos, existem nas proximidades o Riacho da Gangorra a 480 metros e o Riacho Cajueiro a 490 metros da mesma, ambos intermitentes (GEOBAHIA, 2014). Há também poços tubulares nos povoados de Salgadinha e Juá, com respectivas distâncias de 1,4 e 0,7 Km, com níveis estáticos respectivamente de 1.53 e 58.54 metros. Estudos anteriormente realizados na gleba do Aterro Sanitário já implantado demonstraram que antes de 05 metros de profundidade não há água, devido a proximidade entre as áreas a serem analisadas, conclui-se não haver risco de alagamento ou inundação, diminuindo também o risco de contaminação do lençol.

A área encontra-se, antropizada apresentando poucas espécies vegetais de porte mediano, tanto exóticas como outras características do Bioma Caatinga, como Algarobas, Umbuzeiros e Mandacaru. A topografia do terreno é plana e o solo é do tipo silte argilo-arenoso de baixa profundidade e média permeabilidade.

Os ventos locais são alísios E-SE, predominantemente

oriundos do setor Sudeste, logo os odores e gases emitidos no período de operação do Aterro não afetariam a Sede do Município nem aglomerados populacionais próximos. A área 01, assim como a 02 e 03, são de propriedade particular sendo necessária a desapropriação da mesma.

A área 02 a seguir, encontra-se a 11,6 km da sede de Paulo Afonso e 8,8 km do aeródromo municipal, sob as coordenadas E: 574239m e S: 8957090m, zona 24 L. Seu acesso, também é pela estrada que liga Paulo Afonso ao povoado de Juá a 2,6 km pela BA 210, via pavimentada em boas condições de rodagem e 9,2 km por estrada em leito natural.

Em se tratando de recursos hídricos, assim como a área 01, existem nas proximidades o Riacho da Gangorra a 300 metros e o Riacho Cajueiro a 520 metros da mesma (GEOBAHIA, 2014). Os poços tubulares, em Juá e Salgadinha, estão respectivamente a 0.45 km e 1.12km da gleba.

Assim como a área 01 a mesma encontra-se antropizada apresentando algumas espécies vegetais porte mediano. A topografia do terreno é plana e o solo é do tipo silte argilo-arenoso de baixa profundidade e média permeabilidade.

Os ventos locais, oriundos do setor Sudeste, também não afetam sede e povoados próximos.

A área 03 a seguir, encontra-se a margem da estrada que liga Paulo Afonso ao povoado de Juá, a 11,8 km da sede e a 9,0 km do aeródromo municipal, sob as coordenadas E: 0574090m e S: 8956889m, zona 24 L. O acesso é o mesmo das áreas 01 e 02, 2,6 km pela BA 210, via pavimentada em boas condições de rodagem e 9,2 km por estrada em leito natural.

Há recursos hídricos próximos a gleba, estando o Riacho da Gangorra a menos de 100m e o Riacho Cajueiro a 890 metros, (GEOBAHIA, 2013). Os poços nos povoados de Juá e Salgadinha, a cerca de 0,6 Km e 1,1 Km da gleba.

Assim como as áreas 01 e 02 a mesma encontra-se antropizada apresentando algumas espécies vegetais porte mediano. A topografia do terreno é plana e o solo é do tipo silte argilo-arenoso de baixa profundidade e média permeabilidade.

Os ventos locais, oriundos do setor Sudeste, também não afetam sede e povoados próximos.

Após análise das áreas, as mesmas foram comparadas através dos critérios utilizados na Matriz de hierarquização, onde estas apresentaram resultados muito similares, em função da sua proximidade e similaridade física e biótica. Desta forma o resultado expresso em números da Matriz pode ser observado no quadro 05, no qual as alternativas são as três áreas adjacentes ao Aterro Sanitário já existente.

De acordo com os resultados obtidos na Matriz, concluí

mos que as alternativas 01 e 02 apresentam a mesma pontuação, ambas 1430 pontos, contra 1400 pontos da alternativa 03. Como principal ponto negativo em relação as demais destaca-se a proximidade da alternativa 03 à mananciais superficiais e a distância da área do Aterro.

Com relação as alternativas 01 e 02 temos que as duas apresentam resultados iguais no quesito Matriz de seleção porém a alternativa 01 irá proporcionar um impacto visual menor que a sua concorrente, pois encontra-se mais afastada da estrada, impacto este que pode ser mitigado com a construção de um cinturão verde, que conforme o Código Ambiental do Município em seu Art 50 dita sua obrigatoriedade para empreendimentos desta natureza.

Esta realidade é com base na Matriz de Hierarquização, sendo que para definição definitiva da área/gleba mais adequada seriam necessários estudos de natureza geotécnica e topográfica para uma melhor análise, bem como por se tratarem de terras particulares, avaliar o real custo das mesmas.

O ponto claramente negativo quando da definição destas áreas foi não se levar em consideração o critério distância do aeródromo, fato que ocorreu possivelmente por já existir um Aterro Licenciado no local que encontra-se a apenas 8,5 Km em linha reta do referido Aeródromo do Município. Assim como a área do Aterro as áreas adjacentes 01 02 e 03 objeto de análise encontram-se respectivamente a 8,9; 8,8 e 9,0 Km, valores que segundo a determinação da COMAER inviabilizariam estas como possíveis alternativas, embora, o trabalho tenha sido executado nessas circunstâncias, independente da limitação legal.

Caso as áreas sejam indeferidas devido a esta questão legal, o prejuízo pela não observância dos critérios pré-estabelecidos na íntegra aumentariam os custos iniciais referentes ao pré-projeto, na busca por novas áreas dentro do território do Município de Paulo Afonso.

4.8 - Considerações finais

Chegando ao fim deste artigo, conclui-se que para seleção de áreas/glebas mais indicadas ambientalmente e socialmente para implantação de um Aterro Sanitário, deve-se atentar para o horizonte de projeto pré-estabelecido, que através de uma projeção populacional futura, associada à definição de bons critérios de Infraestrutura, Fisiográficos e Socioeconômicos, são uma ferramenta prática no auxílio para tomada de decisões que melhor se enquadrem as necessidades do projeto. Além destes as limitações legais, impostas pelas legislações de caráter Federal, Estadual e Municipal devem ser observadas no rigor que as competem.

A Ponderação dos critérios pré-estabelecidos na Matriz de Hierarquização podem demonstrar numericamente qual a possível melhor escolha de acordo com as características lo-

cais. Logo, os mesmos não substituem a experiência do técnico experiente, que pode analisar mais parâmetros em campo do que os expostos na referida Matriz. Mesmo assim são um norte, eficaz para realização do trabalho podendo ser replicados para determinação destas em inúmeros casos e inúmeras vezes.

Porém, para otimização do Aterro Sanitário necessário se faz a implementação de incentivo ao reuso e reciclagem dos resíduos associados a implantação de unidades de triagem de resíduos além de uma unidade de compostagem agregada ao Aterro Sanitário, fator que aumentaria a vida útil do mesmo, essa preocupação com o Manejo dos Resíduos Sólidos é prevista na Lei 11.445/2007-Lei de Saneamento Básico e a elaboração e execução de Planos de gerenciamento de resíduos conforme previsto na Lei 12.305/2010.

Referências

- ABNT NBR 8419/1992 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos;
- ABNT NBR 13896/1997 – Aterros de Resíduos não perigosos. Critérios para projetos, construção e operação;
- CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. IQR – Índice de Qualidade do Aterro Sanitário (Controlado, Lixão ou Usina de Reciclagem/Compostagem). São Paulo, 1998.
- CÓDIGO DE MEIO AMBIENTE DE PAULO AFONSO – SEÇÃO III – Aterros Sanitários, Art.50. 14p;
- FONSECA, Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana: A União. 1999.122p;
- GEOBAHIA. Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental. Disponível em: <<http://geobahia.inema.ba.gov.br>>. Acesso em: maio/2014.
- GOMES, Luciana Paulo; MARTINS, Flávia Burmeister. Capítulo 3. Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte. In Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte. Castilhos Jr., A.B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003, 280p.
- IBGE. Sinopse por Setores – Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>. Acesso em: Fevereiro, 2014.
- Lei 11.445/2007 - Lei de Saneamento Básico
- Lei 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Lei 12.932/2014 – Política Estadual de Resíduos Sólidos;
- MINISTÉRIO DA DEFESA. Plano Básico de Gerenciamento de Risco aviário. Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Comando da Aeronáutica. Maio, 2011.
- Resolução CONAMA nº 04/95 Dispõe sobre a Área de Segurança Aeroportuária – ASA;

5

Alternativa Locacional para Implantação de Aterro Sanitário de Pequeno Porte no Município de Boquira-Bahia

Location Alternative for the Implementation of a Small Landfill in the Town of Boquira-Bahia

Luciana Souza de Oliveira

José Ângelo Sebastiao Araújo dos Anjos

A disposição inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), tem se tornado uma das grandes preocupações ambientais no Brasil mesmo com a implementação da lei Federal 12.305/10 da PNRS. Essa lei indicou que todos os municípios apresentassem um destino ambientalmente adequado dos seus resíduos gerados. Todavia, de acordo com a Abrelpe (2015), a maioria das cidades brasileiras ainda lança seus RSU nos lixões a céu aberto ou aterros controlados. Essa problemática não se restringe às grandes capitais, mas também aos pequenos municípios. No estado da Bahia, segundo a SEDUR (2014), dos 417 municípios, 359 ainda apresentam disposição irregular. A maioria desses municípios possui pequena população e geração de resíduos de até 20 t/dia, enquadrando-se dessa forma na NBR 15.849 (ABNT 2010), a qual estabelece critérios para a implantação de Aterro Sanitário de Pequeno Porte (ASPP). O município de Boquira, localizado no semiárido baiano, enquadra-se nesta norma, por apresentar população inferior a 25.000 mil habitantes e geração estimada de resíduos inferior a 20 t/dia. Desde 1992, os seus RSU gerados no município são lançados de forma inadequada na bacia de rejeito de chumbo da Mineração Boquira, que contém altos teores de metais pesados. Diante do exposto, este estudo apresenta uma proposta de alternativa locacional para implantação de ASPP no município de Boquira-BA.

Palavras – chave: Resíduos sólidos, lixão, aterro sanitário de pequeno porte.

The inadequate disposal of Solid Urban Waste has become one of the major environmental concerns in Brazil even after the implementation of the Federal law 12,305 / 10 of the National Program of Solid Waste. This law indicated that all municipalities should present an environmentally appropriate destination for their waste. However, according to Abrelpe (2015), most Brazilian cities still launch it in open dumps or controlled landfills. This problem is not restricted to large cities, but also to small ones. In the state of Bahia, of the 417 municipalities, 359 still have an irregular disposition. Most of them have a small population and generate waste of up to 20 tons / day, thus meeting NBR 15.849, which establishes criteria for the implementation of small landfills. The town of Boquira, located in the semi-arid region of Bahia, fits this standard, as it has a population of less than 25,000 inhabitants and an estimated generation of waste of less than 20 tons / day. Since 1992, the waste generated in the municipality has been launched inappropriately in the lead tailings basin of Mineração Boquira, which contains high levels of heavy metals. Given the above, this study presents a proposal for a location alternative for the implementation of a small sanitary landfill in the city of Boquira-BA.

Keywords: Solid waste, dump, small sanitary landfills.

L.S. Oliveira

Engenheira Sanitária e Ambiental

e-mail: oliveira7.luciana@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

6.1 Introdução

A disposição final dos resíduos sólidos industriais e urbanos, tem sido alvo de grandes discussões, uma vez que seu descarte inadequado pode ocasionar danos ao meio ambiente e a saúde humana. Diante desse fato, o Brasil enfrenta grandes problemas quanto a destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que somado a falta de informação e negligência, tanto das comunidades quanto de seus gestores, promovem uma administração incompetente dos resíduos sólidos (BARROS, 2012). A complexidade da problemática não restringe às grandes capitais, mas também aos pequenos municípios.

Mesmo com a implementação da lei Federal 12.305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual estipulou que os municípios apresentassem um destino ambientalmente adequado dos seus resíduos gerados, segundo a Abrelpe (2015) a maior parte das cidades brasileiras ainda lança seus RSU nos lixões a céu aberto ou aterro controlado. Dentre os impactos nos quais o descarte irregular de determinados materiais pode ocasionar, destaca-se a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e do solo, além da poluição atmosférica.

De forma a evitar essa contaminação, o modo de disposição dos RSU em aterros sanitários aparenta ser a menos danosa ao meio ambiente (SILVA, 2016). Este tipo de disposição, propõe minimizar os impactos negativos provenientes da degradação dos resíduos, já que estes apresentam um alto poder de contaminação devido a sua composição. Todavia, para a implantação de um aterro sanitário, é necessário obedecer a critérios técnicos, ambientais e legais para a escolha da área.

Os Municípios baianos na sua maioria apresentam pequenas populações e diferentes contextos ambientais. Em razão da pequena quantidade de resíduos gerados diariamente, é possível considerar sistemas de disposição final simplificados. Os aterros sanitários de pequeno porte (ASPP) são instalações bastante específicas pela possibilidade da operação manual e pela simplicidade em relação a instalações de grande porte, bem mais onerosas e complexas. (BELEZONI, et. al.; 2011). A Resolução CONAMA nº 404/2008, ABNT NBR 15948 /2010, estabelece que são considerados aterros sanitários simplificado ou de pequeno porte aqueles com disposição no solo de até 20 t/dia de resíduos sólidos urbanos.

Os ASPP, podem ser construídos para execução em valas ou trincheiras; execução em encosta, ou execução em área, conforme especificações da norma brasileira NBR 15.849/2010 da ABNT – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento (SEDUR, 2014). Conforme os dados da Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, indicam que a maioria dos aterros sanitários construídos na Bahia, com recursos federais se transformou em vazadouros a céu aberto (SEDUR, 2014).

As pesquisas realizadas pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (SEDUR, 2014) dentre os 417 municípios baianos visitados, 359 ainda dispõem os RSU em lixões a céu aberto, a exemplo do município de Boquira, conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos - PGIRS (Ecos, 2014) tem como destino final dos RSU, o vazadouro a céu aberto, localizado na bacia de rejeito da mineração Boquira com 6.000.000 t, contendo altos teores de metais pesados (ALVES & BERTOLINO, 2014). Esse resíduo tóxico foi depositado de forma inadequada a menos de 1Km do centro urbano do município. Diante disso, este estudo tem por finalidade colaborar com a destinação ambientalmente adequada de áreas apropriada para destinação de RSU no município de Boquira.

5.2 Objetivo Geral

Indicar alternativas locais para a implantação de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte, no município de Boquira/BA.

Objetivos Específicos:

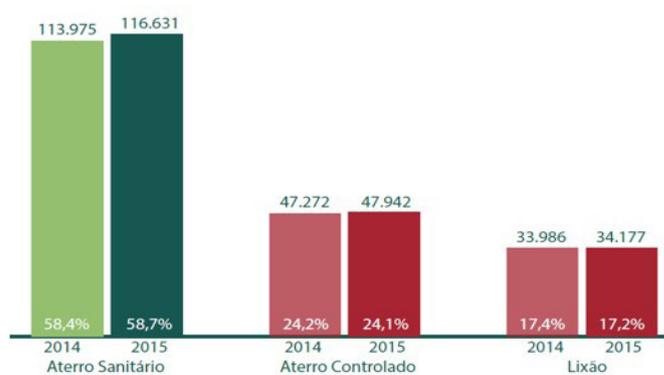
Aplicar os critérios propostos pela NBR 15849:2010 para seleção locacional;

Cálculo progressivo da geração de resíduos;

Estimar a área necessária para a implantação do aterro sanitário de pequeno porte no município; e

Escolher dentre três locais pré-selecionadas o mais adequado ambientalmente para a implantação do ASPP, no município de Boquira/BA.

Gráfico 5.1: Disposição Final de RSU no Brasil (T/DIA)



Fonte: ABRELPE (2015)

5.3 Fundamentação Teórica

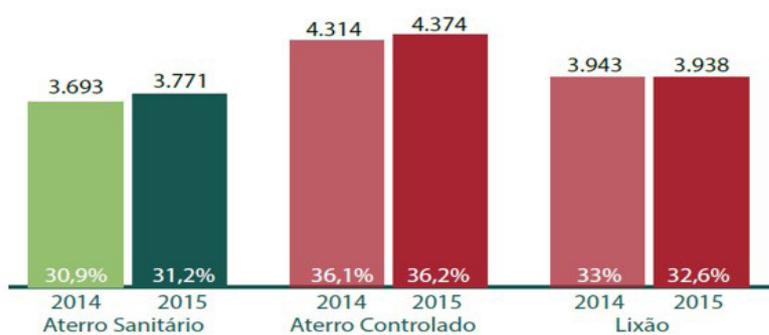
Resíduos Sólidos Urbanos

Conforme a NBR 10004, (ABNT, 2004, pg. 01) os Resíduos Sólidos são definidos como:

Aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Essa definição evidencia a complexidade e variedade dos diversos tipos de resíduos sólidos. Os RSU, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 404/2008, “são aqueles provenientes de domicílios, serviços de limpeza urbana, pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços que estejam incluídos no serviço de coleta regular de resíduos e, que tenham características similares aos resíduos sólidos domiciliares”. Dentre os vários RSU gerados, são normalmente encaminhados para a disposição em aterros sob responsabilidade do poder municipal os resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública. (PROSAB, 2003).

Gráfico 5.2: Disposição Final dos RSU no Estado da Bahia (T/DIA)



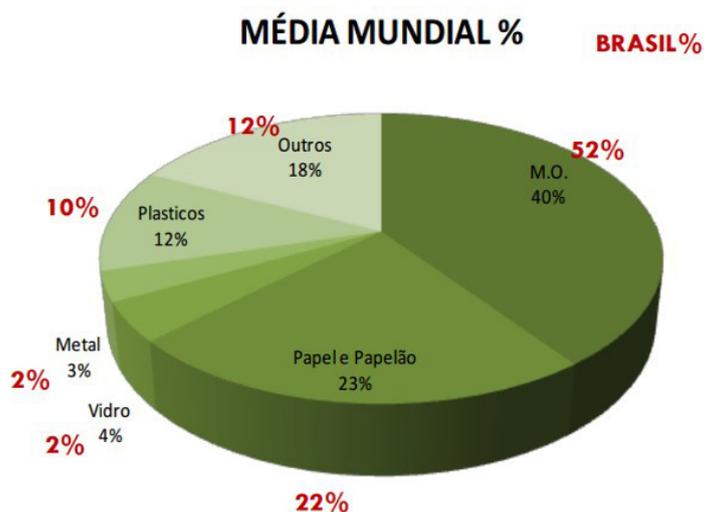
Fonte: ABRELPE (2015)

De acordo com Abrelpe (2015) os números referentes à geração de RSU, no ano de 2015 revelou um total anual de 79,9 milhões de toneladas no país, equivalente a 218.874 t/dia, com um crescimento 1,7% em relação ao ano anterior. Quanto a destinação final dos RSU, apresentou sinais de evolução e aprimoramento, com a maioria dos resíduos coletados, sendo

encaminhado para aterro sanitário, apenas 41,3% possui disposição irregular, promovendo o descarte em aterros controlados e lixões, conforme mostra o gráfico abaixo:

A região Nordeste, no ano de 2015, gerou em torno de 55.862 toneladas/dia de RSU, das quais 78,6% foram coletadas. Do montante coletado na região, 64,3% ou 28.206 toneladas diárias ainda são destinadas para lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2015).

Gráfico 5.3: Composição de RSU



Fonte: BOSCOV & BENVENUTO, 2012.

No estado da Bahia no ano de 2011, foi realizada uma pesquisa pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia, a qual registrou que dos 417 municípios visitados, 359 depositava os RSU em destinos finais irregulares (SEDUR, 2014).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas Públicas o Estado da Bahia, no ano de 2015, teve uma geração diária de 14.921 toneladas de RSU, superior aos anos anteriores, sendo que apenas 12.083 (t/dia) foram coletadas. Desse montante, de acordo com informação extraída do PGIRS (Ecos, 2014), o município de Boquira contribuiu com uma geração diária de 14 toneladas aproximadamente.

Quanto à disposição final, o estado apresentou, na sua grande maioria os mais altos números de disposição inadequada dos RSU, de toda região, equivalente a 68,8 % conforme apresentado no Gráfico 5.2:

Vale ressaltar que os dados da Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos indicam que a maioria dos aterros sanitários construídos na Bahia, com recursos federais se trans-

Fig. 5.1: Esquema de um Lixão.
Fonte: <http://www.lixo.com.br/content/view/144/251/>. Acesso em: 21 de maio 2017.

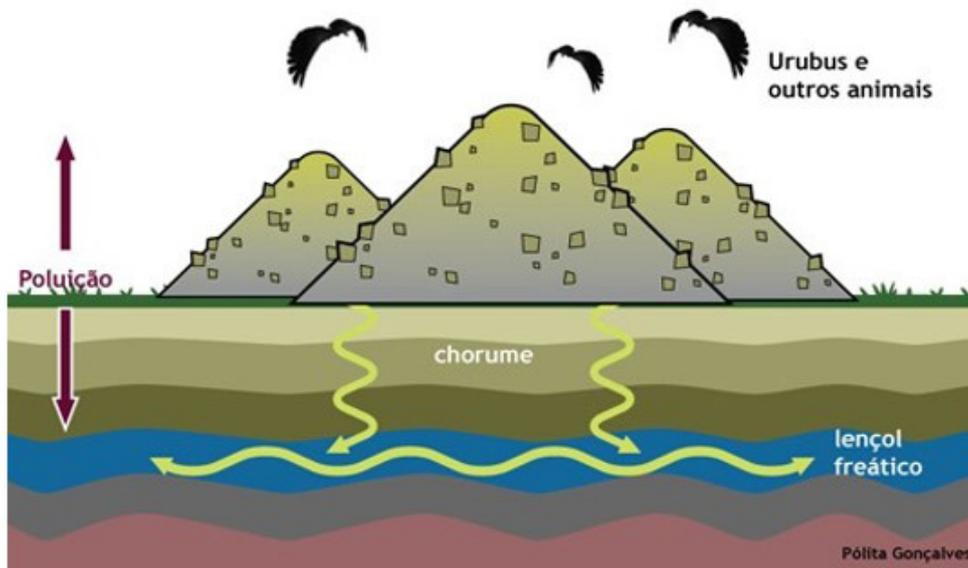


Fig. 5.1: Esquema de um aterro controlado. Fonte: <http://www.lixo.com.br/content/view/144/251/>. Acesso em: 21 de maio 2017.

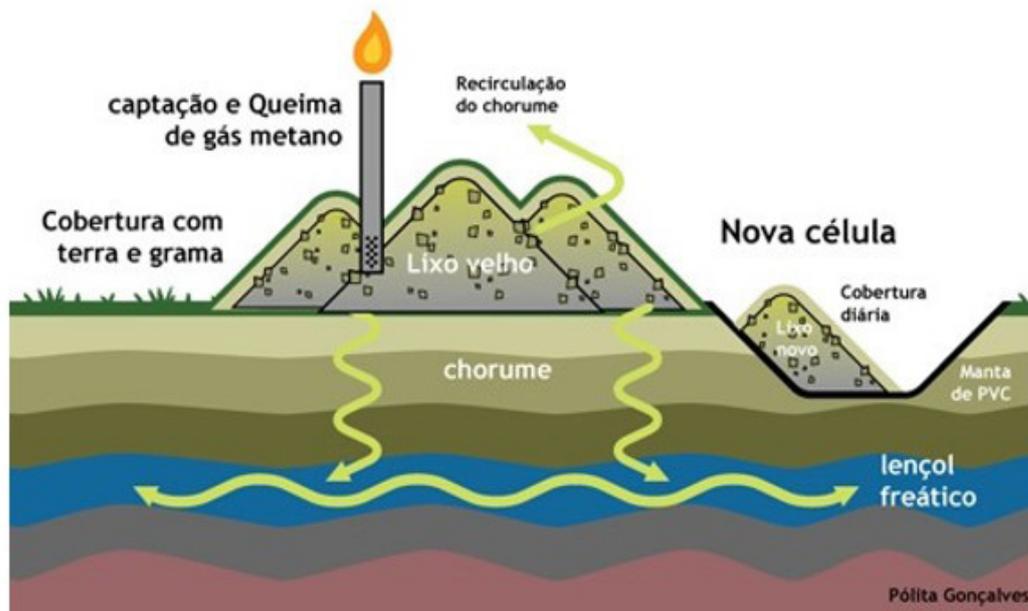
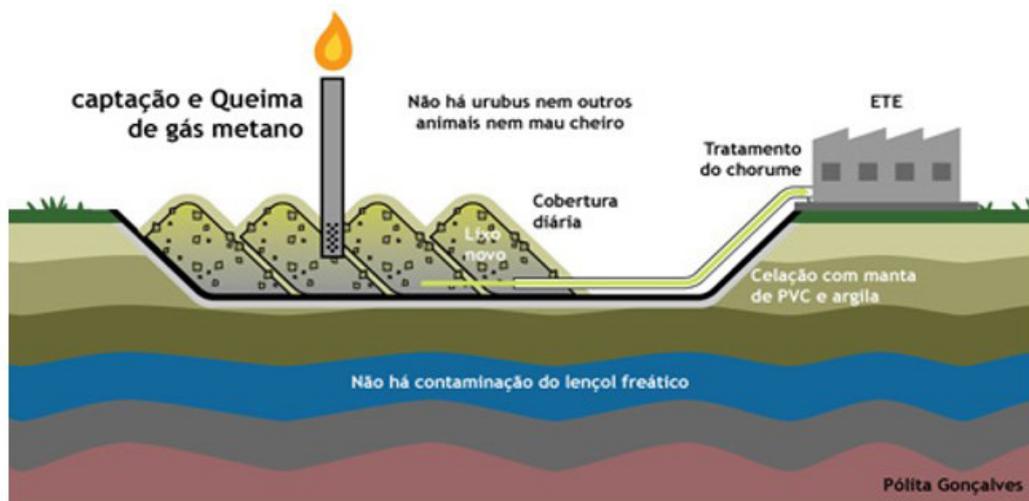


Fig. 5.3: Esquema de um aterro sanitário. Fonte: <http://www.lixo.com.br/content/view/144/251/>. Acesso em: 21 de maio 2017.



formou em vazadouros a céu aberto (SEDUR, 2014).

A Resolução CONAMA nº 404/2008, a NBR 15948 /2010, estabelece que são considerados aterros sanitários de pequeno porte aqueles com disposição no solo de até 20 t/dia de resíduos sólidos urbanos não perigosos. Sendo assim, a quantidade de RSU coletados por dia no município de Boquira-BA se enquadra neste quesito.

Além do aspecto quantitativo, é importante conhecer os aspectos qualitativos dos resíduos sólidos urbanos. O parâmetro que melhor expressa o fator qualitativo dos resíduos sólidos urbanos é a composição gravimétrica. (SILVA, 2016).

Segundo Boscov (2008) a composição gravimétrica, varia conforme o local, em função dos hábitos, alimentação e forma de vestir) e do nível educacional da população, da atividade econômica dominante (industrial, comercial ou turística) do desenvolvimento econômico e do clima. Por exemplo, cidades localizadas em países mais desenvolvidos e industrializados, tendem a gerar menor teor de materiais de Matéria Orgânica (M.O.) que em países menos desenvolvidos, como se observa no Gráfico 5.3.

Forma de disposição final dos RSU

A lei Estadual 12.932/2014, em seu Art. 11º inciso XII, define disposição final ambientalmente adequada com “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a minimizar os impactos ambientais adversos e evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança.” As formas finais de disposição mais usadas são: Lixão, Aterro Controlado e Aterro Sanitário.

Lixão

Segundo Silva (2016) o lixão trata-se uma forma de disposição dos RSU totalmente inadequada do ponto de vista ambiental e sanitário, o qual consiste na disposição direta dos resíduos no solo natural sem uma devida camada de proteção de base, que contribui para a contaminação do solo e das águas subterrâneas por não possuir camada de proteção diária e nem final, conforme apresentado na Fig. 5.1.

Até os últimos anos do século passado os lixões a céu aberto, eram os locais onde mais se descarregava o lixo, sem qualquer cuidado ou controle (BARROS, 2012). Na maioria dos casos a prática de disposição final do lixo em terrenos muitas vezes inaptos para recebê-los, se deve ao fato de

muitos gestores acreditar que, por se tratar de uma prática fácil e de baixo custo resulta numa simples solução.

Aterro controlado

Conforme a NBR 8849/1985 da ABNT, o aterro controlado consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Segundo Boscov (2008), os resíduos são cobertos com solo e eventualmente compactados, porém sem impermeabilização de base, drenagem e tratamento de chorume e gases. É vista como uma atividade poluente, pois, as medidas de controle adotadas não são suficientes para evitar a degradação ao meio ambiente.

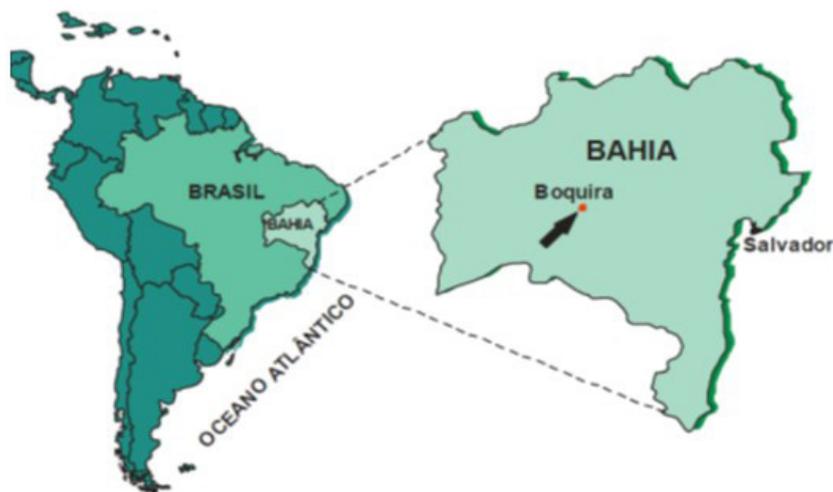
Aterro Sanitário

De acordo com a NBR 15849 (ABNT, 2010) Aterros Sanitário consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos a menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Aterro Sanitário de Pequeno Porte (ASPP)

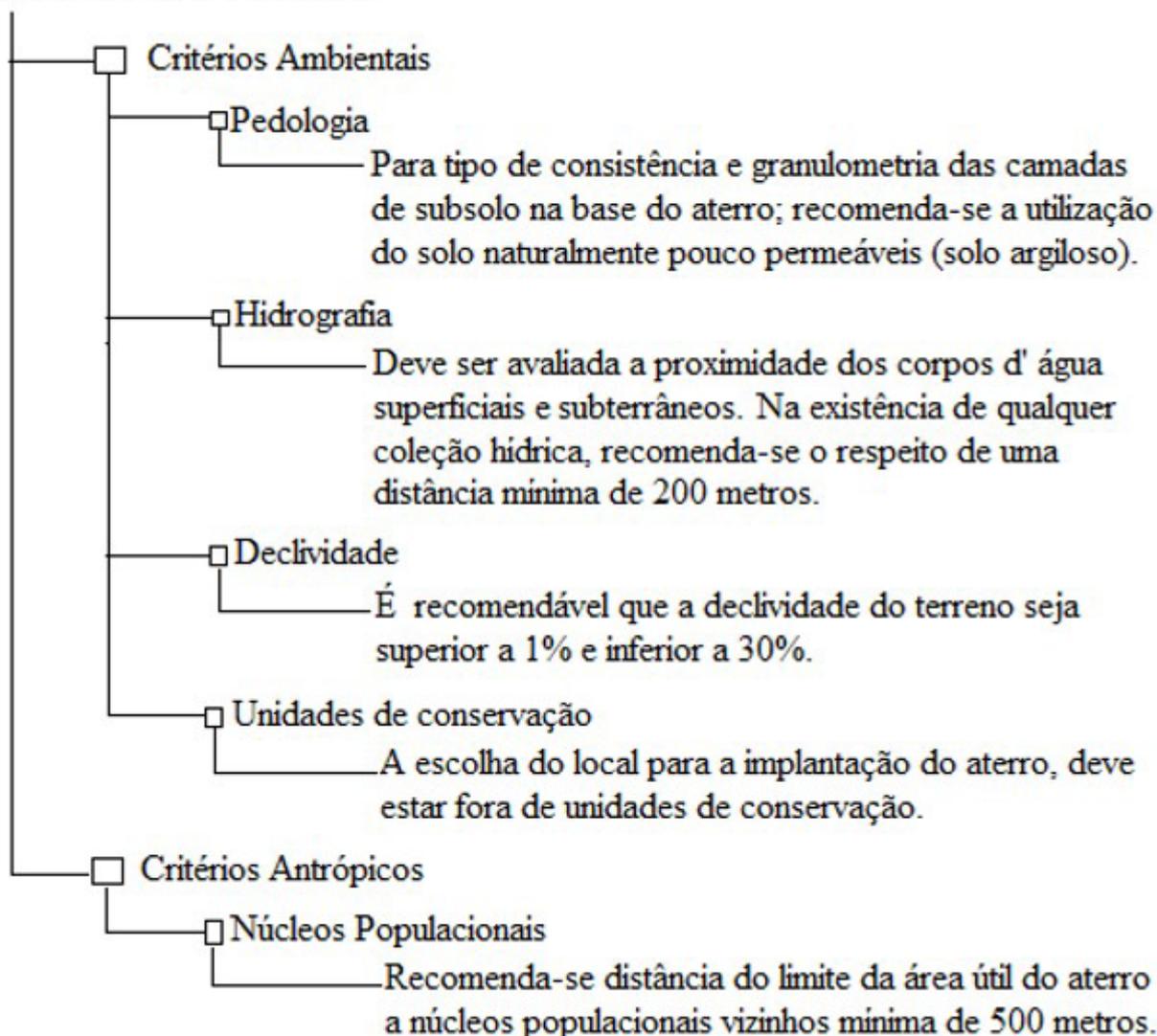
Consiste numa área selecionada ambientalmente para disposição no solo de até 20 t/dia de resíduos sólidos urbanos não perigosos de acordo com critérios e diretrizes da Resolução

Fig. 5.4: Mapa de Localização.



Fonte: (CORREIA 2007 apud SANTOS, 2014).

Crêterios para a sele o da  rea



Conama n  404/2008 em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concep o do sistema possa ser simplificada, reduzindo os elementos de prote o ambiental sem prejuízo da minimiza o dos impactos ao meio ambiente e   saúde pública.

Os ASPP, podem ser concebidos para execu o em valas ou trincheiras, mediante escava o do solo; execu o em encosta, aproveitando desníveis existentes ou execu o em área quando não for possível a escava o no terreno, depositando os resíduos, em camadas, sobre o solo existente, conforme especifica es da ABNT NBR 15.849/2010, que apresenta as Diretrizes para localiza o, projeto, implanta o, opera o e encerramento. (SEDUR, 2014).

Legisla o

A gestão dos resíduos sólidos, assim como outros serviços de infraestruturas urbanos,   responsabilidade do poder público municipal, em conformidade da Constitui o Federal Brasileira. Segundo o Art. 225  da CF/1988 todos têm direito ao meio

ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial   sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e   coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gera es. O Art 30  da CF/1988 que trata da Competência do Município, no seu inciso V, compete ao município organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local.

A lei Federal 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prioriza que todos os municípios brasileiros destinam os lixos gerados ao destino ambientalmente adequado (BRASIL, 2010). Em seu Art. 7 , dispõe sobre os objetivos da PNRS, e um dos principais consiste na prote o da saúde pública e da qualidade ambiental. Para isso, a lei proíbe a final inadequada de resíduos sólidos, a exemplo dos lixões e aterros controlados, o que levará os municípios a adotarem soluço técnicas mais adequadas para disposi o e tratamento de resíduos em aterros sanitários.

No Art. 19  da lei 12.305/2010, determina que o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) tem o seguinte conteúdo mínimo:   2  Para Municípios com menos de 20.000 (vinte mil) habitantes, o (PGIRS), terá conteúdo simplifi-

Fig. 5.5: Vazadouro a céu aberto utilizado como destinação final (Bacia de rejeito da mineração)

Fonte: Autor

cado, na forma do regulamento. § 8º A inexistência do (PGIRS) não pode ser utilizada para impedir a instalação ou a operação de empreendimentos ou atividades devidamente licenciadas pelos órgãos competentes.

O Art. 9º inciso III da lei Estadual de 12.932/2014, tem como uma de suas diretrizes gerais da implementação da Política Estadual de Resíduos Sólidos - PERS: o apoio à erradicação, à recuperação e à requalificação de áreas de destinação e de disposição final inadequadas de resíduos sólidos, a exemplo de lixões, aterros controlados e aterros sanitários mal operados;

No que tange as Unidades de Conservação a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Em seu inciso I, define Unidade de Conservação: “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

A implantação de aterro sanitário, por se trata de uma atividade que impacta o meio ambiente, a resolução CONAMA nº 001/86, instituiu a obrigatoriedade da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para fins do licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente

9.4 Critérios preliminares para seleção de área

Segundo Ribeiro (2011) existem diversas ferramentas que auxiliam a seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários, como: o uso da lógica fuzzy e análise multicritério; e sistemas de informação geográfica (SIG) como o ArcGIS. Quanto aos estudos preliminares para análise da viabilidade de implantação do ASPP, baseiam-se nos critérios específicos da ABNT NBR

15.849/2010:

5.5 Metodologia

Os procedimentos metodológicos, consistiu-se em Pesquisa Bibliográfica e levantamento de campo. A partir do levantamento de campo foram adotados procedimentos estabelecidos pela nova norma NBR 15849/2010, e assim viabilizar alternativas locacionais para o aterro sanitário simplificado, considerando as especificidades do município.

Inicialmente foi necessário a realização de um diagnóstico da caracterização física do município, com a descrição das condições geológica, geomorfológicas, hidrogeologia, pedológica e climáticas, incluindo a unidade de conservação. Foi desenvolvido levantamento da geração de RSU nos últimos 20 anos. Com dados do IBGE, Datusus e o PGRIS (Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Boquira/BA) elaborado pela Empresa de Consultoria Ambiental -ECOS, 2014 – estimou-se o crescimento populacional e a geração de resíduos, para os próximos 20 anos (usando Software Excel).

E por fim, com auxílio do SIG ArcGIS 10.2, foi desenvolvido o processamento dos dados e a fonte para sua geração, baseado no trabalho desenvolvido por Santos (2016). A descrição metodológica desse trabalho, apresenta-se detalhadamente a seguir:

5.6 - Caracterização do município de estudo

O município de Boquira está localizado na mesorregião Centro-oeste do estado da Bahia, no Vale do Rio Paramirim e a borda leste da Serra do Espinhaço Setentrional, corresponde a uma área territorial de 1.426,233 km² (IBGE, 2015). Dista cerca de aproximadamente 650 km de Salvador.

Tabela 5.2. Origem e destino final dos Resíduos Sólidos no Município de Boquira/BA.

Ano	Origem	Origem e destino final dos Resíduos sólidos						Total
		Serviço / limpeza	Coletado / caçamba	Queimado/ propriedade	Enterrado / propriedade	Jogado em terreno baldio	Outros destinos	
1990	Domiciliar	594	27	165	2	1.168	2.029	3.985
	Morador	2.697	125	756	8	5.550	10.282	19.418
2000	Domiciliar	1.275	28	1.942	141	1.502	52	4.940
	Morador	5.108	124	9.245	670	6.709	238	22.094
2010	Domiciliar	2.292	22	2.826	56	531	67	5.794
	Morador	7.861	75	11.589	204	2.017	248	21.994

Fonte: DATASUS (2011).

Do ponto de vista geológico, o município localiza-se na porção central da entidade geotectônica denominada Cráton do São Francisco, sobre o corredor de deformação do Paramirim (SANTOS, 2016). Esta feição é formada pelo Espinhaço Setentrional, pelo Bloco do Paramirim, parte do Bloco Gavião e pela Chapada Diamantina Ocidental (ALMEIDA, 1977 apud SANTOS, 2016); Segundo Garcia (2011), no município de Boquira, ocorre litotipos de idades arqueanas a paleoproterozóicas, além de coberturas neogênicas associadas. As rochas arqueanas são representadas pelo Complexo Paramirim e pelas rochas do Complexo Boquira, uma sequência do tipo Greenstone Belt. Tais rochas foram intrudidas pelo Granito de Boquira, paleoproterozóico.

Quanto a geomorfologia a área de estudo está dividida por dois domínios: A depressão do vale do Rio Paramirim e a Serra Setentrional do Espinhaço. Podem ser observados dois ambientes hidrológicos: Terrenos com altas declividades e com alguma capacidade de armazenar águas em estruturas subterrâneas; terrenos com coberturas detriticas nas depressões interplanálticas, pouco acidentados e solo de granulometria que favorece a infiltração o que resulta baixa produção de água para os rios.

Hidrograficamente o município, insere-se na Região de Planejamento e Gestão das Águas RPGA- XX, denominada de Rios do Paramirim e Santo Onofre. O Município tem como principais drenagens o Rio Paramirim, Riacho Boquira, Riacho Santa Rosa, Riacho São Marcos e Riacho do Mosquito (SEI, 2011), poucos são perenes.

Apresenta aspectos climáticos equatoriais, sendo caracterizado por apresentar médias pluviométricas anuais muito inferiores às outras regiões do Estado, e longos períodos de estiagem; com tipologia climática segundo Thornthwaite é DdA' – semiárido,

não há excedente hídrico. Existe precipitação de primavera/verão e índice hídrico de -20 a -40% (SEI, 2003 apud SANTOS, 2016). Sua pluviosidade encontra-se em isoietas acima de 894,8 mm anuais, sendo que o período chuvoso vai de outubro a março, o mês de dezembro é o mais chuvoso; apresentando uma temperatura média anual em torno de 23,8°C. (SANTOS, 2016).

Quanto as características pedológicas são observados no polígono do município, conforme Figura 6, os seguintes tipos de solos: Argissolos Vermelho-amarelo Eutrófico (PVAe), Latossolo Vermelho Eutrófico (LVE), Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico (LVAd), Neossolos Litólicos Distrófico (RLd) e Neossolos Litólicos Eutrófico (RLe). Para a (EMBRAPA 2005, apud SANTOS, 2016) são conceituados como:

O solo argissolos são solos que apresentam profundidade variável, mas em geral são pouco profundos e profundos. São constituídos por material mineral, que têm como características marcantes um aumento de argila de baixa atividade do horizonte superficial A para o subsuperficial B que e do tipo de textura (Bt);

$$P = P_0(1 + i)^t = i = \sqrt[t]{\frac{P}{P_0}} - 1 = \sqrt[6]{\frac{22.448}{22037}} - 1 = 0,31\%$$

O Latossolos, em geral, é profundo e de boa drenagem. Caracterizam-se pela homogeneidade de características ao longo do perfil. São constituídos por material mineral, da fração argila, predominantemente caulínica ou caulínica-oxidica;

Já os Neossolos – Solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso

(menos de 20 cm de espessura), que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos.

Em conformidade com o Plano Diretor Participativo do Município de Boquira, há apenas uma unidade de conservação registrada, a “APA Broto D’água”. De acordo com o CONAMA nº 010/ 1998 a APA (Área de Preservação Ambiental) “são unidades de conservação, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais.”

Tabela 5.1: População do município de Boquira referentes a anos anteriores

Ano	População (hab)
1980	19.070
1991	19.444
2000	22.121
2007	21.865
2010	22.037
2016	22.448

Fonte: DATASUS (2011); IBGE (2015)

Quanto a população municipal, de acordo com o censo 2010 era de 22.037 habitantes, cuja densidade demográfica era de 14,83 hab/km². Entre os anos de 2000 e 2007, houve uma queda na quantidade da população do município, conforme apresenta a Tabela 5.1. Já a estimativa populacional do município para o ano

$$V = \frac{G_0 \left(\frac{\text{ton}}{\text{ano}} \right)}{Y^a \text{ Comp} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right)} = \frac{5588,15}{0,4} = 13.970,38 \text{ m}^3/\text{ano}$$

de 2016 foi de 22.448 habitantes, cuja densidade demográfica é 15,74 hab/ Km². Vale ressaltar que houve também, uma redução da área territorial do município de acordo com a nova lei 12.631 de 2013.

No que tange a origem e destinação final dos resíduos sólidos urbanos do município de Boquira-BA, de acordo com levantamentos feitos pelo IBGE e informações extraídas do Datasus (2011), durante os últimos 20 anos tem obedecidos os seguintes destinos como sendo coletados por serviços de limpeza, coletado por caçamba, queimado/enterrado na propriedade, jogado em terreno baldio e outros destinos, conforme mostra a Tabela 5.2. Observa que houve uma redução, nos últimos anos para o qual seria o mais apropriado, a coleta realizada por caçamba, seguida de um destino ambientalmente adequado.

O Ministério Público do Estado da Bahia, em 2007, através do Relatório, Desafio do lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas, mostrou o resultado da avaliação e a gravidade da condição ambiental dos pontos de destinação final de resíduos urbanos na Bahia, quando foram pontuadas notas de 0 a 100, o município de Boquira obteve nota igual a 16,7 indicando uma péssima qualidade. (BAHIA, 2007).

Conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólido do Município, a Prefeitura Municipal é a responsável pelo gerenciamento dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, coletado nas seguintes localidades: Brejo Grande, Descoberta, Trevo, Vila dos Operários, Tiros e Pajeú, sendo que uma empresa privada era responsável pela execução das atividades, como: varrição, coleta, transporte e destino final, esta última se dá na bacia de rejeito da mineração Boquira, que caracteriza como o lixão do município ou vazadouro a céu aberto.

A bacia está localizada a menos de 1Km do centro urbano do município conforme mostra a Fig. 5.5. De acordo com Alves & Bertolino (2014), a bacia contém altos teores de metais pesados. Além disso o lixão facilita a proliferação de vetores como insetos e roedores, e doenças por permitir o livre acesso de pessoas (catadores).

$$A = \frac{V \text{ (m}^3\text{)}}{\text{Prof. (m)}} \times 20\%$$

$$A = \frac{17646.00 \text{ (m}^3\text{)}}{4 \text{ (m)}} \times 20\% = 8,823 \text{ ha}$$

$$A = 8,823 * 30 \%$$

$$A = 11,5 \text{ ha}$$

5.7 Caracterização Quanti-qualitativa dos RSU do Município de Boquira/BA.

A estimativa das quantidades de resíduos sólidos a serem geradas em um município, estão diretamente relacionadas ao crescimento da sua população, a geração per capita, bem como a questão socioeconômica do município. Para calcular a taxa de crescimento populacional existem várias formas, Alves et al. (2008) recomenda-se a utilização do método geométrico

$$P = P_0 \cdot (1 + i)^t$$

Onde:

P = é a população que se deseja encontrar em certo ano;

P₀ = é a população inicial;

Tabela 5.3. Apresentação de dados da estimativa populacional e geração de RSU para o município de Boquira/BA.

Vida útil	Ano	População estimada e geração de Resíduos sólidos (RS)				
		Geométrica	Geração per capita RS (kg/hab/dia)	Geração diária RS (ton/dia)	Geração anual RS (ton/ano)	Volume anual RS (m3)
1	2017	22.517	0,68	15,31	5.588,15	13.970,38
2	2018	22.587	0,686	15,49	5.655,48	14.138,71
3	2019	22.656	0,692	15,68	5.722,54	14.306,36
4	2020	22.726	0,698	15,86	5.789,97	14.474,92
5	2021	22.796	0,704	16,05	5.857,75	14.644,37
6	2022	22.867	0,711	16,26	5.934,24	14.835,61
7	2023	22.937	0,718	16,47	6.011,15	15.027,88
8	2024	23.008	0,725	16,68	6.088,48	15.221,20
9	2025	23.079	0,732	16,89	6.166, 23	15.415,56
10	2026	23.150	0,739	17,11	6.244,39	15.610,98
11	2027	23.222	0,746	17,32	6.322,99	15.807,46
12	2028	23.293	0,753	17,54	6.402,00	16.005,01
13	2029	23.365	0,760	17,76	6.481,45	16.203,62
14	2030	23.437	0,767	17,98	6.561,32	16.403,30
15	2031	23.509	0,774	18,20	6.641,63	16.604,07
16	2032	23.582	0,781	18,42	6.722,36	16.805,91
17	2033	23.655	0,788	18,64	6.803,54	17.008,84
18	2034	23.728	0,795	18,86	6.885,15	17.212,87
19	2035	23.801	0,802	19,09	6.967,19	17.417,99
20	2036	23.874	0,810	19,34	7.058,40	17.646,00

i = é a taxa de crescimento;

t = é a diferença em anos do ano da população em P_0 e da população em P .

Conforme já apresentado na Tabela 5.1, a população do município de Boquira de acordo como o IBGE (2015), para o presente trabalho tem-se os seguintes dados:

$P_0 = 22.037$ hab. (2010); $P = 22.448$ hab. (2016); $t = 6$ anos

Com isso, foi possível calcular a taxa de crescimento populacional, por meio da equação abaixo, que resultou em 0,31 %.

Para o cálculo da geração atual dos resíduos, as informações foram extraídas do PGIRS- PGRIS (ECOS,2014). A geração obtida por amostragem para o ano de 2014, foi de 0,66 Kg/hab/dia, considerando um acréscimo de 1% ao ano sobre a geração per capita, tem-se para o ano de 2017, o equivalente a 0,68 (Kg/hab./dia), cuja população estimada a 0,31% é de 22.517 habitantes.

Para o cálculo da geração de resíduos sólidos estimada para o ano de 2017, foi feito obedecendo a seguinte equação, conforme (LANGE e SIMÕES, 2008):

$$G_0 = P_0 \cdot GP_0 \cdot C_0,$$

Onde

G_0 = geração atual de resíduos (kg/d);

P_0 = população total do município (hab) estimada para o ano de 2017;

GP_0 = geração per capita atual (kg/hab.d);

C_0 = cobertura atual da coleta de lixo em (%).

Considerando que a cobertura seja em 100 %, tem-se para efeito de cálculo a equação:

$$G_0 = P_0 \cdot GP_0 \cdot C_0$$

$$G_0 = 22.517 \cdot 0,68 \cdot 100\%$$

$$G_0 = 15.311,56 \text{ Kg/dia}/1000$$

$$G_0 = 15.31 \cdot 365 \text{ dias}$$

$$G_0 = 5.588,15 \text{ ton/ano}$$

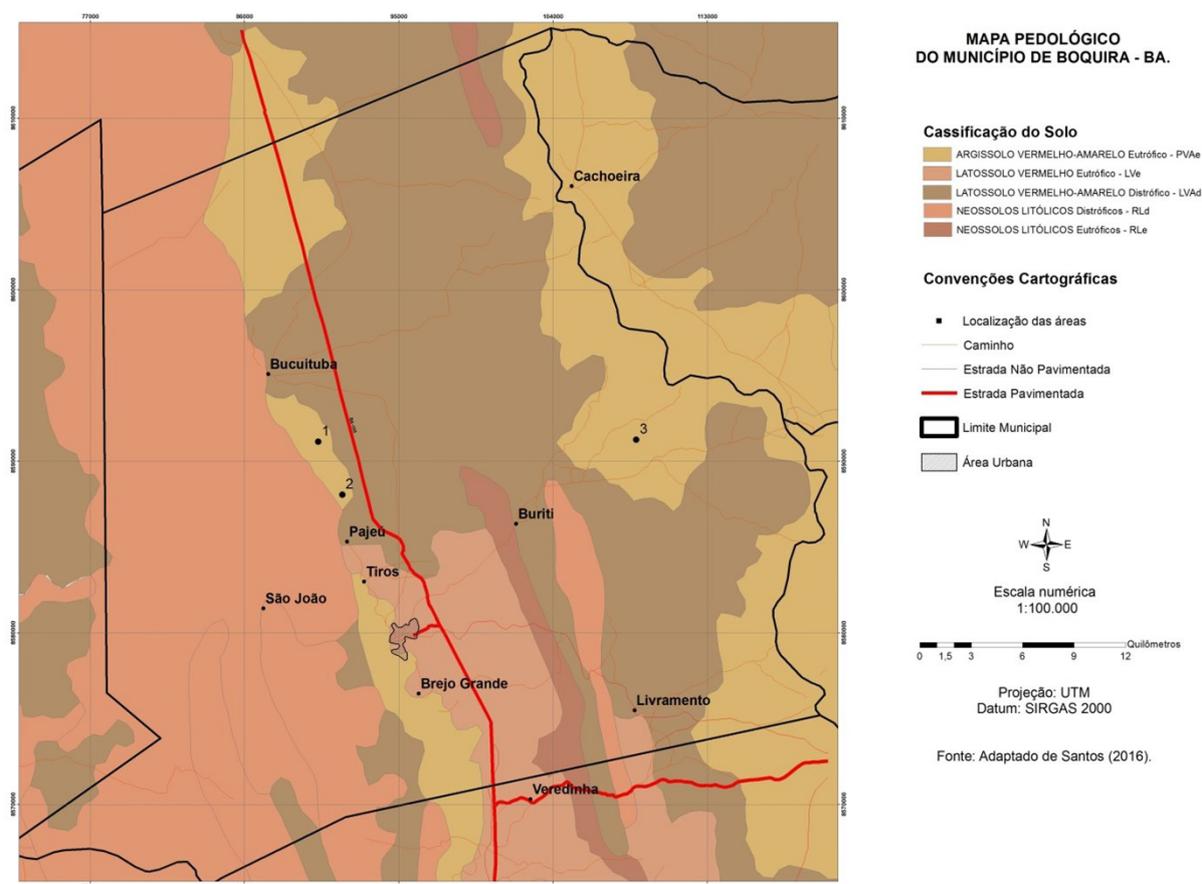
Para o cálculo do volume de lixo gerado durante a vida útil

Tabela 5.5: Composição gravimétrica do RSU, no município de Boquira-Ba por classe de Renda.

Faixa de Renda		Baixa (C)	Alta /Média (AB)	
Componentes	Peso (Kg)	Porcentagem (%)	Peso (kg)	Porcentagem (%)
Materia orgânica	32,81	29,50	37,50	33,48
Papel/papelão	10,78	9,69	9,72	8,68
Vidro/louça	10,31	9,27	8,88	7,93
Plástico	24,37	21,91	26,9	24,01
Metal/alumínio	4,68	4,20	8,75	7,81
Trapo/couro	10,78	9,69	9,16	8,18
Isopor	1,87	1,68	0,83	0,74
Papel higiênico/fralda	10,62	9,55	6,94	6,19
Madeira	1,87	1,68	2,22	1,98
RCC	2,5	2,25	1,11	0,99
Outros	0,62	0,56	-	-
TOTAL	111,21	100,00	112,01	100,00

Fonte: ECOS,2014.

do aterro sanitário, que será estimada para os próximos 20 anos. Salienta-se que a abordagem dos cálculos, é feita ano a ano. O grau de compactação ($Y^{\circ}Comp.$) a ser adotado é de 400 Kg/m³ (0,4 ton/m³) conforme Conder (2002) apud. Bellezoni et al. (2010). Para encontrar o volume produzido anualmente, foi usada a equação abaixo e obteve o valor de 13.970,38 m³/ano.

Fig. 5.6: Mapa Pedológico do Município de Boquira-Ba.

Quadro 5.1: Avaliação dos Pontos Pré-selecionados

Critério	Definição	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Solo	(Solos argilosos, argiloso-arenosos ou argiloso-siltosos)	Adequado	Adequado	Adequado
Corpos d'água superficiais	Distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso d'água;	Adequado	Adequado	Indequado
Proximidade do freático	Em relação a base do aterro ou em seu entorno imediato;	Adequado	Adequado	Indequado
Clinográfica (Declividade)	Características topográficas da área devem ser tais que permitam uma das soluções adotáveis para o preenchimento do aterro, recomenda-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;	Adequado	Adequado	Adequado
Distância de Núcleos Populacionais	Distância mínima de 500 m dos núcleos populacionais	Adequado	Indequado	Adequado

Fig. 5.7: Mapa Hidrológico do Município de Boquira-Ba.

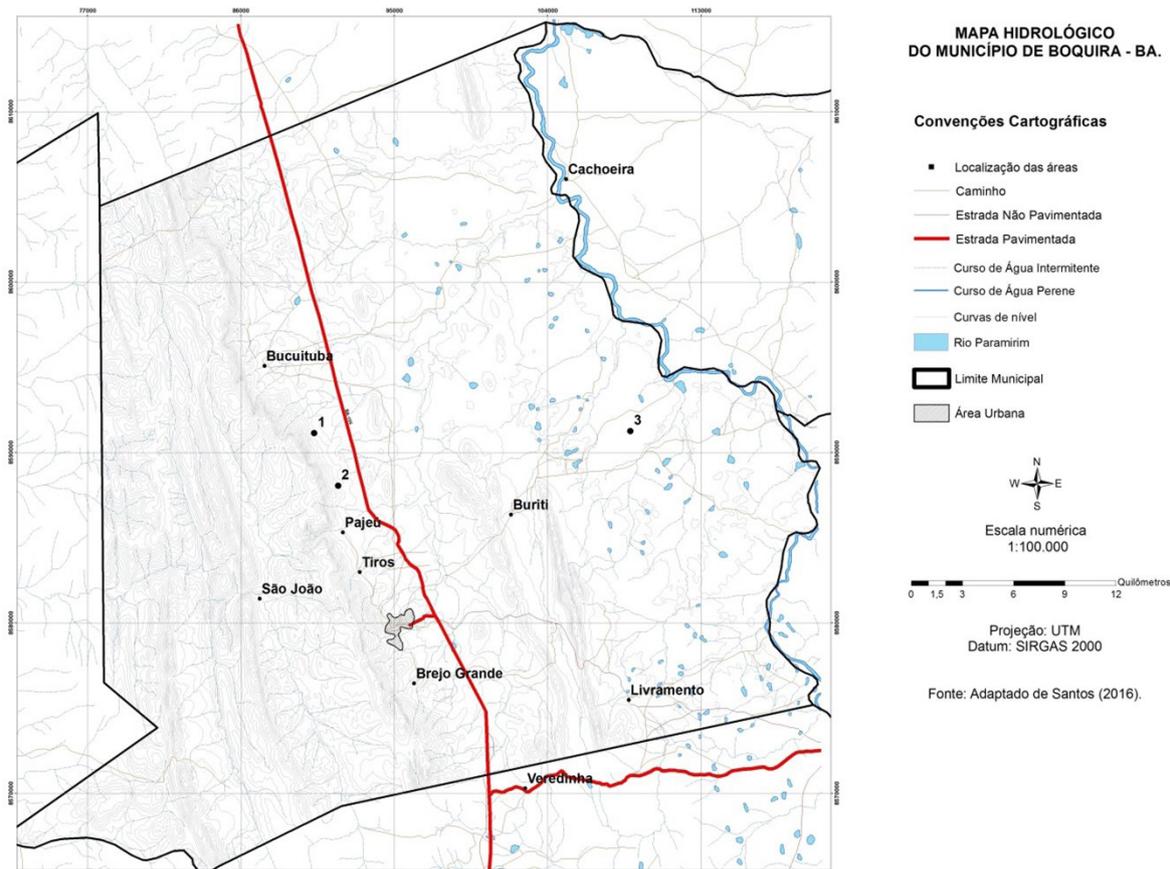


Fig. 6.8: Mapa Declividade do Município de Boquira-Ba.

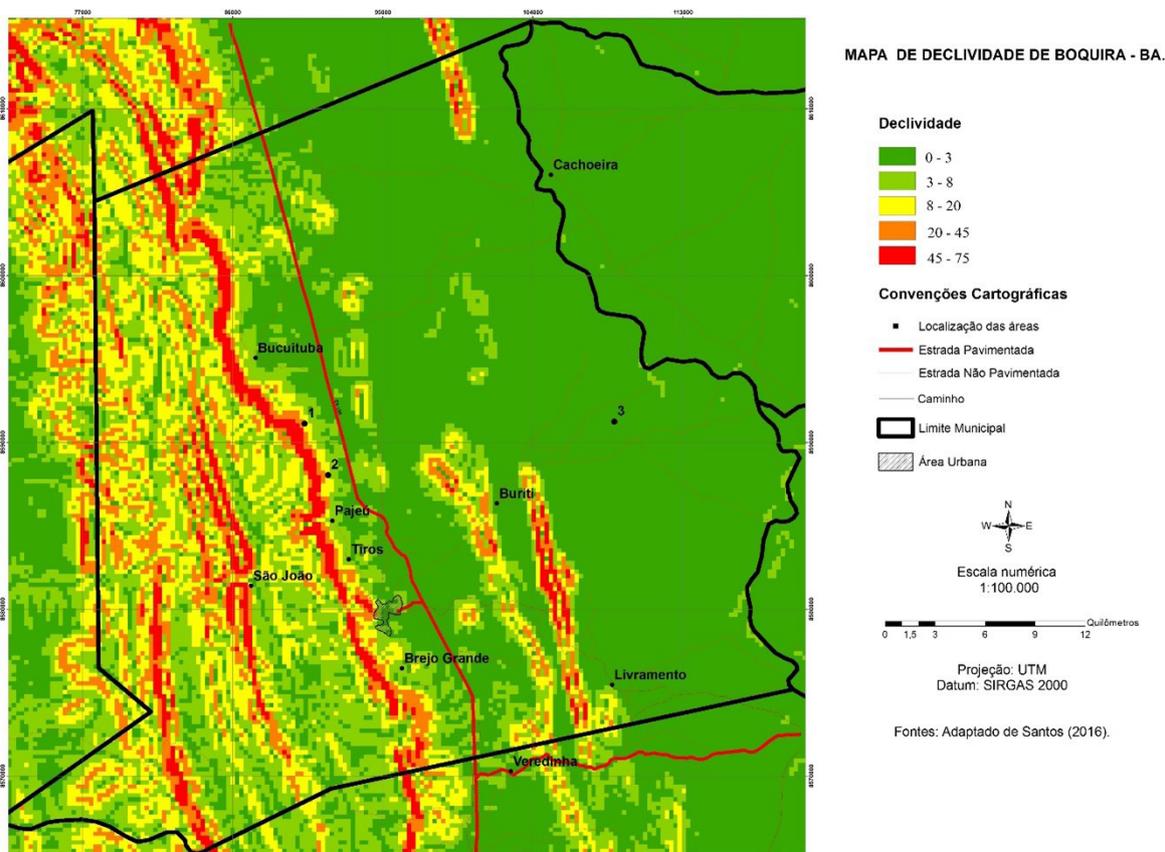


Fig. 5.9: Mapa de Localização dos Pontos Propostos para Aterro sanitário

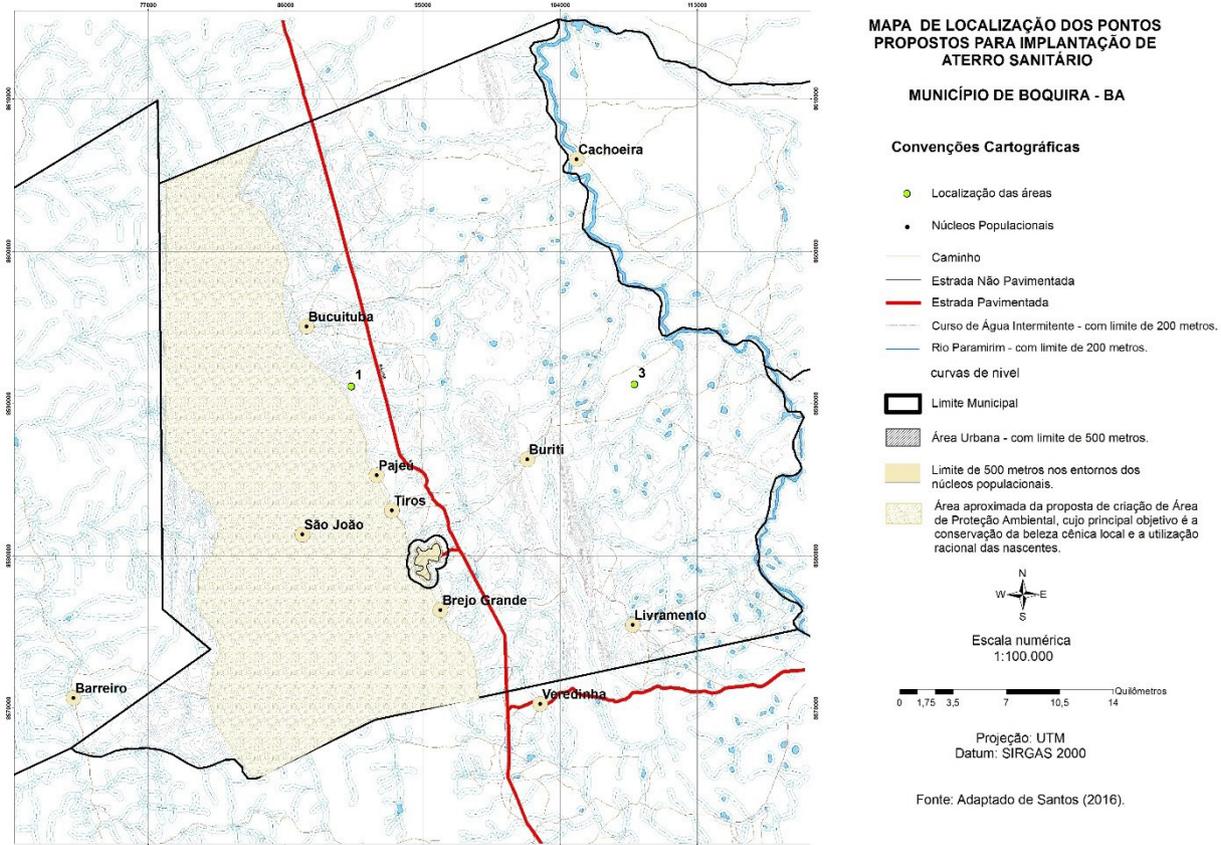
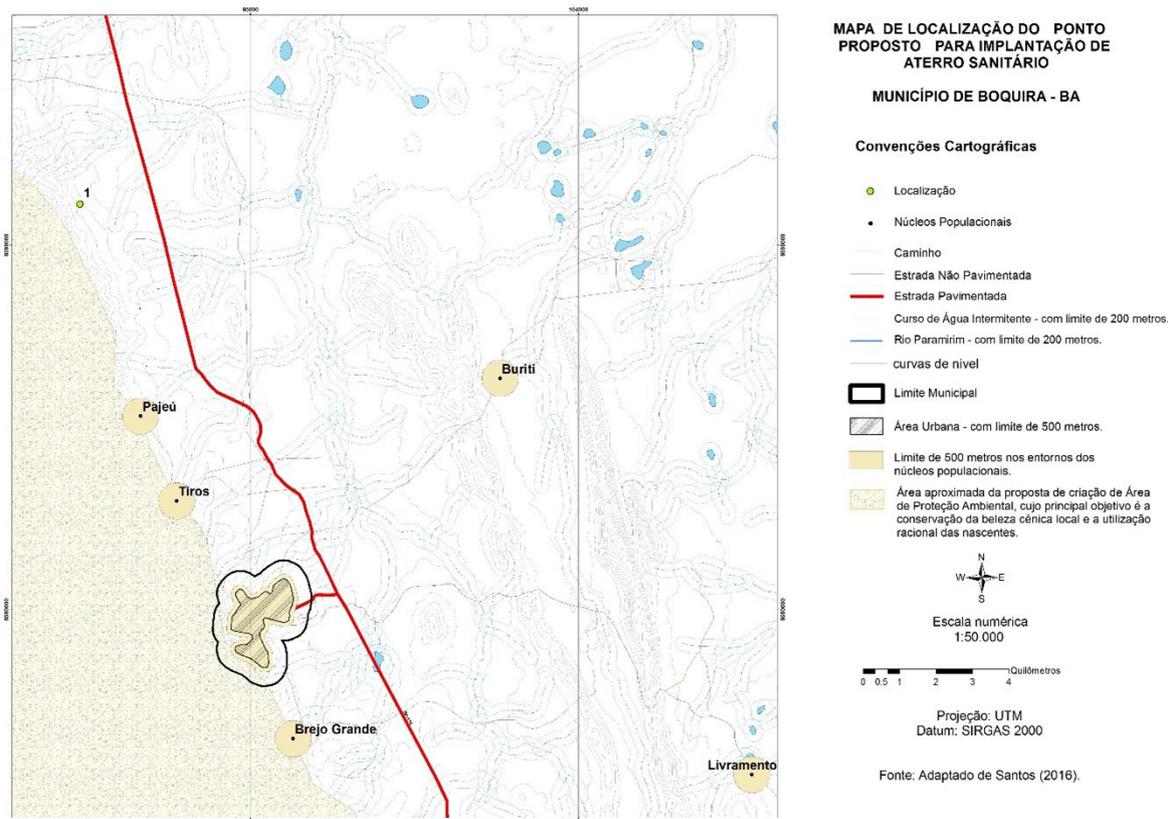


Fig. 5.10: Mapa de Localização dos Ponto selecionado para Aterro sanitário



Quanto ao aspecto qualitativo no município de Boquira, de acordo com informações extraídas do PGRIS, ECOS (2014) a composição gravimétrica dos resíduos coletados segue mostrado na Tabela 5.4 juntamente com a porcentagem de cada material, para uma amostra equivalente a 223,22 kg.

Ao analisar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerado no município de Boquira/BA, pelas diferentes faixas de renda percebe-se, que grande parte dos resíduos poderiam ser reciclados e/ou reaproveitados. Todavia, devido à ausência de um plano que contempla atividades como: coleta seletiva, compostagem da matéria orgânica e principalmente a Educação ambiental, toda a massa que é coletada segue para ser disposta no vazadouro a céu aberto.

5.8 Resultados e discussão

Nesta etapa serão discutidos os seguintes itens: Estimativa do tamanho da área, os critérios adotados para a seleção do local e por fim, a escolha do local para implantação do empreendimento.

Estimativa do tamanho da área

Ao selecionar um local para a implantação de aterro sanitário, independente do porte é necessário primeiramente estimar o tamanho da área. Com a apresentação dos dados da estimativa

populacional, geração de RSU para o município de Boquira/BA, conforme apresentado na Tabela 5.4, e a partir do volume de resíduos gerados, foi possível calcular a área requerida para a construção do aterro.

A área a ser calculada, é para um ASPP do método de trincheira. com isso foi usado o volume estimado final, a norma NBR 15.849, estabelece que a profundidade da escavação deve estar condicionada a estabilidade dos taludes e ao nível do freático. Para a construção de ASPP pelo método de trincheiras e aterramento celular, recomenda-se uma profundidade $\leq 4m$ (CONDER, 2002 apud. BELEZONI ET. AL., 2010).

Sendo necessário o acréscimo de 20 % ao volume para o material de recobrimento. Além disso, para a construção de um aterro é importante levar em consideração toda a infraestrutura, como construção de um setor administrativo, guarita, balança rodoviária. A norma NBR 13.896/1997 prevê que é necessário um acréscimo de 50 %, porém por se tratar de um ASPP, terá um acréscimo de pelo menos 30% para a construção dessas edificações. Para efeito de cálculo, tem-se a seguinte fórmula:

Seleção locacional

Com o adensamento populacional e a ocupação desordenada do solo, uma das etapas considerada mais difícil para um projeto de implantação de aterro sanitário é a seleção do local, pois além

aceitação da população, exige também a reunião de todos os critérios técnicos, ambientais e legais.

É importante que a área esteja em um terreno adequado para receber os resíduos durante toda a vida útil do projeto, e deve ser também em um local de fácil acesso para o transporte de coleta. Foram pré-selecionados três pontos, através de imagens Satélite – Google Earth- Ponto 1: 742539 W e 8593441 S; Ponto 2: 743829 W e 8589933 S; Ponto 3: 760371 W e 8592954 S e analisadas independentemente, em consonância com a NBR 15849/2010.

O primeiro critério analisado consistiu-se na seleção de locais cujo solo apresentava características de solo argiloso (ver Fig. 6.6). Dentre as tecnologias existentes, o aterro sanitário simplificado, podem ser considerados os mais simples, dispensando sistemas de drenagem de gases e lixiviados e, na maioria dos casos, dispensam barreira impermeabilizante e usam somente a capacidade de atenuação natural do solo (BELEZONI et. al. 2010).

O segundo critério adotado foi a hidrologia, de acordo com a NBR 15.849/2010, a localização de aterros sanitários de pequeno porte, deve possuir uma distância mínima 200 metros de qualquer curso d'água, objetivando preservar os recursos hídricos de possíveis contaminações por efluentes. Conforme apresentado na Fig. 5.7.

Sabendo que a declividade das áreas de disposição dos resíduos seja um parâmetro de caráter locacional, ela poderá também apresentar fortes implicações operacionais, passíveis de comprometer a boa manutenção dessas áreas: uma alta declividade possivelmente representará maior dificuldade para a conformação da massa de lixo, maior facilidade para o escoamento superficial do chorume e maior dificuldade de acesso à célula, nos períodos chuvosos. Um terreno com média declividade apresenta os mesmos problemas, embora em menor escala, e a baixa declividade oferece condição mais favorável ao manejo de resíduos (BAHIA, 2007).

A declividade do terreno para a implantação do aterro sanitário, foi o terceiro critério adotado, este configura-se como de suma importância. Nas conformidades da NBR 15.849/2010, a declividade deve ser maior que 1% e menor que 30%. Considerando-se este parâmetro os pontos selecionados, apresentam declividade inferiores a 30%. Ver Fig. 5.8.

Outro critério restritivo e de suma importância para a seleção do local à instalação do aterro sanitário está associado a existência de Unidades de Conservação, segundo Moreira et al. (2016) com base na lógica preservacionista ou conservacionista da tipologia da unidade em questão e da contribuição para a manutenção do equilíbrio ambiental em escala regional para que possa produzir o maior benefício, às atuais gerações, mantendo

seu potencial de satisfazer as necessidades das futuras gerações.

Uma outra condicionante restritiva trata-se da área próxima dos núcleos populacionais. Foi aplicado o critério recomendado pela Norma NBR 15.849/2010, aplicando uma distância mínima de 500 metros em relação à área urbana e demais núcleos populacionais para implantação do Aterro Sanitário de Pequeno Porte. O resultado desta restrição aplicada à área de estudo. O resultado desta restrição aplicada ao local de estudo está apresentado na Fig. 5.9.

Escolha do local para implementação do empreendimento

As reunir os critérios estabelecidos pela Norma, conforme apresentado no Quadro 5.1, foi possível avaliar de modo comparativo os pontos pré-selecionados, posteriormente escolha daquele que mais se apropria à implementação do empreendimento. O Ponto escolhido está apresentado na Fig. 5.10.

5.9 Considerações Finais

Através da aplicação de métodos específicos para a seleção locacional conforme a nova norma brasileira NBR 15849 ABNT, 2010, indicou-se a existência de 03 áreas em condições para implantação do aterro simplificado no município de Boquira/BA. A área com maior restrição foi a indicada no Ponto 3, principalmente por se tratar de uma região de baixa declividade na faixa de 0 a 3 %, além de apresentar-se com maior proximidade do freático, mesmo na ausência destas características não é viável economicamente ao longo prazo, pois localiza-se em uma área muito distante para o acesso do transporte de coleta, gerando assim mais gasto com combustível, manutenção, o que pode ocasionar abandono futuro por parte do gestor em execução. A área intermediária foi a indicada no ponto 2, por se aproximar da Unidade de conservação a APA, e também de núcleos populacionais. A área com melhor indicador, posteriormente a avaliação dos critérios para a implantação do aterro sanitário foi o Ponto 1, pois é o mais adequado aos critérios ambientais.

A escolha de áreas para a implementação de aterro sanitário, constitui-se um importante instrumento de planejamento ambiental, pois ainda que se cumpram todos os critérios técnicos adotados pela Norma, se instalado em uma área desfavorável, poderá vir causar danos ao meio ambiente. Cabe ressaltar que a identificação do local para instalação de aterro sanitário com o uso do SIG se constitui numa importante ferramenta para os estudos prévios de seleção. Os estudos dos aspectos físicos na região permitiram a sumarização das diferenças observadas no contexto de cada ponto, observando-se distinções nos processos técnicos, obtendo assim, locais favoráveis para instalação de aterro sanitário de pequeno porte.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010. NBR15849: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. NBR10004: Resíduos Sólidos – Classificação.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985. NBR 8849: Apresentação de Projetos de Aterros Controlados de Resíduos Sólidos Urbanos.
- ABRELPE, 2015. Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil. Disponível em: <www.abrelpe.org.br>. Acesso em 24 de abril 2017.
- ALVES, F. E. A.; BERTOLINO, L. C. Estudo da contaminação do rejeito da mineração de chumbo em Boquira (BA). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.
- ALVES, M. C. M.; BELTRÃO, K.G.Q.B.; JUCÁ, J.F.T. Resíduos Sólidos: Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: Guia do profissional em treinamento: Nível 2, Salvador, ReCESA:2008.
- BAHIA. Ministério Público. Desafio do lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas: Relatório 2006/2007/Ministério Público do estado da Bahia. Centro de Apoio Operacional às Promotorias da Justiça do Meio Ambiente. Salvador: Ministério Público, 2006. 125p.: il.
- BARROS, R. T. V. Elementos de gestão de resíduos sólidos. 1ª ed. Belo Horizonte (MG): Editora Tessitura, 2012. 424 p.
- BARRERO, F. M. C. Análise de áreas degradadas pós mineração em municípios da Bacia do rio Paramirim. Salvador – BA, 2008. Disponível em: http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/489/F1%C3%A1vio_Marques_Castanho_Barreiro_107444_ING%C3%81.pdf. Acesso em 01 de mar. de 2017.
- BICCA, B.; NETO, B.; SOARES, J. Geração de energia através de aterro sanitário. Rio Grande do Sul, 2010. Universidade Federal do Pampa. 11 p.
- BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. Geotécnica ambiental. Oficina de textos. São Paulo, 2008.
- BOSCOV, G. E. M.; BENVENUTO, C. Aterros de inertes e não inertes. São Paulo, 2012 Disponível:http://www.acquacon.com.br/twincities/download/maria_eugenia_boscov_e_clovis.pdf. Acesso em 05 de maio de 2017.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 de ago. de 2010.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece Critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Diário Oficial da União. Brasília, 2008.
- Censo demográfico do município de Boquira. 2011. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=62>. Acesso em maio de 2017.
- DATASUS Tecnologia da Informação a Serviço do SUSAJUDA. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/lixba.def>. Acesso em 21 de abril de 2017.
- ECOS – Projetos Assessoria & Sociambiental. Primeira versão do plano de gerenciamento de resíduos sólidos de Boquira – Ba. Prefeitura Municipal de Boquira. Disponível em: http://boquira.ba.gov.br/arquivos/PGIRS_%20Boquira_Meio_Ambiente.pdf. Acesso em: 20 de março de 2017>
- GARCIA, P. M. P. Análise comparativa de dados geológicos, litogeoquímicos e geofísicos das formações ferríferas do Complexo Boquira e Supergrupo Espinhaço na região de Boquira, BA. Monografia. 2011. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
- SILVA, K. T. Projeto de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte / Karine Trajano da Silva – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016. IV, 81 p.
- LANGE, L. C.; SIMÕES, G. F.; Resíduos sólidos: Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: Guia do Profissional em Treinamento: nível 2 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.
- SANTOS, Nelize Lima dos Sustentabilidade ambiental na mineração: estratégias para o plano diretor de mineração no município de Boquira/BA. / Nelize Lima dos Santos.- Salvador, 2016. Folhas 159 f.: il. Color. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2016.
- SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA. https://www.sefaz.ba.gov.br/administracao/ppp/PMI_SEDUR_001_2014_Residuos_Solidos.pdf. Acesso em 20 de maio de 2017.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. Mapa da tipologia climática da Bahia. 2003. Disponível em: http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=62. Acesso em 29 de maio 2017.

Parte III - Mapeamento Geoambiental

Apresentação

Durante milênios vagamos como nômades sobre o meio físico, retirando nossas necessidades diárias do meio ambiente. Comida proveniente do meio biológico vegetal e animal, água do meio físico e segurança noturna eram os principais fatores avaliados por nossos primitivos ancestrais. Esgotando-se os recursos naturais a caminhada à procura de outros ambientes com viabilidade de auto-sustentação se iniciava. Avanços técnicos alcançados nas diversas idades da pedra com relação a manufatura de utensílios, uso dos metais e domínio de técnicas primitivas de plantio, fizeram com que a fixação fosse permanente nos locais onde a necessidade de água estivesse presente. Cavernas, e abrigos naturais já prontos a nos defender das intempéries e animais perigosos, foram os primeiros ambientes escolhidos. A evolução e a presença de vizinhos hostis, fizeram com que os topos das elevações fossem cada vez mais ocupados, tendo em vista lá haver a possibilidade da visão dos que se aproximavam.

Enfim, a depender das necessidades mais prementes, os territórios ocupados poderiam variar um pouco de um tipo de ambiente para outro, de uma civilização para outra, mas o importante é que desde então já mapeávamos o meio físico para lá nos estabelecer.

Desta forma, identificar os depósitos minerais de chumbo, ferro, zinco, cobre, sílex para a manufatura de armas e objetos já nos coloca como geologiadependentes desde muito cedo. Desde que Agricola (1494 – 1555) escreveu seu “De Re Metallica”, passando por Hutton (1726-1797) que inaugurou a chamada Geologia Moderna, em sua “Teoria da Terra” e por Lyell (1797 – 1875), um dos fundadores da estratigrafia que propôs que “o presente é a chave do passado”, chegando a Wegener (1880 – 1930) com a teoria da Deriva Continental, sempre ligamos a ciência a seu principal objetivo de encontrar bens minerais por nós considerados necessários.

Penha, 1990, pg 31 cita que:

A constatação do mobilismo continental, da interligação entre as partes internas e externas do Globo e dos processos catastróficos de evolução biológica nos apresenta a Terra como uma entidade viva, em contínua mutação e cuja “fisiologia”, só pode ser compreendida se estudada no seu todo, isto é, holisticamente.

Porém, a partir da década de 1970 passou a florescer no mundo uma maior percepção sobre “consciência ambiental”. Flaw (1970) publica a primeira definição de Geologia Ambiental, com sendo um ramo da Ecologia que trata das relações entre o homem e seu habitat geológico, ocupando-se do estudo dos problemas do homem com o uso da terra e a reação desta a este uso.

Existem diversas definições de Geologia Ambiental. Em todas existe a preocupação da interação humana com o meio físico, do uso decorrente e das consequências causadas por este

uso. A abordagem holística e multidisciplinar dos estudos ambientais favoreceu a Geologia Ambiental como o principal ramo de estudo do meio físico, abrangendo as interações das rochas, sedimentos, recursos hidrogeológicos e minerais com a biosfera e a atmosfera, atuando tanto nas áreas urbanas e periféricas já ocupadas por desenvolvimentos antrópicos diversos, quanto nas naturais ainda não ocupadas, ou geogênicas, mas que podem vir a ser suscetíveis a riscos e perigos oriundos de sua ocupação futura. Mapear estas interações e seus resultados, aplicando técnicas já conhecidas ou tornando-se um setor sempre aberto às inovações técnico-científicas como o uso de imageamento remoto, drones e softwares complexos é a principal função do Mapeamento Geoambiental.

A definição legal de Meio Ambiente no Brasil foi descrita na Lei 6938 de 31/08/1981 como sendo “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. A SBG em 1983 também definiu a “Geologia Ambiental como sendo o campo do conhecimento geológico que estuda as variações do meio físico decorrentes da interação entre os processos naturais e a ocupação humana. Inclui o estudo das noções fundamentais sobre o meio físico e o equilíbrio ecológico. Abrange o estudo de conservação e reciclagem de recursos naturais; a valorização econômica dos jazimentos incluindo os parâmetros ambiental e social, como os efeitos da mineração. Engloba também o estudo da conservação de solos, das alterações devidas a seus diversos usos, das voçorocas e da desertificação”.

No Brasil, a partir de 1985 com a entrada em vigor das leis ambientais mais severas, que exigiam a recuperação do ambiente degradado principalmente pela mineração, ou poluído por atividades industriais, os estudos ambientais ganharam maior importância. Vários mapeamentos ou zoneamento ecológico-econômicos foram executados em diversas áreas de interesse nacional. Um interessante conceito passou a reger as áreas definidas para estudo, o de bacia hidrográfica como unidade principal. Qualquer uso poderia causar dano a jusante de sua localização na bacia hidrográfica, que passou a ter uma capacidade delimitante muito mais significativa que os limites municipais, estaduais ou mesmo fronteiras entre países.

O Brasil possui um grande aparato legal de regulação das atividades que causem danos ao meio ambiente, existindo diversas leis que definem concentrações máximas de poluentes, compostos ou elementos químicos ou propriedades físico-químicas dos efluentes que podem ser lançados aos cursos hídricos, com relação à deposição dos resíduos sólidos urbanos preferencialmente em aterros sanitários, com relação à recuperação das áreas degradadas pela mineração, à quantidade e qualidade de defensivos agrícolas que podem ou não ser aplicados nas grandes plantações e na agricultura familiar e na exigência de todos os estados possuírem trabalhos de pesquisa reguladores de valores máximos permitidos em seus solos, nos recursos hídricos e na atmosfera. Fazê-lo funcionar a contento sempre foi o grande desafio. O primeiro passo é a pesquisa básica (geologia, hidrologia, geomorfologia, solo), implementada pelo mapeamento geoambiental, que permite aos gestores orientarem o ordenamento territorial mais adequado a cada espaço ocupado ou em vias de ocupação.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM foi uma das instituições pioneiras a se preocupar e capacitar seus pesquisadores no estudo do mapeamento geoambiental, ao implantar em 1990 o programa Informações para Gestão Territorial (GATE) e o Departamento de Gestão Territorial – DEGET em 1996. Este departamento produziu em 2005 o Mapa de Geodiversidade do Brasil em escala de 1:2.500.000 e posteriormente implantou um grande projeto gerando mapas de geodiversidade estaduais de todos os estados da Federação, que hoje em dia, podem ser usados como base para o início de quaisquer trabalhos de investigação do meio físico nacional. Nestes mapas são usados os conceitos de unidades geoambientais, reunindo litologias, formações geológicas, feições geomorfológicas e biota similares e interdependentes. Foram estabelecidas importantes parcerias com a UNIFACS e UFBA que permitiram detalhar o mapeamento geoambiental e estudos de Geologia Médica na região de Santo Amaro da Purificação e de Boquira, relacionados às contaminações de chumbo provenientes da lavra, beneficiamento e metalurgia no

minério causadas ao meio ambiente, à biota e aos moradores dos arredores dos empreendimentos. O SGB-CPRM também ampliou a partir de 2016 as atividades de mapeamento de risco, suscetibilidade, perigo, com trabalhos Geologia de Engenharia e treinamento de equipes das defesas civis municipais em programa de grande sucesso técnico-científico-social.

Os trabalhos aqui apresentados versam por todos os temas descritos anteriormente. Passamos por caracterizações de cavernas, ocupações humanas em elevações, nas proximidades de mananciais hídricos e influenciando ambientes costeiros e sua biota através de crescimento da área ocupada, e chegando finalmente ao que fazer com o lixo por nós gerado de forma que a poluição antrópica cause o menor impacto possível.

A caracterização da Gruta do Castelo, monografia de Final de Curso de Geologia da UFBA, apresenta uma interessante e rara feição espeleológica em arenitos no vale do Pati, na Chapada Diamantina, nos mostra claramente as variações geológicas estruturais que permitiram sua formação e suas variações paleoclimáticas, a formação e transformação de seus principais minerais e espeleotemas, com um mapeamento geológico-topográfico de detalhe muito bem feito.

Os estudos Geoambientais na região de Taperoá, também monografia de Final de Curso de Geologia da UFBA, aplicando o método Anjos (2017), avança na pesquisa sobre o mapeamento geoambiental nas áreas da ocupação urbana sobre zonas de manguezais, planícies costeiras e de inundações, com o uso de sensoriamento remoto com apoio de campo, definiram 7 unidades geoambientais com caracterização de áreas de maior suscetibilidade ambiental, as potencialidades, limitações e restrições específicas.

Cabe destacar, de forma pioneira, a parceria entre o IGEO/UFBA e a Defesa Civil da Cidade de Salvador, apresentam o mapeamento de áreas de risco a deslizamento detectou 31 áreas de risco em 2016, sendo que 26 tem o deslizamento como principal fonte de risco, e as outras sujeitas a alagamentos. Essas áreas estão nas regiões com maiores declividade e altitude do município. A água é o principal fator deflagrador dos eventos, eles são ampliados pela presença de fatores antrópicos decorrentes de uso não adequado do solo.

Ademais, duas monografias foram produzidas na Universidade Salvador (UNIFACS): a primeira na Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas propondo a criação da APA da Barragem de Morrinhos, em Poções, limitada pela bacia hidrográfica do rio das Mulheres, visando preservar o manancial e a qualidade de água servida a população e engajá-la na gestão da unidade de conservação; e a segunda na graduação do curso de Engenharia Ambiental, no qual se propõe alternativa locacional de aterro sanitário de pequeno porte apontada para Boquira, visando regular a deposição dos resíduos sólidos urbanos da cidade, retirando a atual deposição sobre o rejeito com minerais pesados deixado pela Mineração Boquira nos anos 1990, ao lado da cidade.

Estes estudos são frutos do mapeamento geoambiental efetuados sob a orientação do Prof. Dr. José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos ao longo da última década e possuem grande relevância científica e alta aplicabilidade junto à população, agregando importante fator social ao trabalho geocientífico.

6

Fitorremediação de Solos Contaminados por Derramamento de Petróleo

Phytoremediation of Soils Contaminated by Oil Spills

Milena Marlim Caria de Souza

José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos

Com o crescimento da população mundial e o avanço da economia global, a demanda por bens de consumo vem sofrendo grande ascensão, sendo cada vez mais requisitada a produção de petroquímicos. Os produtos mais conhecidos são: Nafta, gasolina, querosene, óleo diesel, óleo lubrificante, óleo combustível, asfalto, fertilizantes, detergentes, ceras, Gás Liquefeito do Petróleo (GLP) e plásticos. O petróleo é considerado uma das maiores fontes de energia do planeta e sua produção industrial consiste desde a perfuração de poços, refino, armazenamento, transporte e distribuição. Durante sua prospecção, processo e produção, contaminações do solo podem ocorrer podendo-se citar suas principais fontes: Acidentes com vazamento de combustíveis, descarte de lubrificantes residuais da produção, descarga e vazamentos de solventes em áreas industriais, armazenamento incorreto de óleos lubrificantes, bem como vazamento na exploração do petróleo. Como forma de mitigar os danos ambientais acentuados pelo tempo de residência do petróleo no solo, tem-se investido em técnicas viáveis de remediação. A fitorremediação é uma técnica promissora, economicamente viável, de recuperação de solos contaminados. Baseia-se na utilização apenas de espécies vegetais, que visam remover parcial ou substancialmente a concentração e/ou toxicidade dos contaminantes no ambiente degradado. O presente artigo discute os métodos e técnicas de fitorremediação de solos contaminados com petróleo e seus derivados, suas vantagens e desvantagens.

Palavras-chave: Fitorremediação, Petróleo, derramamento de óleo, solo contaminado

With the growth of the world population and the advance of the global economy, the demand for consumer goods has undergone a great increase, with the production of petrochemicals being increasingly requested. The most popular products are: Naphtha, gasoline, kerosene, diesel oil, lubricating oil, fuel oil, asphalt, fertilizers, detergents, waxes, Liquefied Petroleum Gas (LPG) and plastics. Oil is considered one of the largest sources of energy on the planet and its industrial production consists of well drilling, refining, storage, transportation and distribution. During its prospection, process and production, soil contamination can occur with the main sources being accidents with fuel leakage, disposal of residual lubricants from production, discharge and leakage of solvents in industrial areas, incorrect storage of lubricating oils, as well as leaks during oil exploration. As a way to mitigate the environmental damage caused by these contaminations, accentuated by the oil residence time in the soil, investments have been made in remediation techniques. Phytoremediation is a promising, economically viable technique for recovering contaminated soils. It is based on the use of plant species to partially or substantially remove the concentration and / or toxicity of contaminants in the degraded environment. In the present work, we discuss the available methods and techniques for the phytoremediation of soils contaminated by oil and its derivatives, their advantages and disadvantages.

Keyword: Phytoremediation, petroleum, oil spill, soil contamination

M.M.C. Souza

Engenheira Química e Especialista em Avaliação de Impactos e Recuperação de Áreas Degradadas, Mestre em Geoquímica: Petróleo e Meio ambiente. e-mail: milena.eq@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

6.1 Introdução

A produção de petróleo vem crescendo junto com o crescimento da população mundial e o avanço da economia global. A demanda por bens de consumo fabricados a partir do petróleo, tendem a conduzir cada vez mais o foco econômico para as unidades de petroquímicos e unidades de refino, consequentemente os investimentos nesse setor vêm sendo realizados por meio do aumento de capacidade da produção nas plantas de processo. O uso cada vez maior de energia pela humanidade tem exigido um aumento na produção desse importante insumo, o que entra em conflito com a necessidade de conservação do meio ambiente.

De acordo com Andrade, Augusto e Jardim (2010), o petróleo é uma mistura complexa de vários compostos e sua composição, bem como suas propriedades físicas, variam de um campo petrolífero para outro. Compostos como alcanos saturados, alcanos insaturados de cadeia linear (metano, etano, propano), compostos orgânicos aromáticos como os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Hidrocarbonetos Totais (HTP) e hidrocarbonetos aromáticos que em sua fórmula possuem Nitrogênio e Enxofre. Alguns são extremamente prejudiciais ao desenvolvimento da biota e consequentemente comprometem, em diversos níveis, à saúde humana, como o BTEX (Benzeno, Tolueno, Etil-benzeno e Xileno), exigindo atenção ambiental bem como para a saúde pública. De acordo com a Agência Internacional de Pesquisa de Câncer (IARC), este composto é englobado na classe I, ou seja, comprovadamente cancerígeno ao homem.

Ambientes contaminados por compostos orgânicos hidrofóbicos, como os HPAs, considerados poluentes perigosos e tóxicos, é uma preocupação ambiental (ZHANG et al., 2016). De acordo com Loureiro (2010) e Rocha (2010), os HPAs são compostos orgânicos que merecem destaque e são formados por dois ou mais anéis aromáticos condensados. Eles são compostos apolares, semivoláteis (a depender da quantidade de anéis condensados), lipofílicos, com alta afinidade pela matéria orgânica, recalcitrantes e hidrofóbicos (RUBIO-CLEMENTE, TORRES-PALMA, PEÑUELA, 2014; PETROBRAS, 2012; GONG et al., 2015; MUFF, SOGAARD, 2010; LOUREIRO, 2010; BISPO, 2005).

A contaminação de ambientes como solo, ar e água tem elevado muito nos últimos anos, assim como estudos de alternativas de remediação de locais contaminados. Existem diferentes tecnologias para atingir o objetivo da descontaminação e um método que tem sido muito viável, tanto tecnicamente quando economicamente, é a fitorremediação. De acordo com Andrade, Tavares e Mahler (2007), a colonização vegetal em solos degradados pode ajudar na melhoria de características físicas e químicas da área, principalmente em solos poluídos, ocasionando a redução de teores dos poluentes ou de periculosidade implícita.

Segundo Moreira e Colaboradores (2011), fitorremediação é uma tecnologia biológica que utiliza uma planta para elevar a degradação de contaminantes em solo, sedimento e água subterrânea. É uma técnica que pode ser rentável em grandes áreas com um nível residual de contaminação por orgânicos, nutrientes e poluentes metálicos, quando a técnica é aplicada corretamente.

O objetivo desse trabalho é estudar a fitorremediação como uma técnica viável para a remoção total ou parcial do petróleo e seus derivados, de solos contaminados. Analisar também, a influência de fatores que podem dificultar, acentuar ou influenciar no sucesso desta técnica de remediação.

6.2 Metodologia

De acordo com Marconi e Lakatos (1992), a pesquisa bibliográfica é o levantamento de toda a bibliografia já publicada, em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita. A sua finalidade é fazer com que o pesquisador entre em contato direto com todo o material escrito sobre um determinado assunto, auxiliando o cientista na análise de suas pesquisas ou na manipulação de suas informações. Ela pode ser considerada como o primeiro passo de toda a pesquisa científica.

No presente trabalho foram utilizados artigos publicados em períodos científicos, congressos, livro de fitorremediação de petróleo e metais pesados, citados especificamente em referências, ao final deste trabalho. Os termos pesquisados foram: Fitorremediação, espécies fitorremediadoras de petróleo, petróleo, caracterização do petróleo, interação do contaminante com o solo, características do solo que favorecem a técnica de fitorremediação, características do solo que inviabilizam a técnica, noções de atividades microbiológicas.

6.3 Resultados e Discussões

Pelo fato de existir uma demanda crescente do petróleo e seus derivados, o número de acidentes tem se elevado, apesar do trabalho de prevenção e ações de segurança estarem mais avançados. Com os acidentes, ocorrem derramamentos de petróleo e/ou de seus derivados, o que proporciona a busca por formas de remediação dessas áreas contaminadas, uma vez que, boa parte das substâncias presentes no petróleo são prejudiciais à saúde humana, animal e ambiental

6.3.1 Fitorremediação

A fitorremediação tem sido uma técnica promissora principalmente por não possuir um custo elevado e também sua matéria prima necessária acessível para a realização do processo de re-

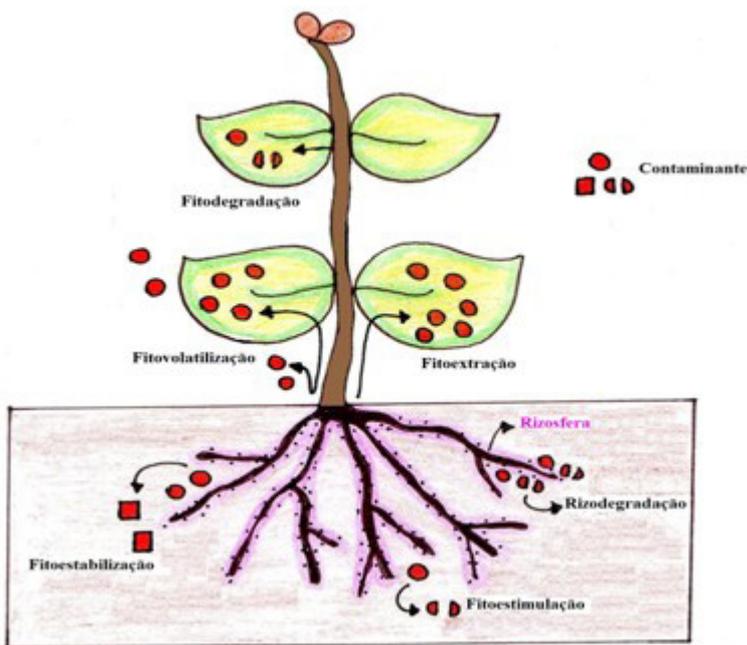


Figura 6.1: Mecanismos atuantes na fitorremediação. Fonte: Imagem retirada do material presente em: www.aprenda.bio.br

mediação. Essa técnica é subdividida em cinco diferentes que são: Fitoextração, Fitotransformação, Fitovolatilização, Fitoestimulação e Fitoestabilização (LEITE et al., 2019).

De acordo com Andrade, Tavares e Mahler (2007), a fitoextração irá absorver o contaminante utilizando um vegetal fitoextrator. Há assim o armazenamento no tecido vegetal, implicando assim em descarte posterior da planta. Quando colhidas, os vegetais fitoextratores levam consigo os poluentes, deixando o ambiente livre de substâncias tóxicas. A desvantagem da fitoextração é que o contaminante estará apenas sendo transferido e não degradado. O vegetal extrator deverá ter um destino adequado que pode ser: Incineração, deposição em aterros, co-processamento na fábrica de cimentos ou encaminhada para produção de fibras e moveis.

Na fitotransformação, o vegetal fitorremediador irá absorver e metabolizar o contaminante. É empregado na remediação de compostos orgânicos, que é presente na composição do petróleo. O poluente irá sofrer bioconversão no interior da planta. Metanos, propanos, etanos, butanos e pentanos são fitotransformadas pelo feijão, uva, noz, pera e milho. De acordo com Andrade, Tavares e Mahler (2007), a absorção de compostos orgânicos irá depender do tipo da planta, da idade do contaminante e de inúmeros fatores físicos e químicos do solo.

Na fitovolatilização, o vegetal utilizado, remove os contaminantes por meio da volatilização dos mesmos. Essa biodegradação pode ocorrer na rizosfera ou na passagem do contaminante na própria planta. O poluente pode ser absorvido durante a passagem no corpo da planta que sofrerá processos metabólicos e então será liberado na superfície da folha da planta. Caso não haja absorção, ocorrerá sua liberação na atmosfera em uma

forma transformada ou em sua forma original. Por este motivo, esta técnica deve ser trabalhada com cuidado, já que a planta pode liberar poluente numa elevada concentração na atmosfera.

Na fitoestimulação os microrganismos em conjunto com o vegetal, são envolvidos direta e indiretamente na degradação do poluente. A planta utiliza suas raízes em crescimento para elevar a presença desses microrganismos, que são capazes de degradar o contaminante (LEITE et al., 2019). É chamado de rizodegradação quando a degradação do poluente acontece nas raízes, modificando também alguns fatores do solo como aeração e umidade além de produzir exsudatos que favorecem o aumento dos microrganismos e logo sua biodegradação. É uma técnica adequada para contaminantes orgânicos ou organometálicos.

Na fitoestabilização ocorre um conjunto de mecanismos físicos, químicos e físico-químicos. Mecanismo físico, pois há a proteção, ocasionada pela planta, da incidência direta de ventos e chuvas no solo reduzindo a chance de desagregação do mesmo e lixiviação do poluente. Mecanismo químico, pois ocorre uma mudança química (mudança do pH do solo mediante produção de CO₂) e/ou microbiológica na parte da raiz. Este processo minimiza a biodisponibilidade desses contaminantes promovendo a prevenção de sua entrada nas águas subterrâneas e/ou cadeia alimentar. Este processo promove a limitação da mobilidade do contaminante no solo, este assim sendo incorporado na raiz da planta (LEITE et al., 2019). Por meio da humificação, as enzimas e os microrganismos presentes na planta, unem os contaminantes ao húmus do solo e por meio da lignificação há a imobilização do poluente em ligninas das paredes celulares. Todos os mecanismos explicados anteriormente estão exemplificados na Figura 7.1.

De acordo com Lambert, Soares e Souza (2012), é importante salientar que cada técnica de tratamento é dependente de alguns fatores como: condições físicas, químicas e biológicas do ambiente contaminado, concentração do poluente e tempo requerido para a degradação ou a remoção do composto alvo, conforme a técnica empregada.

A fitorremediação é uma técnica que possui baixo custo quando comparada a outros tipos de tratamento em ambientes contaminados, Tabela 6.1. De acordo com Lambert, Soares e Souza(2012); Andrade, Tavares e Mahler (2007) ;Figueiredo, Capitani e Colaboradores (2012), essa técnica possui inúmeras vantagens entre elas: Melhoria visual da paisagem, criação de nichos ecológicos, técnica relativamente limpa, vários contaminantes podem ser remediados ao mesmo tempo (sais, metais, pesticidas e hidrocarbonetos de petróleo), máquinas e insumos necessários para a sua aplicação são os mesmos utilizados na

Tabela 6.2: Aplicações das técnicas de biorremediação para a remoção de hidrocarbonetos no solo, em condições de campo.

Técnica	Contaminante	Concentração inicial (mg Kg ⁻¹)	Remoção (%)	Tempo (Dias)	Referência
Biorremediação passiva	Petróleo	18.000	56	480	Chaîneau (2003)
Bioaugmentação	Resíduo Petroquímico	69.700	92	360	Mishra (2001)
Bioestimulação	Resíduo Petroquímico	69.700	90	360	Mishra (2001)
Compostagem	HAPs	10.960	70	150	Ahtiainen (2002)
Biorreator	Resíduo Petroquímico	50.000	99	12	Ward (2003)
Fitorremediação	Pireno	488,7	85,02	45	Ling & Gao (2004)
Landfarming	Hidrocarbonetos	46.000	55	60	Marin (2005)

Fonte: Retirado de Andrade, Augusto, Jardim (2007)

agricultura e silvicultura, pode ser aplicada in-situ para solos (tratamento feito no próprio local da contaminação sendo mais economicamente viável do que ex-situ), é menos agressiva para o ambiente quando comparada à outras técnicas, reutilização do solo para produção de madeira e outros vegetais, técnica eleva a fertilidade do solo por incorporar nutrientes das plantas ao solo, redução de erosão e emissão de partículas de poeira minimizando a lixiviação do poluente.

Há como fazer um manejo utilizando a fitorremediação em áreas que possuem deficiência de algum mineral. Com a técnica pode-se transferir o mineral desejado para uma área deficiente

do mesmo, utilizando plantas que após realizarem a fitorremediação, irão absorver e armazenar o mineral. Essas plantas são utilizadas também para servir de alimento para animais deficientes do mineral, assim, este no processo entrará na cadeia alimentar.

Segundo Moreira e Colaboradores (2011), várias técnicas de remoção de HTP em solos e sedimentos, estão sendo usadas para restauração de ambientes, seja ex-situ como in-situ, uma delas é a fitorremediação.

Tabela 6.3: Fatores que interferem e/ou limitam a degradação do poluente, bem como os valores ideais para realizar a técnica.

Fator	Valores ideais	Forma de alteração
Teor de Oxigênio	Elevada	Quanto mais oxigênio maior a velocidade de degradação do petróleo
pH	6 < pH < 8	No pH ideal, o crescimento e atividade dos microrganismos são acentuados.
Teor de água	Teor de Umidade: 50%-70%	A água é responsável pela dissolução dos componentes residuais e pela ação dispersora.
Temperatura	18°C-30°C	Influência nas características físico-químicas do petróleo. Quanto menor a temperatura maior a viscosidade do óleo e menor a volatilização.
Concentração de nutrientes	-	Deve existir uma quantidade necessária de nutrientes para organismos e plantas
Microrganismos	-	Altas concentrações de óleo inibem a atividade dos microrganismos

Tabela 6.1: Custo da fitorremediação (biorremediação rizosférica, utilizando raízes de gramíneas) comparado à outras possíveis alternativas tecnológicas.

Técnica de tratamento de ambiente contaminado	Custo variável por tonelada (Dólares)
Fitorremediação	10-35
Remediação no local	50-150
Ventilação no solo	20-220
Tratamento térmico indireto	120-300
Lavagem do solo	80-200
Solificação/estabilização	240-340
Extração por solvente	360-440
Incineração	200-1.500

Fonte: Schnoor, 1997.

O Brasil possui um predomínio de clima tropical que permite o cultivo vegetal durante o ano inteiro, condições que aumentam as taxas de fotoconversão, ocasionam uma maior atividade microbiana e elevam a fototranspiração média, se tornando um país ideal para realização da técnica de fitorremediação. Todos esses fatores aumentam a velocidade da fitorremediação. Há também no Brasil uma grande biodiversidade vegetal que possibilita a formação de novas espécies fitorremediadoras. Em contra partida existe uma grande dificuldade de se recuperar solos impactados por petróleo, uma vez que, os solos brasileiros têm características argilosas de acordo com Lambert, Soares e Souza (2012). Essas características promovem fortes interações entre a matriz do solo e os contaminantes, ocasionados pela baixa permeabilidade inerente a solos com essa característica.

Segundo Celino e Colaboradores (2008), o que ocorrer com o solo e sedimento irá repercutir nas águas subterrâneas, podendo ocasionar mudanças na qualidade dessa água, assim a migração do poluente no solo para as águas superficiais e subterrâneas, pode constituir uma ameaça para a qualidade deste meio hídrico em abastecimento público, industrial, comercial bem como, para os setores de lazer e serviços.

Para que a técnica seja bem sucedida, é necessário caracterizar o local contaminado bem como o seu poluente analisando assim: Concentração do contaminante, nível de toxicidade e suas características físicas e químicas. É essencial estudar licenças ambientais do local, fotografias aéreas e entrevistar pessoas que possuem ligação com a área contaminada (trabalho ou residência). Em seguida, devem ser catalogados os objetivos da recuperação, incluindo quais os planos de utilização da área contaminada após sua remediação, mostrando qual técnica remediadora será implantada. Comparada com outras técnicas, a fitorremediação é a que possui uma das maiores eficiências de remoção do contaminante em menor espaço de tempo, vide Tabela 6.2.

Segundo Lambert, Soares e Souza (2012) e Andrade, Tavares e Mahler (2007), a técnica da Fitorremediação possui algumas desvantagens como: Atingir a capacidade limite de fitorremediação da planta para ambientes altamente contaminados, mortalidade da planta fitorremediadora devido à uma elevada toxicidade, inibição do crescimento da planta, logo sua ação de remediação, além de que essas plantas remediadoras podem entrar na cadeia alimentar de outros seres vivos, transferindo assim, o contaminante para os mesmos. Na fitoextração, plantas que acumulam uma grande quantidade de contaminante tem o crescimento mais lento.

A desvantagem da fitotransformação ou fitodegradação, consiste na metabolização do contaminante pela planta, podendo gerar produtos tóxicos intermediários. Para a fitovolatilização, nível alto de poluentes pode ser liberado na atmosfera, minimizando a qualidade do ar além de apenas transferir o poluente de um meio para o outro. Com a fitoestimulação e fitoestabilização, após a remediação, o poluente continua no local e resultados podem ser lentos pois o vegetal depende da estação, clima, nível de poluição, tipo do poluente, bem como fornecimento de água e por fim o tipo do solo. Alguns fatores no solo podem interferir na degradação do poluente e eles são listados na Tabela 6.3.

De acordo com Andrade, Tavares e Mahler (2007), o processo da fitorremediação é aplicável para todos os tipos de contaminantes incluindo: Metais, pesticidas, solventes, explosivos, óleo cru e HPAs. A fitorremediação pode ocasionar a degradação, acumulação e estabilização de substâncias tóxicas.

A adição de fertilizante no solo auxilia na atividade dos microrganismos e no crescimento das plantas. É importante analisar e acompanhar os níveis de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) no solo, pois a ausência desses elementos inibirá o crescimento da planta, limitando assim a fitorremediação. Por outro lado, não há beneficiamento no excesso de nutrientes, pois os microrganismos irão utilizar os nutrientes para acelerar a produção de biomassa a partir do carbono, utilizando pouco o carbono do poluente.

Há 16 elementos que são considerados essenciais para as plantas: Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Molibdênio (Mo), Cloro (Cl) e Boro (B). Uma concentração de 600mg de NPK (Fertilizante composto por nitrogênio, fósforo e potássio), é considerada suficiente para a espécie remediadora *Brachiaria Brizantha* em um solo com 5% de petróleo segundo Smocking (2006).

6.4 Petróleo

As fontes de poluição mais decorrentes do petróleo são: Vazamento de combustíveis no transporte e em acidentes no tráfego, descarte terrestres de lubrificantes residuais, estocagem incorreta de óleos lubrificantes, descarga e vazamento de solventes em áreas industriais e exploração e prospecção de petróleo.

As famílias dos compostos do petróleo, Tabela 6.4, que se tem por objetivo de fitorremediar, são: Alcanos insaturados de cadeia linear (metano, etano, propano), compostos orgânicos aromáticos (BTEX) e HPAs: Naftaleno, Antraceno, Pireno, Benzopireno entre outros) bem como hidrocarbonetos aromáticos contendo Nitrogênio e Enxofre.

Tabela 6.4: Composição do petróleo. Complexa mistura de Hidrocarbonetos

Composição	Grau
Parafinas normais	14%
Parafinas cíclicas	30%
Resinas e Asfaltenos	10%
Parafinas ramificadas	16%
Aromáticos	30%

Fonte: Coletado de www.galpennergia.com

Os HPAs são compostos e carcinogênicos aos animais e podem ser introduzidos no meio ambiente em grandes quantidades, devido às atividades relacionadas à extração, ao transporte, ao refino, à transformação e à utilização do petróleo e

seus derivados, segundo Jacques (2007). Os HPAs possuem uma estrutura química muito complexa e são recalcitrantes, devido à estabilidade da sua estrutura molecular, permanecendo assim por longos períodos no solo, elevando a possibilidade de contaminação dos seres vivos.

De acordo com Aguiar e Colaboradores (2012), ao ocorrer o derramamento de petróleo há no período inicial um espalhamento, volatilização, dispersão, emulsificação e dissolução do contaminante no solo. A longo prazo ocorre a oxidação, sedimentação e biodegradação do petróleo. Após o derrame, o petróleo sofre mudanças em sua estrutura inicial, deixando de ser como descrito na Tabela 6.5 e com o aumento do tempo de residência no solo, o óleo se torna mais denso, viscoso e recalcitrante.

Tabela 6.5: Tipos de petróleo encontrados na perfuração.

	Petróleo 1	Petróleo 2
Cor	Preto	Castanho ou bastante claro
Característica físico-química	Denso e Viscoso	Baixa viscosidade e densidade
Liberação de gás	Pouco ou nenhum gás	Quantidade razoável de gás

Fonte: Andrade, Tavares e Mahler (2007)

A estrutura dos hidrocarbonetos de petróleo é importante, pois o ponto de ebulição dos hidrocarbonetos dependem do tipo



Figura 6.2: Esquema geral das etapas para definição e implementação de um processo de biorremediação. Fonte: Modificado de Gaylard, Bellinaso e Manfio (2005).

Figura 6.3: *Ricinus communis* (Mamona)**Figura 7.4:** *Helianthus annuus* (Girassol)**Figura 6.5 :** *Glicine max* (Soja)**Figura 6.6:** *Acacia holosericea***Figura 6.7:** *Brachiaria brizantha***Figura 6.8:** *Tibouchina granulosa* (Quaresmeira)**Figura 6.9:** *Leucaena leucocephala* (Leucena)

de ligação e suas interações intermoleculares, que caso seja intensa, será necessário o fornecimento de maior quantidade de energia para o rompimento de suas ligações. A Tabela 7.6, retrata a quantidade de átomos de Carbono encontrada em análises de hidrocarboneto de petróleo. Quanto maior o número de carbonos na cadeia, maior a sua massa molar, conseqüentemente a substância será mais viscosa e pesada. Os HPAs são formados por anéis benzênicos, que é considerada uma estrutura estável, assim compostos formados por 2 ou mais anéis benzênicos, se tornam mais resistentes a biodegradação por ficarem fortemente adsorvidos no sedimento.

Tabela 6.6: Análise da quantidade de moléculas de carbono na estrutura de hidrocarboneto de petróleo.

	Quantidade de átomos de Carbono	Estado físico	Exemplo
Hidrocarbonetos de Petróleo	Até 4	Gás	GLP
	Entre 5 e 25	Líquido	Hexano
	+ 25	Sólido	Constituinte da graxa e parafina

Quanto maior o peso molecular do hidrocarboneto, menor o valor de solubilidade em água que possui o valor de densidade de 1000 mg/L.

Existem inúmeros hidrocarbonetos que compõe o petróleo, a depender do seu poço de prospecção, vide Tabela 6.7, e com o aumento do peso molecular desses compostos, há uma diminuição da solubilidade e como conseqüência, uma diminuição da mobilidade do contaminante no solo.

Tabela 6.7: Lista dos hidrocarbonetos comumente encontrados nas análises de petróleo.

Hidrocarboneto	Peso Molecular	Solubilidade em água (mg/L)	Quant. de anéis benzênicos
Naftaleno	128	31,7	2
Acenaftileno	152	3,93	2
Acenafteno	154	1,93	2
Antraceno	178	0,076	3
Fenantreno		1,2	3
Fluoreno	166	1,68 – 1,98	2
Benzo[e]pireno			5

Hidrocarboneto	Peso Molecular	Solubilidade em água (mg/L)	Quant. de anéis benzênicos
Benzo[k]fluoranteno	252	7,6 x 10 ⁻⁴	4
Dibenzo[a,h]antraceno	278	5x10 ⁻⁴	5
Benzo[g,h,i]perileno	276	2,6x10 ⁻⁴	5
Indeno[1,2,3-c,d]pireno	276	0,062	5
Benzoantraceno	228	0,01	4
Criseno	228	2,8x10 ⁻³	4
Fluoranteno	202	0,2-0,26	3
Pireno	252	0,077	4
Benzopireno	252	2,3x10 ⁻³	5
Benzofluoranteno	252	1,2x10 ⁻³	4

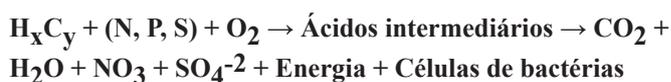
6.4.1 Fitorremediação do Petróleo

Quando ocorre o derramamento, alguns compostos por serem voláteis não permanecem no solo, passando para a atmosfera onde podem ser inalados pelos seres vivos, prejudicando à saúde dos mesmos, a depender da concentração e tempo de exposição ao contaminante. Fazem parte dos hidrocarbonetos aromáticos voláteis: Benzeno, estireno, naftaleno, etilbenzeno, tolueno e xilenos. Compostos grandes que possuem quatro ou cinco anéis aromáticos são mais reaclitrantes.

Para que haja sucesso no processo de fitorremediação é necessário identificar e controlar ou minimizar os fatores que podem afetar a técnica fitorremediadora, através de um estudo do local e do contaminante, bem como sua concentração presente no local.

O petróleo e seus derivados quando liberados no solo, eles se movimentam de duas maneiras: Infiltração da massa de óleo pela força da gravidade versus capilaridade (substâncias hidrofóbicas migram através da massa de óleo) e pela forma individual que os compostos se separam da mistura e os hidrossolúveis podem se dissolver na água ou no ar.

A biodegradação dos hidrocarbonetos de petróleo se dá a partir da seguinte reação química, com os elementos: Nitrogênio, fósforo e enxofre.



Na reação se observa que com a produção dos ácidos orgânicos e CO₂, há uma queda no pH, pois estes tornam o meio mais ácido, saindo assim do pH ideal (entre 6 e 8) para ocorrer a biodegradação, como visto na Tabela 6.3. De acordo com Andrade, Tavares e Mahler (2007) estudos com gramíneas foram

realizados nas pradarias do Canadá na análise da degradação de 4 HPAs (benzo[a]pireno, benzo[a]antraceno, dibenzo[a,h]antraceno e criseno). Foi observado que a mistura de gramíneas obteve um resultado efetivo e concluíram que a degradação está relacionada com a solubilidade desses compostos em água. Quanto mais solúvel o composto em água maior a degradação no sistema solo-planta. De acordo com Lambert, Soares e Souza (2012), os vegetais fitorremediadores do petróleo são: Ricinus communis, Helianthus annuus, Glicine max, Acacia holosericea, Brachiaria brizantha, Tibouchina granulosa e Leucaena leucocephala. De acordo com Andrade, Tavares e Mahler (2007) os vegetais tropicais fitorremediadores de hidrocarbonetos de petróleo são: Mimosa caesalpiniaefolia, Acacia auriculiformis, Eritrina variegata, Acacia angustissima e Albizia saman.

Por meio desses vegetais fitorremediadores ocorrem também a degradação de alcanos, que são convertidos em produtos não tóxicos, como é possível visualizar na tabela seguinte.

Tabela 6.8: Esquema geral das plantas remediadoras por compostos do petróleo bem como sua técnica respectiva

Técnica Fitorremediadora	Vegetal	Compostos degradados	Composto resultante
Fitotransformação	Feijão, Milho, Uva, Noz e Pera	Metanos, etanos, propanos, butanos e pentanos	Álcoois primários, ácidos graxos, acetil-CoA, vários compostos
	Cereais e Milho	Benzeno, tolueno e xilenos	Fenolâcidos (Benzeno); Glicol, ácidos fumáricos, succínico ou málico (Tolueno)
Fitoestimulação	Red mulberry	HPAs	Álcoois, ácidos, CO ₂ e Água

Fonte: ANDRADE, TAVARES, MAHLER (2007).

Uma planta fitorremediadora muito promissora também é a Typha Latifolia ou “Taboa”, pois ela tem propriedades que são capazes de absorver os nutrientes a partir da água de esgoto ou rejeitos industriais, sobrevivendo assim em ambientes contaminados. Testes realizados segundo Pavanelli (2007) com a Taboa constataram que em conjunto com a ação de fertilizantes, essa planta é capaz de absorver também elementos como: Zinco, potássio, fósforo e nitrogênio. Testes constataram também a remoção de benzeno por meio da utilização dos vegetais listados na Tabela 7.9.

Tabela 6.9: Remoção do benzeno proveniente do petróleo que é volatilizado através da fitorremediação.

Vegetal	Inicial (ppm)	Final (ppm)	Removido (ppm)
<i>Dracaena massangeana</i>	14	11	21,4
<i>Chrysanthemum morifolium</i>	58	27	53
<i>Gerbera jamesonii</i>	65	21	67,7
<i>Dracena deremensis</i>	27	13	52
<i>Ficus benjamina</i>	20	14	30

6.5 Considerações Finais

Por conseguinte, a análise de todos os dados adquiridos, através da pesquisa bibliográfica, foi possível concluir que a técnica da fitorremediação é um técnica promissora apresentando inúmeras vantagens principalmente o seu custo, além de uma abundante matéria prima que são os vegetais. Muitas das plantas fitorremediadoras são utilizadas para produção de biodiesel e por isso é interessante analisar se é viável, tecnicamente e economicamente, a reutilização dessas plantas, após a fitorremediação. O que significa dizer que é interessante realizar estudos se o contaminante, durante o processo, se encontra no fruto, que é utilizado na produção do biodiesel (mamona, girassol e soja). É essencial estudar a viabilidade da retirada do petróleo contido nas plantas após a remediação, uma vez que o petróleo é uma fonte de energia não renovável. Por ser uma técnica promissora, tem-se a necessidade de mais pesquisas em busca de novos vegetais, através da engenharia genética, que sejam mais resistentes aos contaminantes e minimizando suas limitações, uma vez que atualmente as plantas são inibidas de crescimento quando atingem um limite de toxidez no ambiente. Incentivo em pesquisa de plantas fitorremediadoras em solos tropicais, bem como vegetais com raízes que alcancem uma maior profundidade, uma vez que essa é uma técnica limitada em pequenas profundidades de solos, rios e águas subterrâneas.

Como já citado durante o trabalho, alguns pesquisadores tem encontrado na utilização das árvores, cuja penetração de raízes é mais profunda, uma limitação menor para descontaminação de solos mais profundos. O que se pode constatar a necessidade de pesquisa por espécies de árvores fitorremediadoras com o propósito de combater essa limitação da extensão da raiz (rizodegradação). Deve-se, com a fitoextração, avaliar a necessidade futura da disposição final da massa vegetal contendo o contaminante e qual a forma menos impactante de realizar essa disposição. É uma área, que também necessita de estudo para definir uma boa utilização desse material, contendo o contaminante, como reutilização em algum processo industrial. De modo geral, a fitorremediação de solos apresenta-se como uma técnica de elevada eficiência, de baixo custo, de boa adaptação ao clima tropical, com matéria prima acessível na degradação de petróleo e seus derivados, mesmo em condições ambientais extremas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. R. C.;** LOPES, B. C. ; BARBOSA, M.V.D. ; BALIEIRO, F.C. ; GOMES, M.M.; Fitorremediação de solos contaminados. Revista trópica-Ciências Agrárias e biológicas. v.6. n.1. p. 1-7. 2012.
- AGUIAR, C. R. C.;** Desempenho de soja e braquiária na fitorremediação de solos contaminados com petróleo. 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2006.
- ANDRADE, J.;** TAVARES, S., MAHLER, C., Fitorremediação: o uso na melhoria de qualidade ambiental. Oficina de Textos, 176f. São Paulo, 2007.
- ANDRADE, J.A.;** AUGUSTO, F; JARDIM, I. C. S. F. ; Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. Eclética Química. v. 35, n. 3, p. 17-43, 2010.
- BISPO, J. R. L.** Determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em água produzida por extração em fase sólida e cromatografia gasosa com detector de ionização de chama. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Sergipe, Alagoas, 2005.
- BOSZCZOWSKI, R. B. ;** Fitorremediação. In: Seminário de qualificação de doutorado. Programa de Engenharia Civil/Geotecnia. PUC- Rio de Janeiro, 2003.
- CELINO, J. J. ;** TRIGUIS, J. A. ; CORSEUIL, H. X. ; FERNANDES, M. ; Valores orientadores para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em água e sedimentos de manguezais na Baía de Todos os Santos. Avaliação de impactos ambientais na Baía de Todos os Santos: Aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos. UFBA. 2008.
- COUTINHO, H. D.;** BARBOSA, A. R.; Fitorremediação: Considerações Gerais e características de utilização. Silva Lusitana, v. 5, n. 1, p. 103-117., 2007
- FIGUEIREDO, B. R. ;** CAPITANI, E. M. ; ANJOS, J. A. S. A.; LUIZ-SILVA, W; Chumbo, ambiente e saúde. O desafio do controle da exposição humana. São Paulo, 276 f. 2012.
- FRICK, C. F.,** Richard G. J Assessment of phytoremediation as an in-situ technique for cleaning oil-contaminated sites. Petroleum Technology Alliance of Canada. p.1-81, 2000.
- GAYLARD, C. C.;** BELLINASSO, M. L. ; MANFIO, G. P.; Biorremediação: Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. Biotecnologia Ciência e desenvolvimento. n.34, p. 36-43, 2005.
- GONG, Y.;** FU, J.; O'REILLY, S.E.; ZHAO, D. Effects of oil dispersants on photodegradation of pyrene in marine water. Journal of Hazardous Materials, Auburn, v. 287, p.142-150, abr. 2015.
- LAMBERT, L. F. M. ;** SOARES, R.P.S.; SOUZA, S. C.; O uso da fitorremediação para recuperação de solos contaminados por petróleo. Instituto Brasileiro de estudos Ambientais. p. 1-5, 2012.
- LEITE, M.;** GUAJAJARA, E. P. V. ; SILVA, S.; SILVA, W. L. SANTOS, S. C.; Fitorremediação de solo contaminado por metais pesados. Caderno de prospecção, v. 12, n. 2, p. 327-335, 2019.
- LOUREIRO, M. A.** Estudo do tratamento por oxidação avançada de solos da refinaria Abreu e Lima(PE) contaminados por hidrocarbonetos. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- MARCONI, Marina de Andrade;** LAKATOS, Eva Maria. Metodologia do trabalho científico. São Paulo: Editora Atlas, 1992. 4ª ed. p.43 e 44.
- MOREIRA, I. T. A. ;** OLIVEIRA, O. M. C. ; TRIGUIS, J. A. ; SANTOS, A. M. P. ; QUEIROZ, A. F. S. ; MARTINS, C. M. S. ; JESUS, R. S. ; Phytoremediation using Rizophora mangle L. in mangrove sediments contaminated by persistent total petroleum hydrocarbons (TPH's). Microchemical Journal. v. 99, n. 02, p. 376-382, 2011.
- MUFF, J.;** SOGAARD, E. G. Identification and fate of halogenated PAHs formed during electrochemical treatment of saline aqueous solutions. Journal of Hazardous Materials, Dinamarca, v. 186, n. 2-3, p. 1993-2000, fev. 2010.
- PAVANELLI, A. G.;** Fitorremediação de solos contaminados com petróleo utilizando Typha Latifolia. 2007. Dissertação (Mestrado em Química dos Recursos Naturais.) Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2007.
- PETROBRAS;** Atividade de perfuração marítima no Bloco BM-P-02, Bacia de Pelotas: Estudo ambiental de perfuração. p. 1-44. 2012.
- ROCHA, O. R. S.** Avaliação de diferentes processos oxidativos avançados no tratamento de resíduo de petróleo. 2010. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- ROSA SMOCKING, G.;** Avaliação do potencial de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por petróleo. 144f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). UERJ. Rio de Janeiro, 2006.
- RUBIO-CLEMENTE, A.;** TORRES-PALMA, R. A.; PEÑUELA, G. A. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous environment by chemical treatments: A review. Science of the Total Environment, Medellín, v. 478, p.201-225, abr. 2014.
- ZHANG, A.;** ZHAO, S.; WHONG, L.; YANG, X.; ZHAO, Q.; FAN, J.; YUAN, X. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seawater and sediments from the northern Liaodong Bay, China. Marine Pollution Bulletin, Vol.113, nº 1-2, p. 592-599, 2016.
- Composição do petróleo. Disponível em: www.galpenergia.com/PT/investidor/ConhecerGalpEnergia/Os-nossos-negocios/Exploracao-Producao/fundamentos-engenharia-petroleo/Paginas/Origem-e-composicao-do-petroleo.aspx

7

Diagnostico das áreas de risco de deslizamento mapeadas pela Defesa Civil de Salvador em 2016

Diagnosis of landslide risk areas mapped by the Civil Defense in Salvador in 2016

Fernando Nascimento Santos

José Ângelo Sebastiao Araújo dos Anjos

O registro histórico de deslizamentos revela que Salvador encontra-se entre os municípios com maior probabilidade de ocorrência de acidentes associados a movimentos de massa em encostas. Impulsionada pelos últimos eventos com vítimas fatais ocorridos em 2015, a gestão municipal tem trabalhado na construção de instrumentos técnico-administrativos, visando prevenir a ocorrência de novos desastres. Nesse contexto, no ano de 2016 surgiu o projeto Mapeamento de Áreas, desenvolvido pelo Setor de Monitoramento de Risco da Defesa Civil de Salvador, a fim de produzir mapas atualizados das áreas potencialmente de risco da Cidade, subsidiando, assim, a gestão do risco. Este projeto resultou no mapeamento de 31 áreas de risco no ano de 2016, das quais 25 apresentam o deslizamento como principal fonte de risco, enquanto as demais caracterizam-se pela predominância do risco de alagamento. Essas áreas encontram-se geologicamente localizadas em dois domínios principais, o Complexo Cristalino de Salvador, que hospeda cerca de 81% das áreas, e a Bacia do Recôncavo. De modo geral, as áreas ocupam as porções do relevo onde são encontradas as maiores declividades e altitudes do município. O diagnóstico obtido a partir das observações de campo revelou que, embora a água seja o principal agente deflagrador dos deslizamentos, o cenário de risco das áreas está frequentemente associado a fatores resultantes da ocupação urbana, tais como ausência de sistema de drenagem, taludes de corte e aterros lançados e lançamento de esgoto e lixo nas encostas, considerados agentes predisponentes ao deslizamento.

Palavras-chave: Mapeamento de risco, deslizamentos, Salvador.

The historical record of landslides in Salvador shows that it is among the municipalities most likely to experience accidents associated with mass movements on slopes. Driven by the latest events with fatal victims in 2015, municipal management has been working on the construction of technical and administrative instruments, aiming to prevent the occurrence of new disasters. In this context, in 2016 a Risky Areas Mapping project was developed by the Civil Defense, in order to produce updated maps of the potentially risky areas of the City, thus subsidizing risk management. This project resulted in the mapping of 31 risk areas, of which 25 presented landslides as the main source of risk, while the others are characterized by the predominance of flooding risks. The areas are geologically located in two main domains, the Cristalino Complex of Salvador, which hosts about 81% of the areas, and the Recôncavo Basin. In general, the areas occupy the parts of the relief where the highest slopes and altitudes of the municipality are found. The diagnosis obtained from the field observations revealed that, although water is the main triggering agent of landslides, the risk scenario of the areas is often associated with factors resulting from urban occupation, such as the absence of a drainage system, construction slopes, dumps and sewage discharge, and the launching of garbage on the slopes, considered predisposing agents to landslide.

Keywords: Risk mapping, landslides, Salvador.

F.N. Santos

Perito Criminal Federal na área de Meio Ambiente. e-mail: santos.fnascimento@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

7.1 Introdução

Nas últimas décadas, desastres naturais relacionados a movimentos de massa se tornaram tema cada vez mais presentes no município de Salvador, capital do Estado da Bahia, que se encontra entre as cidades brasileiras com maior índice de acidentes associados a deslizamento de solo em encostas (AUGUSTO FILHO, 1994). Aliado à limitação de áreas naturalmente favoráveis à habitação, o processo acelerado de urbanização leva a maioria da população do município a uma inserção precária, ocupando principalmente áreas impróprias nas encostas, o que resulta em condição vulnerável à ocorrência de acidentes envolvendo danos materiais e vítimas fatais, com consequentes prejuízos ambientais e econômicos.

Além dos condicionantes naturais que tornam porções do terreno susceptíveis a escorregamentos, a ação antrópica nestas áreas atua como fator predisponente na ocorrência de movimentos de massa, com práticas que potencializam os processos naturais, tais como execução de cortes no talude e aterros lançados, disposição inadequada de resíduos sólidos e lançamento de efluentes líquidos domésticos diretamente nas encostas.

Este é um processo histórico, cujo registro remonta à fundação da cidade. Segundo Santana (2006), em carta enviada pelo mestre Luís Dias a Portugal, o mesmo relata que em 1551 já aconteciam deslizamentos em Salvador. Ao longo da história, esse problema vem se intensificando e se diversificando na cidade, acompanhando o seu crescimento desordenado.

Após os últimos deslizamentos ocorridos no ano de 2015, que resultaram num total de 15 vítimas fatais, nos bairros do Alto do Peru e Bom Juá, uma série de esforços estão sendo empregados pela gestão municipal visando prevenir a ocorrências de novos desastres, a exemplo da elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos, por meio de assessoria técnica especializada. No entanto, qualquer iniciativa da Defesa Civil de monitoramento e prevenção de risco esbarrava em limitações como o desconhecimento das áreas de risco e ausência de informações consistentes sobre as áreas susceptíveis a deslizamentos.

Neste contexto, surgiu o projeto de mapeamento de áreas de risco, desenvolvido pelo Setor de Monitoramento de Risco da Defesa Civil de Salvador, que deu início à construção de um banco de dados e de mapas temáticos relacionados a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco de escorregamentos para subsidiar a elaboração de planos e programas, tal como o Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC.

Como resultado destes trabalhos, foram mapeadas 31 áreas de risco no ano de 2016, nas quais o deslizamento corresponde ao principal risco identificado. O presente trabalho consiste na discussão dessas áreas de risco, a fim de avaliar o comportamento dos condicionantes naturais, bem como a forma de atuação

dos fatores antrópicos, possivelmente contribuindo com a continuação deste projeto nos anos seguintes.

7.2 Área de Estudo

As áreas de risco mapeadas encontram-se distribuídas em cerca de vinte bairros de Salvador (Quadro 7.1). O processo de deslizamento em encostas corresponde à principal fonte de risco em vinte e cinco destas áreas, principal foco de análise deste trabalho, enquanto o risco de alagamento predomina nas áreas restantes, conforme ilustrado na Figura 7.1.

8.3 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal elaborar o diagnóstico integrado das áreas de risco de deslizamento mapeadas pela Defesa Civil de Salvador (Codesal) no ano de 2016.

Objetivos Específicos

- Discutir os resultados do mapeamento desenvolvido pela Codesal;
- Avaliar o comportamento de condicionantes naturais como o substrato e o relevo nas áreas; e
- Discutir o papel desempenhado pelos condicionantes antrópicos.

7.4 Materiais e Métodos

O mapeamento das áreas consideradas de risco envolveu de modo geral três etapas principais: i) Planejamento - seleção das áreas e coleta de dados; ii) Campo - análise, descrição e registros dos dados observados nas áreas; e iii) Pós-campo - elaboração de relatórios e mapas e avaliação dos resultados.

7.5 Planejamento

Seleção das áreas

As poligonais a serem mapeadas foram inicialmente selecionadas pela Coordenadoria de Ações de Prevenção e Redução de Riscos da Defesa Civil de Salvador - CODESAL, com a colaboração das subcoordenadorias de risco e de ações comunitárias. A seleção das áreas foi baseada sobretudo no histórico de ocorrências, priorizando regiões com notável recorrência de deslizamentos. Uma vez selecionadas as áreas, a demanda era repassada para o Setor de Monitoramento de Risco, no qual o projeto de mapeamento foi desenvolvido.

Quadro 7.1: Lista das áreas mapeadas.

Nº	Nome	Bairro	Risco Predominante	Coord X	Coord Y	Área (km ²)
01	Alto do Para	São Caetano / Santa Luzia	deslizamento	555216	8569656	78.15
02	Ana Lucia	Alto da Terezinha	alagamento	556696	8575449	72.08
03	Antonio Teixeira	Periperi	deslizamento	557796	8577074	109.38
04	Baixa de Santa Rita	Sao Marcos	deslizamento	560801	8571401	228.36
05	Baixa Fria	Sao Marcos	deslizamento	561533	8570868	29.69
06	Beira Dique	Campinas de Piraja	alagamento	557258	8570924	194.08
07	Beira Rio da Paz	Bairro da Paz	alagamento	567287	8569772	98.61
08	Bolandeira	Pituacu/Imbui/Boca do Rio	alagamento	561877	8566891	232.16
09	Bom Jua	Bom Jua	deslizamento	556840	8569730	68.14
10	Bosque Real	Sete de Abril	deslizamento	561403	8571572	185.26
11	Calabetao	Calabetao/Mata Escura	deslizamento	557696	8569851	158.96
12	Humildes	Sete de Abril	alagamento	561655	8571849	71.04
13	Irma Dulce	Cajazeiras VI	deslizamento	561965	8574861	48.76
14	Lindolfo Barbosa	Vila Canaria	deslizamento	560748	8572853	144.87
15	Mamede	Alto da Terezinha	deslizamento	556850	8576138	71.76
16	Mamorana	Sao Caetano	deslizamento	555680	8570163	130.08
17	Nova Direta	Boa Vista do Lobato	deslizamento	556766	8571571	19.75
18	Novo Horizonte I	Novo Horizonte	deslizamento	560867	8568965	335.66
19	Novo Horizonte II	Novo Horizonte	deslizamento	561111	8569298	391.18
20	Novos Unidos	Periperi	alagamento	557373	8578270	265.55
21	Padre Ugo	Canabrava	deslizamento	562785	8571325	114.87
22	Pedro Ferrao	Liberdade	deslizamento	554973	8569231	76.19
23	Planalto Real II	Plataforma	deslizamento	556594	8574433	173.28
24	Rosalvo Silva	Sao Marcos	deslizamento	561188	8571138	89.26
25	Sabia	Coutos	deslizamento	558346	8579250	91.14
26	Sao Cipriano	Nova Brasilia	deslizamento	564237	8572099	37.61
27	Tres Mangueiras	Canabrava	deslizamento	563503	8570908	187.36
28	Vilamar	Nova Brasília	deslizamento	563519	8571350	337.26
29	Vila Picasso	Capelinha de Sao Caetano	deslizamento	555904	8570778	131.43
30	Vila Tiradentes	Sao Caetano	deslizamento	557195	8569503	113.42
31	Virgilina Rosa	Vila Canaria	deslizamento	561100	8572588	87.93

Preparação para atividade de campo

A fase de planejamento da atividade de campo compreendeu basicamente o levantamento de dados preexistentes sobre as áreas e a preparação de imagens de satélite em escala adequada. O levantamento de dados foi realizado por meio da obtenção de:

- Informações básicas de localização: rua de referência, bairro e prefeitura-bairro;
- Imagem de Satélite: em geral, imagens do Google Earth;

- Base cartográfica digital: bacia e sub-bacia hidrográfica, domínio geológico, curvas de nível, drenagem, ocorrências de deslizamento, relevo, entre outros.

O Setor de Monitoramento de Risco da CODESAL conta com um banco de dados digital em ambiente SIG - Sistema de Informações Geográficas, compilados principalmente de CPRM (2014) e Salvador (2004). Além destas informações, o conhecimento dos técnicos mais experientes da Defesa Civil foi de extrema importância para o desenvolvimento das atividades.

Reconhecimento

A primeira visita à área de estudo tem caráter de reconhecimento. Nela, os técnicos percorrem toda a área, visando identificar os principais pontos de risco, as melhores opções de acesso e questões de segurança. Além disso, a equipe avalia a necessidade de ajustes na delimitação da poligonal que limita a área. A princípio, a poligonal deve agrupar os principais pontos de risco da área, situados em geral na mesma encosta ou em encostas vizinhas. As poligonais normalmente são limitadas por vias de acessos.

Descrição e registro

Após o reconhecimento da área, o risco foi avaliado ponto a ponto ao longo da poligonal, por meio de investigações geológico-geotécnicas de superfície, ou seja, por meio da identificação dos condicionantes naturais e antrópicos do processo de instabilização que ocorrem na superfície. A avaliação de elementos como o substrato foi realizada principalmente em taludes de

corte construídos pelos moradores. Dentre os fatores observados em campo, destacam-se os relacionados no Quadro 7.2.

As informações registradas em campo subsidiaram a caracterização e o diagnóstico das áreas de risco. Todas as informações são importantes, no entanto, cada área possui sua particularidade, assim, a depender da poligonal de estudo, alguns dados serão mais ou menos determinantes para a avaliação do risco de deslizamento. Estas informações foram complementadas com registros fotográficos, que ilustram a natureza e magnitude do problema.

Análise de Risco

A partir da integração e análise das informações coletadas em campo, bem como dos registros fotográficos, foi determinado o grau de risco das áreas mapeadas como alto, médio ou baixo (ou sem risco). A análise possui natureza qualitativa, uma vez que se baseia sobretudo em observações e evidências de campo.

A metodologia utilizada para definição do grau de probabilidade de ocorrência de deslizamentos adotou os critérios

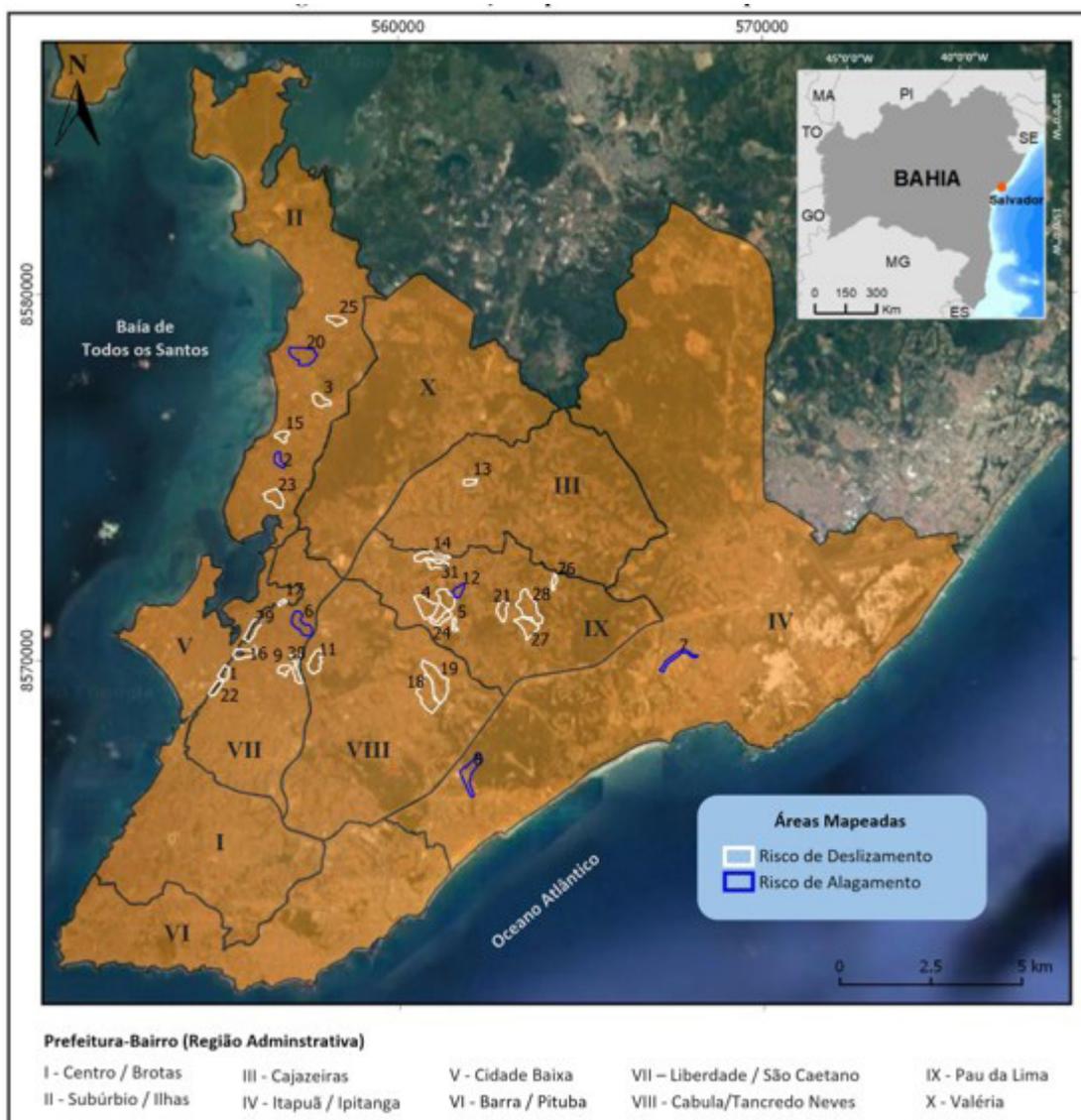


Fig. 7.1 - Distribuição espacial das áreas mapeadas.

Quadro 7.2: Principais elementos observados em campo para caracterização das áreas de risco.

Evidências de instabilização	Substrato
Trincas nas casas e/ou terreno; inclinação de objetos rígidos: poste, muro, árvore, cerca; degraus de abatimento no terreno; fendas de tração no terreno; cicatrizes de deslizamento.	Exposição de rocha (tipo, grau de alteração química e física); tipo de solo (argiloso, argiloarenoso, arenoso etc); coesão (friabilidade); permo-porosidade; espessura do solo; aterros.
Relevo	Vegetação
Morfologia geral da área; altura e geometria das encostas; declividade	Presença de árvores; vegetação rasteira (arbustos, capim); área desmatada; cultivo.
Dinâmica das águas superficiais	Ocupação / Condicionantes antrópicos
Presença de córregos; direção de fluxo; tipo de escoamento (concentrado, difuso, laminar); presença de nascentes / surgência de água; acúmulo de água em superfície - evidências de saturação do solo.	Densidade da ocupação; remoção da vegetação natural / desmatamento; lançamento / vazamento de esgoto e/ou água na encosta; presença de sistema de drenagem (conservação/danos); presença de cortes e aterros; lançamento de resíduos sólidos (entulho/lixo)
Feições erosivas	
Sulcos; ravinas; voçorocas	

sugeridos por (BRASIL, 2006), que descreve o grau de risco em função da ocorrência dos fatores condicionantes, naturais e antrópicos, identificados em campo (Quadro 7.3).

Pós-Campo

O registro das informações foi realizado por meio de relatórios técnicos e mapas temáticos. Os relatórios incluem informações básicas das áreas, como localização e acessos, as observações de campo e parte do registro fotográfico considerada mais representativa da condição atual.

Dentre os mapas temáticos produzidos a partir dos dados coletados, destacam-se o mapa diagnóstico e o mapa de risco. O mapa diagnóstico consiste na representação dos principais condicionantes identificados (substrato, relevo, drenagem natural, lançamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos etc.) que expressam a condição atual da área de risco. O mapa de risco, por sua vez, apresenta a delimitação dos principais setores vulneráveis e susceptíveis a deslizamentos. Outros mapas auxiliares foram gerados como, por exemplo, mapa de localização, mapa de evacuação, mapa de intervenção (prognóstico) e mapa de placas.

Uma vez que os mapas de risco subsidiam a construção do mapa de evacuação, onde são determinadas quais moradias devem ser evacuadas num momento de alerta de deslizamento, as áreas não foram simplesmente segmentadas em setores homólogos,

ou seja, setores que apresentam o mesmo risco de deslizamento. O mapeamento, por outro lado, delimitou as porções das encostas susceptíveis a movimentações de massa e os assentamentos vulneráveis a estes eventos, possibilitando, assim, a definição das moradias a serem evacuadas num momento de alerta.

Para efeito deste trabalho de monografia, os mapas são apresentados de forma sintetizada, em função das limitações de escala que resultam da necessidade de ilustrar todas as áreas mapeadas.

7.7 Estado da Arte - Conceitos e Terminologia

Conceitos Básicos de Risco

Apesar do crescente número de trabalhos envolvendo mapeamento de risco de deslizamento, existe pouca uniformidade de definições e terminologia, desta forma termos como suscetibilidade, vulnerabilidade e risco são aplicados de formas distintas, resultando em produtos com confiabilidade e precisão diferentes. Segundo Fell et al. (2008), inúmeros métodos divergentes para o mapeamento de perigo de deslizamento tem sido testados e postos em prática em diferentes contextos por mais de 30 anos, evidenciando uma carência de padronização. Dentre os trabalhos que definem os conceitos relacionados ao estudo de risco encontra-se, por exemplo, Varnes (1984), o qual define o termo natural hazard (perigo) como sinônimo de suscetibilidade. Por outro lado, Zuquete (1993) define hazard como um fenômeno de origem natural, que se manifesta em um lugar específico, em tempo determinado, produzindo efeitos adversos nas pessoas, nos bens ou no meio ambiente.

Cascini et al. (2005) ratifica a necessidade de uma terminologia unificada, associada a métodos consolidados para avaliação dos componentes do risco e classificação dos mesmos, permitindo que os zoneamentos de áreas distintas possam ser comparados e analisados conjuntamente. A padronização visa também assegurar a confiabilidade da avaliação de risco, através de procedimentos que garantam que etapas fundamentais na análise de risco sejam devidamente consideradas e executadas.

No entanto, esta padronização esbarra em dificuldades como: as diferentes condições encontradas nos diferentes países (sejam elas econômicas, estruturais ou naturais), a escassez de dados sobre as ocorrências de deslizamentos, a complexidade intrínseca do processo de deslizamento e seus contextos geológicos distintos e a própria falta de entendimento dos conceitos de risco pela população e pela gestão pública.

Quadro 7.3: Critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de deslizamento.

Grau	Descrição
Baixo ou sem risco	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, entre outros) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamento. Não há evidências de instabilização em encostas. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de deslizamentos no período de um ciclo chuvoso.
Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, entre outros) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e a presença de evidências de instabilidade é incipiente. Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de deslizamentos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, substrato, entre outros) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos (ex.: alta declividade, substrato friável, cortes e aterros). As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento, trincas em moradias, objetos rígidos inclinados, cicatrizes de deslizamento e feições erosivas) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de deslizamentos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

Neste contexto, com o objetivo de construir um manual técnico para o zoneamento de suscetibilidade, perigo e risco de deslizamento que tivesse aceitação internacional, o JTC 1 - Joint Technical Committee on Landslide and Engineered Slopes (Comitê Técnico de Escorregamentos e Taludes Construídos) criou um comitê científico que contou com a colaboração de especialistas de 15 países, dentre os quais o Brasil.

O trabalho do comitê resultou na publicação de Fell et al. (2008), intitulado *Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning* (Diretrizes para o Zoneamento da Suscetibilidade, Perigo e Risco de Deslizamento para Planejamento do Uso do Solo). Dentre as diretrizes propostas pelo manual, destacam-se definições e terminologias para uso internacional, descrição dos tipos e níveis de mapeamento de risco, orientações sobre informações requeridas para as diferentes escalas de mapeamento e orientações sobre confiabilidade, validade e limitações dos métodos.

No Brasil, Augusto Filho et al. (1990) propõem uma ho-

mogeneização nacional da terminologia e conceitos, definindo termos como acidente, evento e risco de maneira muito próxima às definições mais aceitas atualmente. O tema ganhou mais força a partir da criação da Política Nacional de Defesa Civil (PNDC), que preconiza a prevenção de desastres como forma de atuação prioritária, tendo em vista que ações de resposta aos desastres e de reconstrução exigem muitos gastos e desviam recursos que poderiam ser alocados em programas de desenvolvimento (BRASIL, 2007a). A PNDC, além do estabelecimento de diversas metas de realização de estudos de risco, trouxe uma série de definições como desastre, risco, dano e vulnerabilidade.

Em 2006, o Ministério das Cidades publicou um livro-guia intitulado *Prevenção de Riscos de Deslizamentos de Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais*, com o intuito de subsidiar a implementação de políticas de prevenção de riscos pelas prefeituras. Esta publicação define diversos conceitos voltados ao estudo de risco, discute a análise de risco e sugere diretrizes para o mapeamento nos municípios brasileiros na tentativa de uniformizar a abordagem do tema no âmbito da Defesa Civil

e seus instrumentos político-administrativos. O livro faz parte do programa nacional de capacitação do Ministério das Cidades, criado em 2003 juntamente com a Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários, que forneceu apoio financeiro aos municípios para elaboração dos Planos Municipais de Redução de Riscos (BRASIL, 2006). Outras publicações apoiadas pelo Ministério das Cidades serviram de guia para a análise e mapeamento de risco no país, a exemplo de Brasil (2007b), utilizado como material de treinamento de equipes municipais para o mapeamento e gerenciamento de riscos.

Em 2012, a Lei Nacional 12.608 passa a fornecer amparo legal à gestão de riscos, com a definição de novas obrigações do poder público nas esferas federal, estadual e municipal. O plano Plurianual e o respectivo orçamento da União determinam a realização de inúmeras ações no combate aos desastres naturais causados pelos movimentos de massa, destinando recursos jamais vistos no país. Dentre essas ações estão os mapeamentos de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco, sob a responsabilidade dos ministérios das Cidades e da Integração Nacional, e do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (FELL et al., 2008).

De modo geral, as definições de Augusto Filho et al. (1990), Brasil (2006), Brasil (2007b) e Fell et al. (2008) são consonantes e complementares. Portanto, os conceitos aqui abordados são fruto da compilação destas publicações que comumente são utilizados como diretrizes para os trabalhos de mapeamento de risco de deslizamento no âmbito nacional e internacional.

As definições dos principais termos aplicados em estudos de áreas de risco são:

Evento: Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar dano econômico e/ou sociais. Desta forma, o evento trata de um fato já ocorrido;

Acidente: Refere-se a um fato já ocorrido, onde foram registradas consequências sociais e/ou econômicas, danosas ao cidadão (perdas e danos);

Perigo: Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável (dano econômico e/ou social). São vários os processos do meio físico que podem causar situações de perigo de movimentos de encostas, a exemplo de escorregamentos de taludes naturais ou encostas, quedas de blocos rochosos, corridas de lama e/ou de blocos, deslizamentos de aterros, deslizamentos de lixo e de entulhos lançados nas encostas, entre outros;

Vulnerabilidade: Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo;

Suscetibilidade: Indica a potencialidade de ocorrência de

processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência;

Risco: Indica a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população, pessoas ou bens materiais. É uma condição potencial de ocorrência de um acidente. O risco é frequentemente definido como o produto entre a probabilidade de ocorrência de um fenômeno e suas consequências, através da expressão $R = P \times C$, onde R é o risco, P consiste na suscetibilidade à ocorrência de um fenômeno e C representa as consequências potenciais, diretamente relacionadas à vulnerabilidade da ocupação. Esta expressão permite interpretar que a ausência de vulnerabilidade elimina o risco, o que justifica a gestão de risco atuar, muitas vezes, na redução da mesma, com medidas tais como implantação de sistemas de alerta e alarme e relocação de moradores. Da mesma forma, a eliminação da suscetibilidade também leva à mitigação do risco, por meio da atuação sobre os processos ou fenômenos, em geral, com obras de engenharia que vão desde sistemas de drenagem a grandes obras de contenção; e

Área de risco: Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. No contexto das cidades brasileiras, a maior parte dessas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda.

7.8 Mapeamento de risco

No que diz respeito aos estudos de risco de deslizamento, não apenas as terminologias e conceitos apresentam divergências ao longo dos anos. Fell et al. (2008) discutem o fato de diferentes metodologias para elaboração dos mapas de risco geológicos terem sido testadas ao longo das últimas décadas em todo o Mundo. Segundo Brasil (2006), estes mapeamentos são predominantemente realizados por meio de avaliações qualitativas, embora tenham surgido exemplos de quantificação de risco através da análise da probabilidade anual (frequência) de deslizamentos de terra potenciais e quantificação da vulnerabilidade das ocupações.

As análises qualitativas, apesar de não utilizar parâmetros quantitativos, são baseados numa diversidade de critérios a serem analisados principalmente em campo, tais como tipo de substrato, declividade, vegetação, ocupação urbana, drenagem, tipologia do processo e indícios de deslizamento. Estes critérios conjuntamente contribuem para a definição do grau de risco de determinada área ou setor. Infelizmente, a percepção destes parâmetros está subordinada à experiência e à vivência do profissional nos trabalhos de mapeamento (BRASIL, 2006).

Segundo Cerri e Carvalho (1990), as análises qualitativas são adequadas para o levantamento preliminar do quadro de ris-

co de uma região, no qual o importante é estabelecer uma hierarquia de setores que sirva de base para implantação de ações não-estruturais como o planejamento urbano.

A metodologia adotada pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2006) preconiza dois níveis de mapeamento de risco: a setorização (zoneamento) e o cadastramento. A setorização consiste na delimitação de zonas ou setores nos quais as moradias compartilham do mesmo grau de risco. A setorização, então, compreende uma certa generalização, uma vez que em meio às moradias de determinado setor, podem haver edificações que não se encontram no mesmo grau de risco que as demais.

Por outro lado, o cadastramento envolve a análise do risco moradia por moradia, não envolvendo generalização. De maneira geral, a setorização fornece dados suficientes para definição das ações necessárias para a gestão dos riscos identificados. No entanto, quando é necessário um nível de detalhe maior, devem ser realizados os cadastramentos.

Brasil (2006) sugere que, uma vez selecionado o nível de mapeamento a ser desenvolvido, o trabalho de campo deve desenvolver as seguintes atividades:

1. definição dos processos perigosos (processos do meio físico que podem causar situações de risco);
2. identificação dos fatores condicionantes e predisponentes aos processos de instabilização (declividade, substrato, drenagem, vegetação, habitação), bem como evidências de instabilidade (trincas no terreno e em moradias, inclinação de objetos rígidos, cicatrizes de deslizamentos, dentre outras);
3. registro dos resultados das investigações e das interpretações em ficha de campo;
4. delimitação dos setores;
5. localização precisa das áreas de risco e
6. estimativa das consequências potenciais do perigo identificado.

Segundo Geo-Rio (2000), as cartas de risco devem conter informações de áreas anteriormente afetadas por deslizamentos e obras de instabilização existentes no local, além da delimitação das áreas sujeitas a novos deslizamentos e base topográfica atualizada. Para atingir este objetivo, é necessário que se reúna todos os dados e informações disponíveis, tais como: fotografias aéreas ou imagens de satélite; mapas temáticos (Geologia, Solo, Geomorfologia); cartas topográficas; inventário de ocorrências e obras de contenção.

Fell et al. (2008) ressaltam a existência de outros tipos de zoneamento de deslizamento, como o zoneamento de suscetibilidade e o zoneamento de perigo. Estes mapeamentos são em geral uti-

lizados para mapeamentos em escalas menores, em geral menores que 1:5.000, que exigem menor nível de detalhes que a setorização de risco. Os mesmos envolvem caracterização do tipo de processo envolvido, sua distribuição espacial, magnitude (área e volume) e frequência (probabilidade), quando em estudos quantitativos. No entanto, o zoneamento de suscetibilidade e perigo não compreendem análise dos elementos em risco, ou seja, da vulnerabilidade.

De maneira geral, o objetivo do estudo determina o tipo e nível de detalhe do mapeamento e a escala dos mapas. Todavia, vários outros fatores podem condicionar o mapeamento, como, por exemplo, o estágio de desenvolvimento do plano ou projeto de zoneamento. Zoneamentos de suscetibilidade e de perigo são mais utilizados em estágios iniciais de desenvolvimento. Da mesma forma, o financiamento disponível pode ser um condicionante prático, visto que os mapeamentos de suscetibilidade e de perigo envolvem um custo menor e maior praticidade que o zoneamento de risco.

7.9 Terminologia de Classificação de Movimentos de Massa

Hutchinson (1968) define movimentos gravitacionais de massa como o deslocamento declive abaixo de materiais como sedimento, rocha e/ou solo que ocorrem sob ação da gravidade. Embora agentes de transporte como a água possam estar envolvidos nesses processos, eles não atuam como agentes primários de transporte.

São diversos os sistemas classificatórios de movimentos de massa, os quais definem uma série de terminologias para descrever os diferentes tipos de movimentos existentes. Dentre os estudos que abordam o tema, destacam-se Hutchinson (1968), Varnes (1958; 1978), Guidicini e Nieble (1984), Cruden e Varnes (1996) e Augusto Filho (1992). Segundo Augusto Filho (1994), as inúmeras classificações são baseadas principalmente nos seguintes critérios:

- Cinemática do movimento: definida pela velocidade, direção e sequência dos deslocamentos;
- Tipo de material: solo, rocha, detritos e depósitos em geral e
- Geometria: extensão e forma da superfície de ruptura e material mobilizado.

A classificação proposta por Varnes (1978) é considerada como o sistema classificatório oficial pela International Association of Engineering Geology (IAEG), sendo uma das mais utilizadas mundialmente (BANDEIRA, 2003). Esta classificação se baseia no tipo de movimento e no material transportado,

Quadro 7.4: Classificação dos movimentos de massa.

Tipo de movimento		Material predominante	Cinética e geometria
Queda		Lascas de rocha, blocos de rocha fraturada ou solo em margens de corpos d'água	Queda livre com ou sem repique em planos inclinados
Tombamento		Lascas de rocha com fraturamento subvertical	Basculamento e posterior queda de lascas de rocha
Rolamento		Blocos de rocha e/ou matacões	Rolamento de blocos/matacões aflorantes em taludes de solo
Escorregamentos	Rotacional	Rochas muito fraturadas ou solos espessos sem anisotropia relevante ou resíduos sólidos urbanos	Movimentos rápidos ou lentos ao longo de superfícies aproximadamente conchoidais ou cilíndricas
	Translacional	Blocos de rocha ao longo de foliação ou descontinuidade, solos rasos sobre rocha ou camada resistente, resíduos sólidos urbanos sobre material mais resistente	Movimentos rápidos ou lentos ao longo de superfícies aproximadamente planas
	Em cunha	Blocos de rocha	Movimento ao longo de linha de intersecção entre dois planos de descontinuidade
Fluxo	Corrida	Detritos (mistura de solo com blocos de rocha, vegetação etc) ou lama	Movimento semelhante ao de um líquido viscoso, desenvolvido ao longo dos fundos de vale, com altas velocidades (>20km/h) e extenso alcance
	Rastejo	Solos coluvionares ou massa de tálus	Velocidades muito baixas (mm a cm/ano). Movimentos paralelos à superfície, constantes, sazonais ou intermitentes, usualmente com nível do lençol freático próximo a superfície.
Complexos		Materiais diversos	Combinação de dois ou mais dos principais tipos de movimento

Fonte: Geo-Rio (2000).

distinguindo, assim, cinco tipos de movimentos: quedas (falls), tombamentos (topples), escorregamentos (slides), espalhamentos (spreads) e corridas (flows). A combinação de dois ou mais tipos de movimento de massa caracteriza um tipo complexo de movimento.

Segundo Bandeira (2003), a classificação de Augusto Filho (1992) consiste num referencial para os trabalhos desenvolvidos no Brasil. Considerando as particularidades da dinâmica das encostas brasileiras e as classificações anteriores, o autor agrupa os movimentos de massa em quatro classes: rastejos, escorregamentos, quedas e corridas. O Quadro 7.4 apresenta os diferentes tipos de movimentos de massa propostos por Geo-Rio (2000) a partir de uma adaptação das classificações de Augusto Filho (1992) e Varnes (1978).

Os tipos de movimentos de massa mais comumente identificados em Salvador são os escorregamentos rotacionais e translacionais. Highland e Bobrowsky (2008) definem escorregamento como um movimento de solo ou rocha, em encostas, que ocorre sobre superfícies de ruptura ou sobre zonas com intensa deformação por cisalhamento. Segundo Tominaga e Amaral (2009), o termo deslizamento é utilizado como sinônimo de escorregamento.

Segundo Highland e Bobrowsky (2008), o deslizamento rotacional caracteriza-se por uma superfície de ruptura côncava, usualmente associado à forma de uma colher (Figura 7.2).

Seu movimento descreve trajetória aproximadamente curva ou rotacional em torno de um eixo paralelo ao contorno do talude, com velocidade bastante variada, de 0,06m/ano a 18m/ano. Sua ocorrência se dá em materiais homogêneos, desprovidos de acentuada anisotropia, como aterros, pacotes de solo ou depósitos espessos, rochas sedimentares ou cristalinas fraturadas.

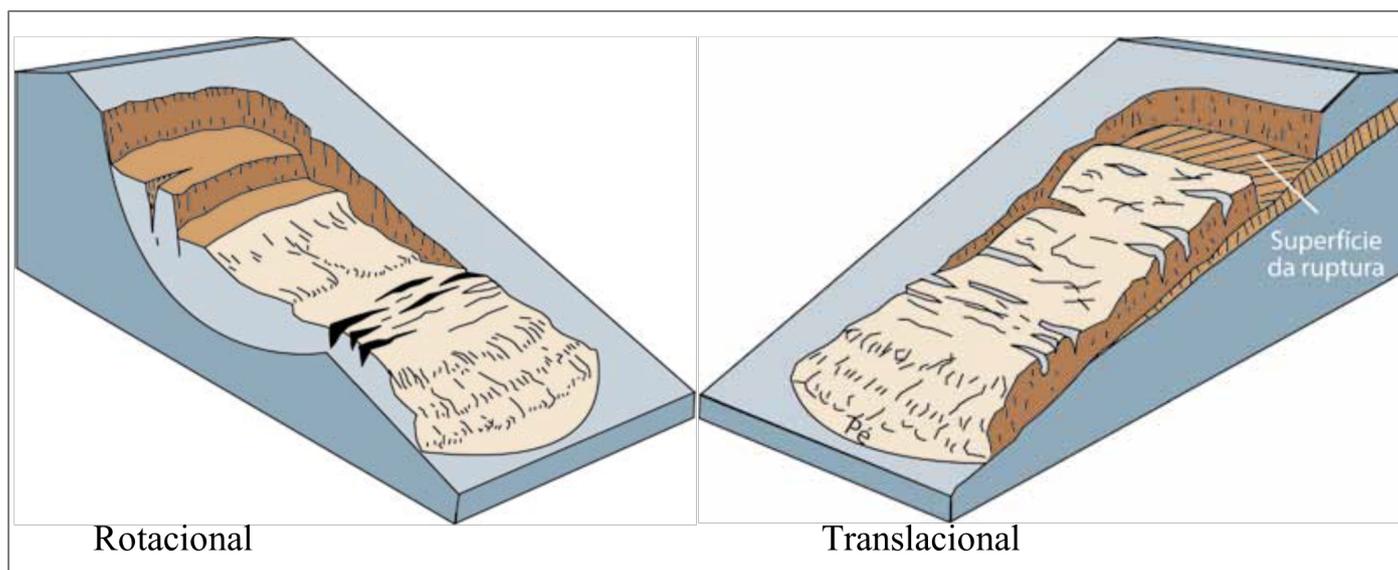
O deslizamento translacional ou planar, por outro lado, é marcado por uma superfície de ruptura plana, com reduzido movimento rotacional. São comuns em solos ou depósitos rasos sobre rocha, saprólito ou material resistente, normalmente associado a altas declividades. Deslizamentos planares são também desenvolvidos ao longo de descontinuidades geológicas como falhas, estratificações, planos de contato litológico ou solo/rocha. Em geral, são mais rasos e mais rápidos que o rotacional. Suas velocidades podem atingir cerca de 1,5m/mês a 1,5m/dia.

7.10 Estudos preliminares na área de estudo

Apesar do quadro recorrente de deslizamentos em encostas de Salvador, existem poucos registros de estudos de risco com abrangência municipal. Dentre os trabalhos de mapeamento de deslizamento que foram desenvolvidos em toda cidade, destacam-se o Plano Diretor de Encostas (PDE) (SALVADOR, 2004) e o mapeamento de suscetibilidade executado por CPRM (2014).

O Plano Diretor de Encostas, publicado em 2004, identi-

Figura 7.2: Esquema ilustrativo dos deslizamentos rotacional e translacional (planar).



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008)

cou 437 áreas de risco distribuídas em toda cidade e desde então tem subsidiado a gestão municipal e estadual em ações de controle e prevenção de desastres envolvendo deslizamentos em encostas, principalmente no que diz respeito a obras de contenção. No entanto, o estudo é considerado por muitos como um instrumento obsoleto, uma vez que o risco é dinâmico, ou seja, mutável ao longo do tempo e o PDE foi executado há mais de 10 anos. Abrindo, assim, espaço para a execução de novos estudos.

No trabalho desenvolvido por (CPRM, 2014), Salvador foi objeto do mapeamento de suscetibilidade natural a movimentos gravitacionais de massa e inundações. Este mapeamento foi executado numa escala de 1:25.000 e compartimenta toda a área municipal com base em seu grau de suscetibilidade. A classificação não considera a ocupação e sua intervenção no terreno, o estudo analisa apenas a suscetibilidade natural a deslizamentos e inundações.

Um importante instrumento na prevenção de risco em Salvador consiste no sistema de monitoramento e alerta de processos de deslizamento e inundação sob responsabilidade do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN. Este projeto foi iniciado após a criação do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (BRASIL, 2012). O mesmo se baseia em dados pluviometereológicos para prevenção de risco.

Santos (2011) desenvolveu um projeto de mapeamento de inventário de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Salvador entre os anos de 2005 e 2009, no qual o autor mapeia a distribuição espacial das ocorrências e gera uma série de mapas com base nos seus diferentes tipos (alagamento, desabamento de imóvel, deslizamento, entre outros). O estudo revela que bairros como São Marcos, São Caetano, Pau da Lima, Pernambués,

Sussuarana, Novo Horizonte, Brotas, Castelo Branco e Canabrava são repetidamente afetados por eventos de deslizamento e inundações.

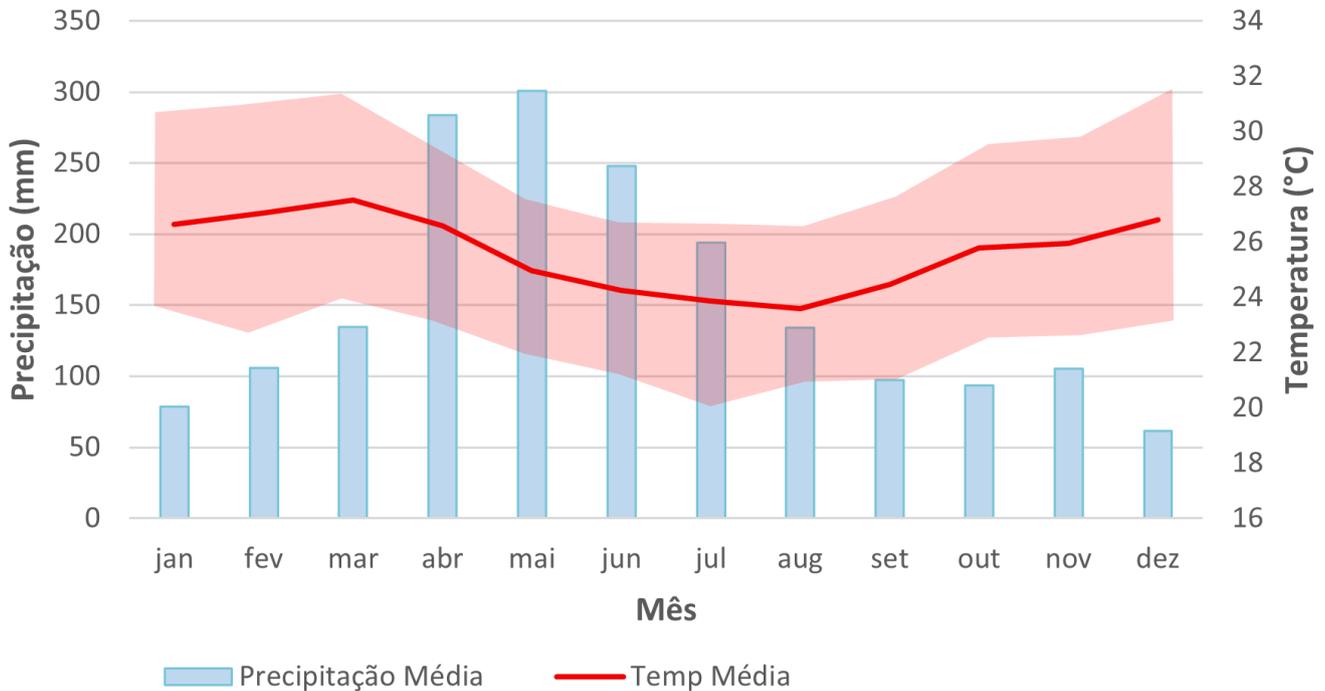
Estudos com abordagens mais pontuais e maior escala de trabalho foram também desenvolvidos no município, dentre eles: Silva (2005) analisou o impacto do passivo ambiental representado pelas pedreiras abandonadas em Salvador; Dias (2006) desenvolveu o mapeamento de suscetibilidade do bairro Engenho Velho de Brotas a partir da aplicação de sistemas de informações geográficas; e Alves (2017) estudou a mobilidade do solo na Chácara Santo Antônio através da análise de patologias construtivas evidenciadas nas residências.

O mapeamento desenvolvido pela Codesal em 2016 surge como uma tentativa de iniciar o processo de suprimento da demanda por mapas de risco mais atuais, em escala adequada, com abrangência municipal e distribuição espacial baseada principalmente no inventário de ocorrências.

Área de Estudo

As áreas de risco mapeadas encontram-se distribuídas em cerca de vinte bairros de Salvador (Quadro 8.2). O processo de deslizamento em encostas corresponde à principal fonte de risco em vinte e cinco destas áreas, principal foco de análise deste trabalho, enquanto o risco de alagamento predomina nas áreas restantes, conforme ilustrado na Fig. 7.1.

Figura 7.3: Diagrama ombrotérmico para Salvador, 1991-2016. Estação 83229 - Ondina. Fonte: INMET (2017).



Fonte: INMET (2017).

7.11 Contexto Regional

Aspectos Climáticos

A água consiste num dos principais agentes deflagradores de deslizamentos (BRASIL, 2006), desta forma, é importante que se conheça o comportamento do clima, principalmente a distribuição das chuvas, nas áreas consideradas de risco, possibilitando a otimização das ações de gerenciamento. Campos (1984) defende que a maioria dos deslizamentos de solos residuais em taludes naturais está associada a estação de maiores chuvas em Salvador, evidenciando a importância de se entender a distribuição da precipitação no município.

De maneira geral, a infiltração e progressiva saturação do solo provoca a diminuição da resistência do solo ao cisalhamento pela perda de sucção ou coesão aparente e conseqüentemente reduz o fator de segurança, relação entre as forças resistentes e as forças solicitantes ao deslizamento (BANDEIRA, 2003).

Conforme ilustrado pelo diagrama ombrotérmico (Figura 10.3), Salvador não possui estação seca, sendo marcada pela ocorrência de chuvas durante todo o ano. Segundo dados do INMET (2017), a precipitação média anual da Cidade é de aproximadamente 1800mm, variando entre 1300 e 2300mm. Cerca de dois terços da chuva anual é concentrada nas estações de outono e inverno, com destaque para os meses de abril, maio, junho e julho.

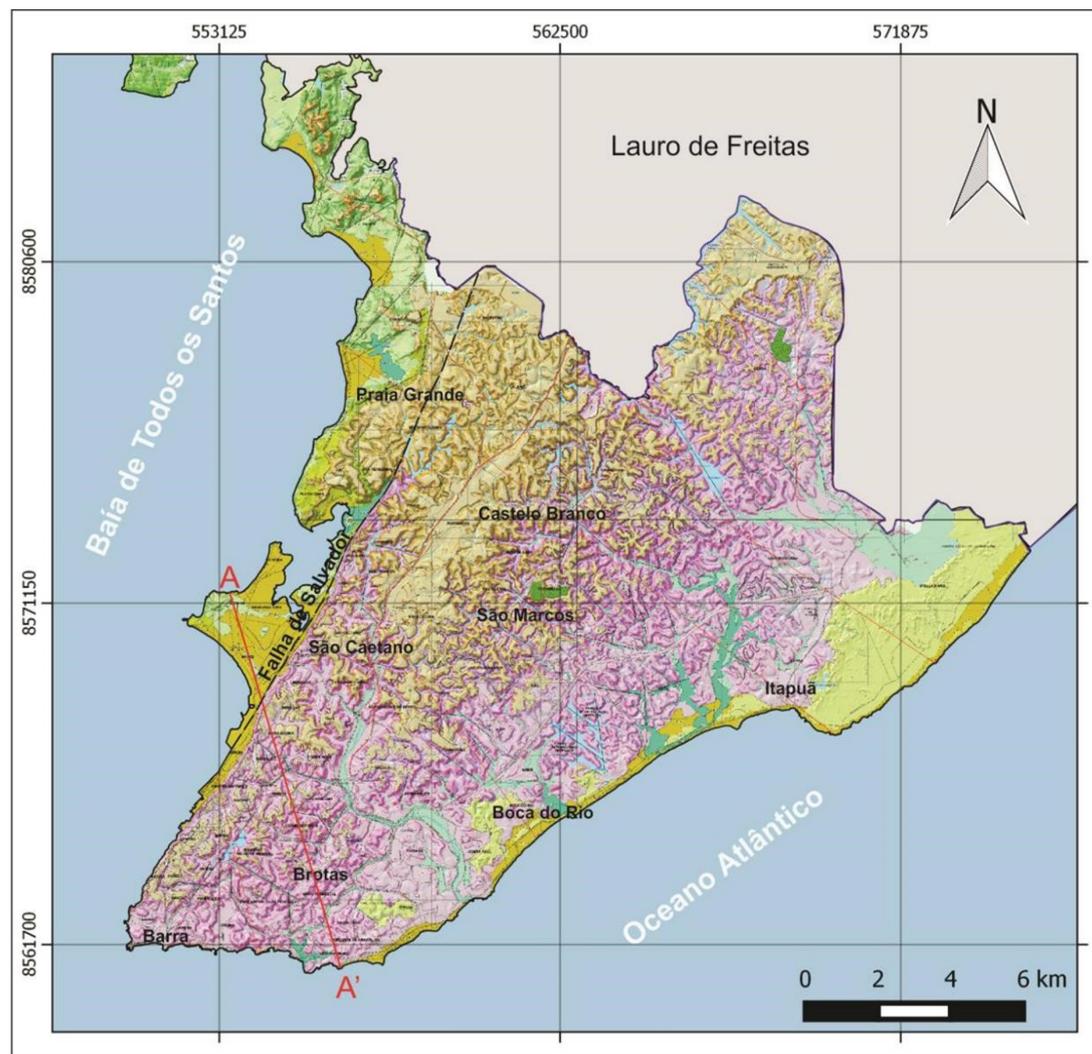
Segundo classificação de Köppen (1948), o clima de Salvador é do tipo Af, quente e úmido, com temperaturas médias de 25,5°C, variando entre 31,5 e 20°C ao longo do ano. As variações médias mensais são inferiores a $\pm 2^\circ\text{C}$ e amplitude térmica é de 6°C (INMET, 2017). Assim como a precipitação, os maiores valores de umidade relativa concentram-se no período de outono/inverno, com médias de pouco mais de 83% no mês de junho. Como resposta à alta umidade relativa, as menores taxas de evaporação são registradas neste período, com valores de evaporação total de aproximadamente 67mm no mês de maio. Por outro lado, nas estações de primavera e verão, são registradas as maiores taxas de evaporação, com valores de até 95 mm em janeiro, totalizando cerca de 970mm/ano (INMET, 2017).

Geologia

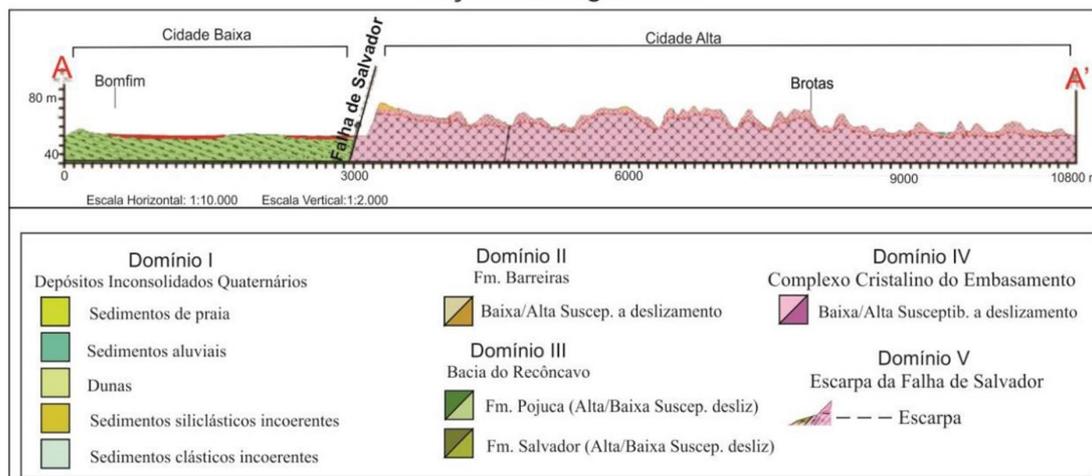
Segundo Barbosa et al. (2005), Salvador é marcada por três grandes domínios geológicos: i) a Bacia Sedimentar do Recôncavo, representada pelas formações Pojuca e Salvador; ii) o Alto de Salvador, constituído essencialmente por rochas metamórficas de alto e médio grau, cortadas por diques máficos e corpos granitoides; e iii) a Margem Costeira Atlântica, representada pelos depósitos terciários e quaternários.

Salvador (2004), por meio do Plano Diretor de Encostas

Fig. 7.5: Mapa geológico de Salvador.



Seção Geológica A-A'



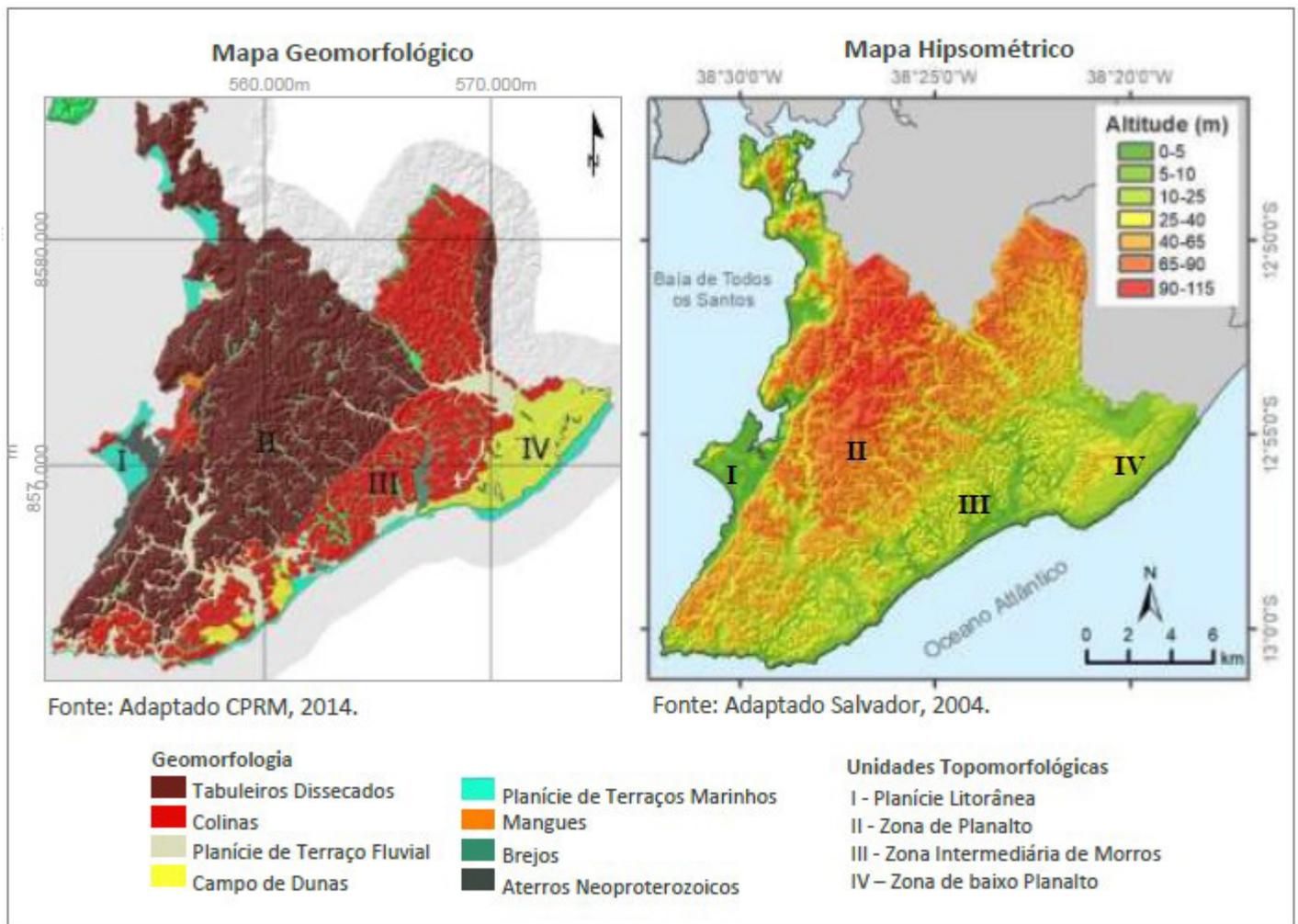
Fonte: Adaptado de Salvador (2004).

(PDE), define uma nova divisão do substrato da Cidade em cinco domínios geológicos-geotécnicos (Figura 8.4), individualizando a Formação Barreiras e a Escarpa da Falha de Salvador como domínios próprios, dada a importância destes elementos geológicos para o risco de deslizamento. O estudo caracteriza estes domínios como:

Domínio I - Depósitos Inconsolidados Quaternários: com-

posto por sedimentos inconsolidados, acumulados nas baixadas interiores e ao longo da zona costeira durante o Quaternário, ocupando, de maneira geral, áreas baixas e úmidas com relevo plano a levemente ondulado. Dentre os depósitos sob influência marinha e eólica, predominantemente arenosos, encontram-se os depósitos de praia, as dunas - depósitos eólicos, os terraços marinhos e os arenitos de praia. Nas planícies interiores, várzeas e charcos predominam os depósitos aluviais.

Figura 7.6: Mapas Geomorfológico e Hipsométrico de Salvador.



Domínio II - Cobertura Continental do Terciário: Corresponde aos sedimentos de natureza arenosa a areno-argilosa da Formação Barreiras que ocorre sobreposta aos sedimentos da Bacia do Recôncavo e ao embasamento cristalino. Aflora principalmente nas porções central e noroeste da Cidade, dando origem a solos arenosos com elevada permo-porosidade e baixa resistência ao cisalhamento, susceptíveis a processos erosivos.

Domínio III - Rochas Sedimentares da Bacia do Recôncavo: Representado pelas formações Pojuca e Salvador. A Formação Pojuca caracteriza-se por arranjo interestratificado de siltitos argilosos e folhelhos, com raras intercalações de arenitos. Estas rochas dão origem a solos expansivos susceptíveis a movimentações entre períodos secos e úmidos. A Formação Salvador, por sua vez, é composta de conglomerados polimíticos sustentado por matriz arenosa.

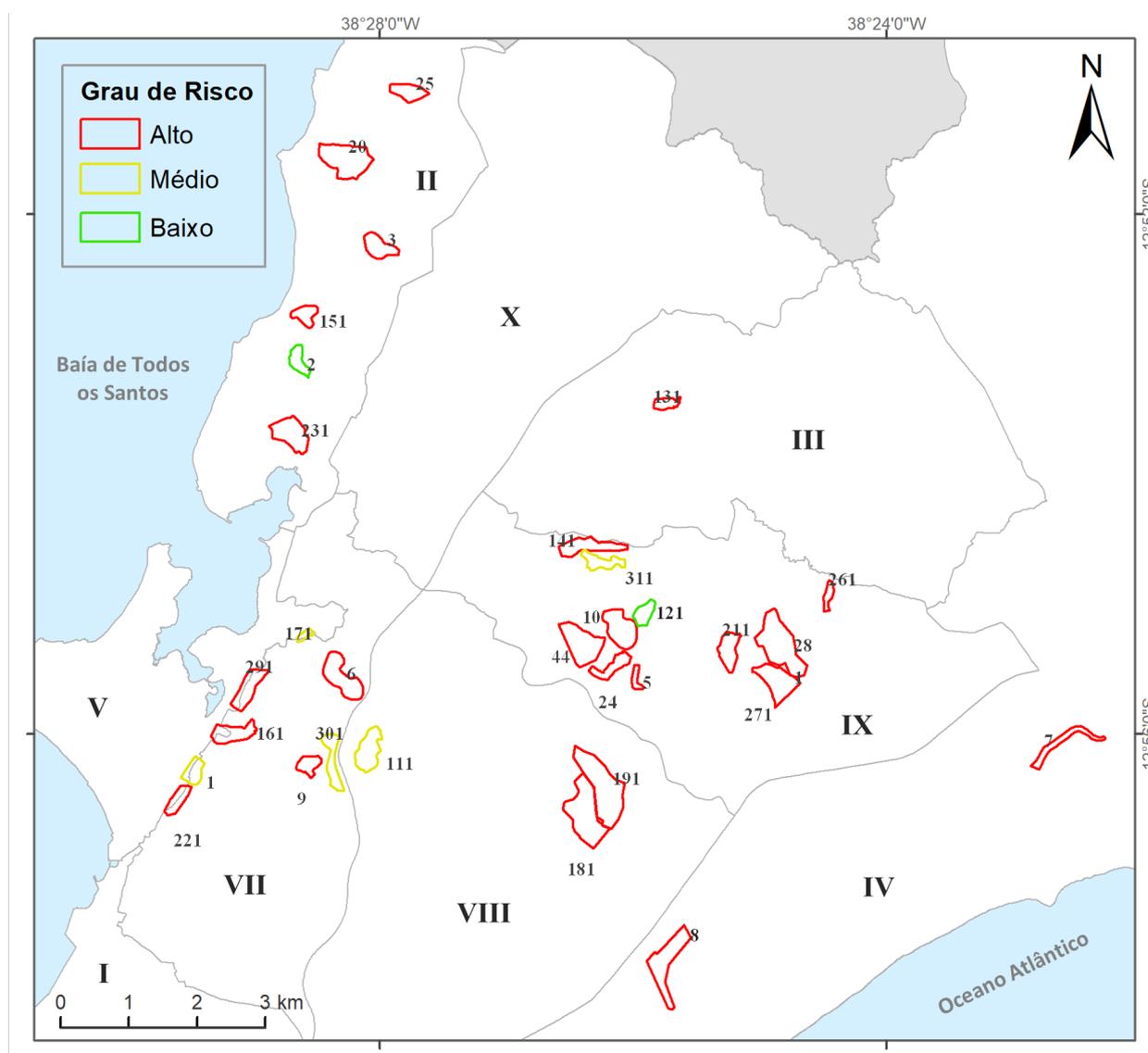
Domínio IV - Complexo Cristalino do Embasamento: Conjunto de rochas granulíticas, capeadas por um espesso manto de alteração residual e/ou perfis de latossolos, formando um relevo marcado por extenso planalto dissecado, com morros e colinas.

Domínio V – Escarpa Recuada da Falha de Salvador: Esculpida

por processos erosivos atuantes na Falha Geológica de Salvador, que separa os domínios da Bacia do Recôncavo e do Complexo Cristalino. Caracteriza-se por declividades elevadas ($>70^\circ$) e substrato marcado por expressiva heterogeneidade. Os solos residuais que cobrem as rochas cristalinas intensamente fraturadas, dividem espaço com depósitos coluvionares e/ou solos transportados, bem como matacões e blocos do embasamento, criando um arranjo altamente susceptível a movimentos de massa.

Geomorfologia

O relevo de Salvador e sua morfodinâmica são fortemente condicionados pelo arcabouço litoestrutural da Cidade. O exemplo mais expressivo dessa influência é a escarpa da Falha de Salvador, feição que separa dois grandes domínios geológicos e topográficos distintos, a Bacia do Recôncavo e o Alto Cristalino de Salvador. De forma similar, a Falha do Iguatemi, divide o Alto Cristalino em dois segmentos com notável diferença altimétrica, o bloco do oeste sustenta um relevo de tabuleiro com altitudes de

Figura 7.7: Áreas mapeadas classificadas por grau de risco de deslizamento.**Prefeitura-Bairro (Região Administrativa)**

I - Centro / Brotas	III - Cajazeiras	V - Cidade Baixa	VII - Liberdade / São Caetano	IX - Pau da Lima
II - Subúrbio / Ilhas	IV - Itapuã / Ipitanga	VI - Barra / Pituba	VIII - Cabula/Tancredo Neves	X - Valéria

até 115m, enquanto o segmento leste é marcado por um relevo de colinas com altitudes de até 60m (Figura 10.6).

Estudo realizado por CPRM (2014) identifica quatro unidades topomorfológicas em Salvador, conforme ilustrado na Figura 10.6:

I - Planície Litorânea: caracterizada por terrenos planos, com altitudes de até 20m, ao longo da zona costeira. Domínio modelado sobre os sedimentos arenosos quaternários, dentre eles as praias atuais, os terraços marinhos e os depósitos fluvio-marinhos.

II - Zona do Planalto: corresponde à porção central da Cidade, com altitudes entre 65 e 115m, desenvolvida sobre o embasamento cristalino e os tabuleiros da Formação Bar-

reiras, além de porção da Bacia do Recôncavo no noroeste da Cidade.

III - Zona Intermediária de Morros: abrange porções periféricas do Planalto, com altitudes moderadas, em geral, de até 65m. Marcado por um relevo de morros e colinas, com topos planos, vertentes íngremes e vales preferencialmente em forma de U.

IV - Zona do Baixo Planalto: porção que se estende da Zona Intermediária de Morros até a Planície Litorânea, com altitudes entre 20 e 65m, onde morros abaulados e colinas sustentados pelo embasamento ocorrem juntos a depósitos de dunas, com vales largos, preenchidos por depósitos fluviais e alúvio-coluviais.

Fig. 7.8: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (01-06).

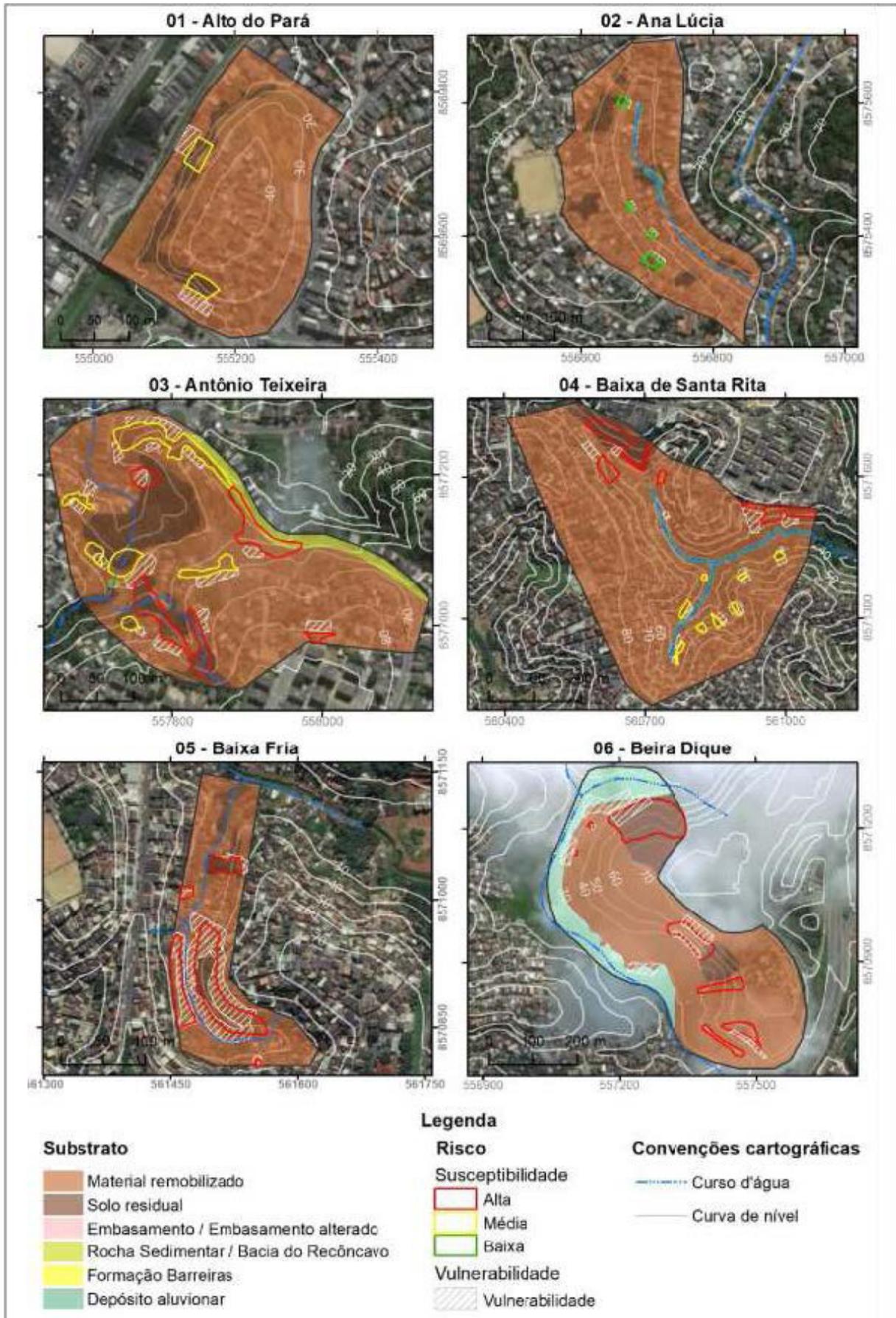


Fig. 7.9: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (06-12).

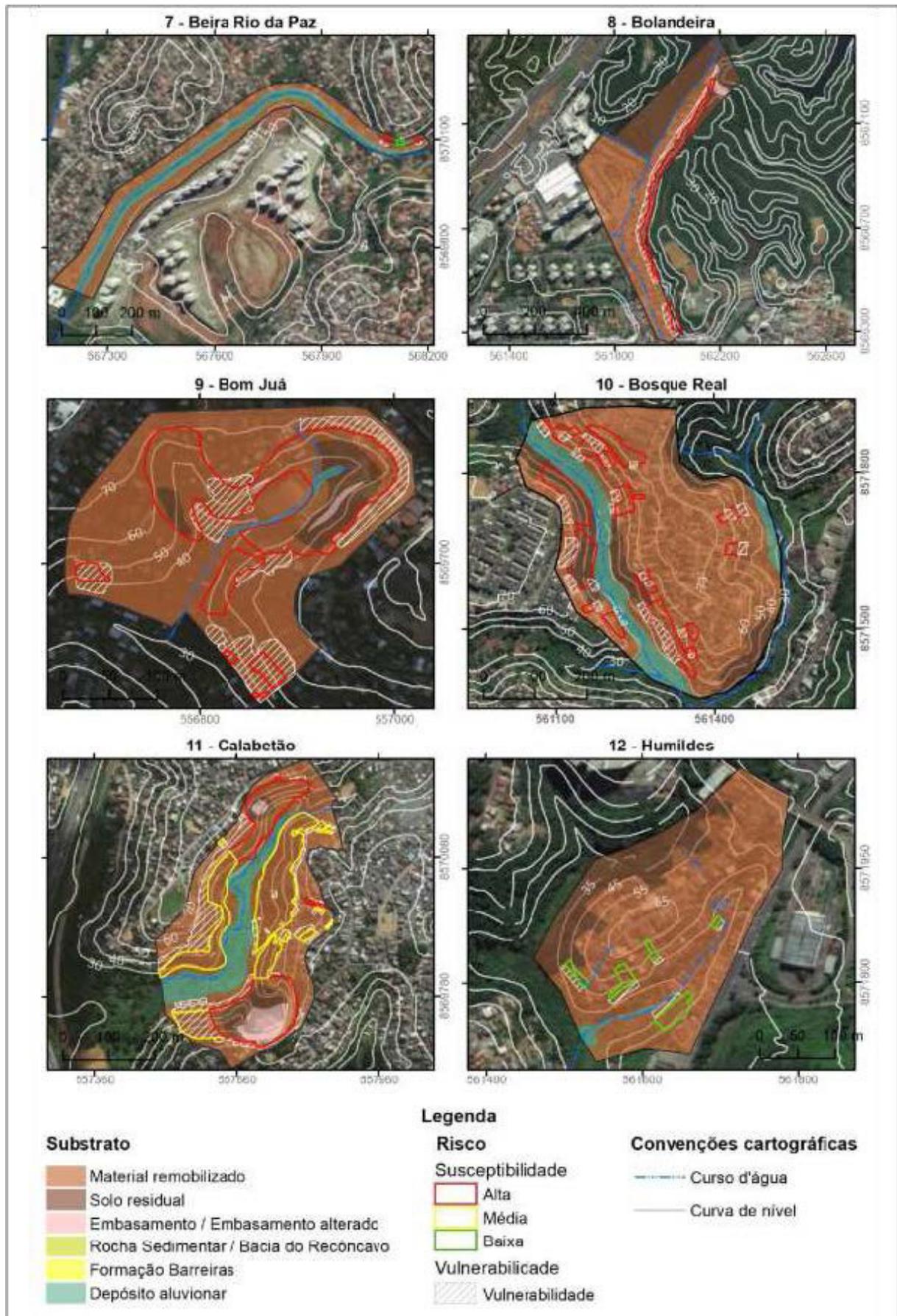


Fig. 10.10: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (13-19).

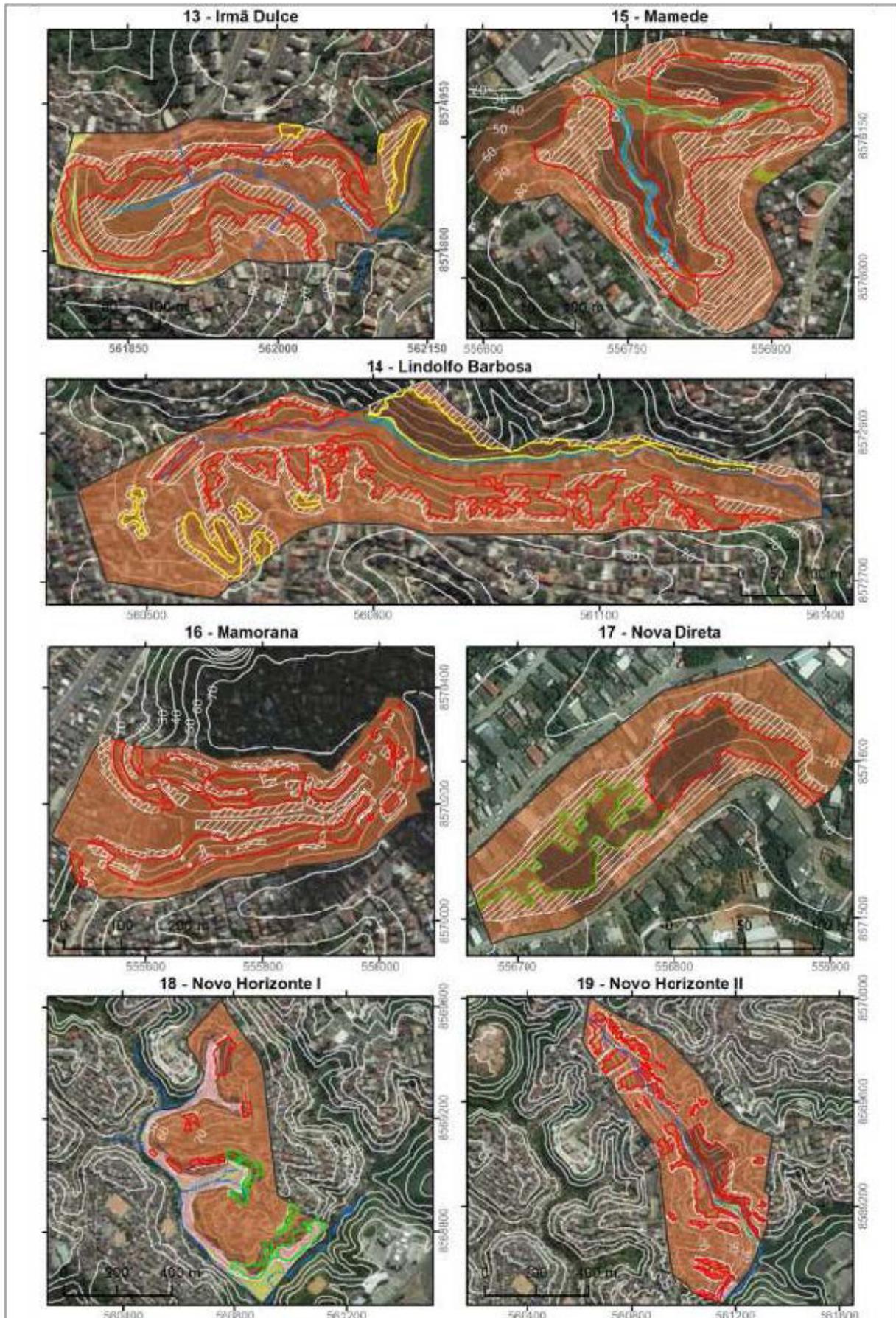


Fig. 7.11: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (20-25).

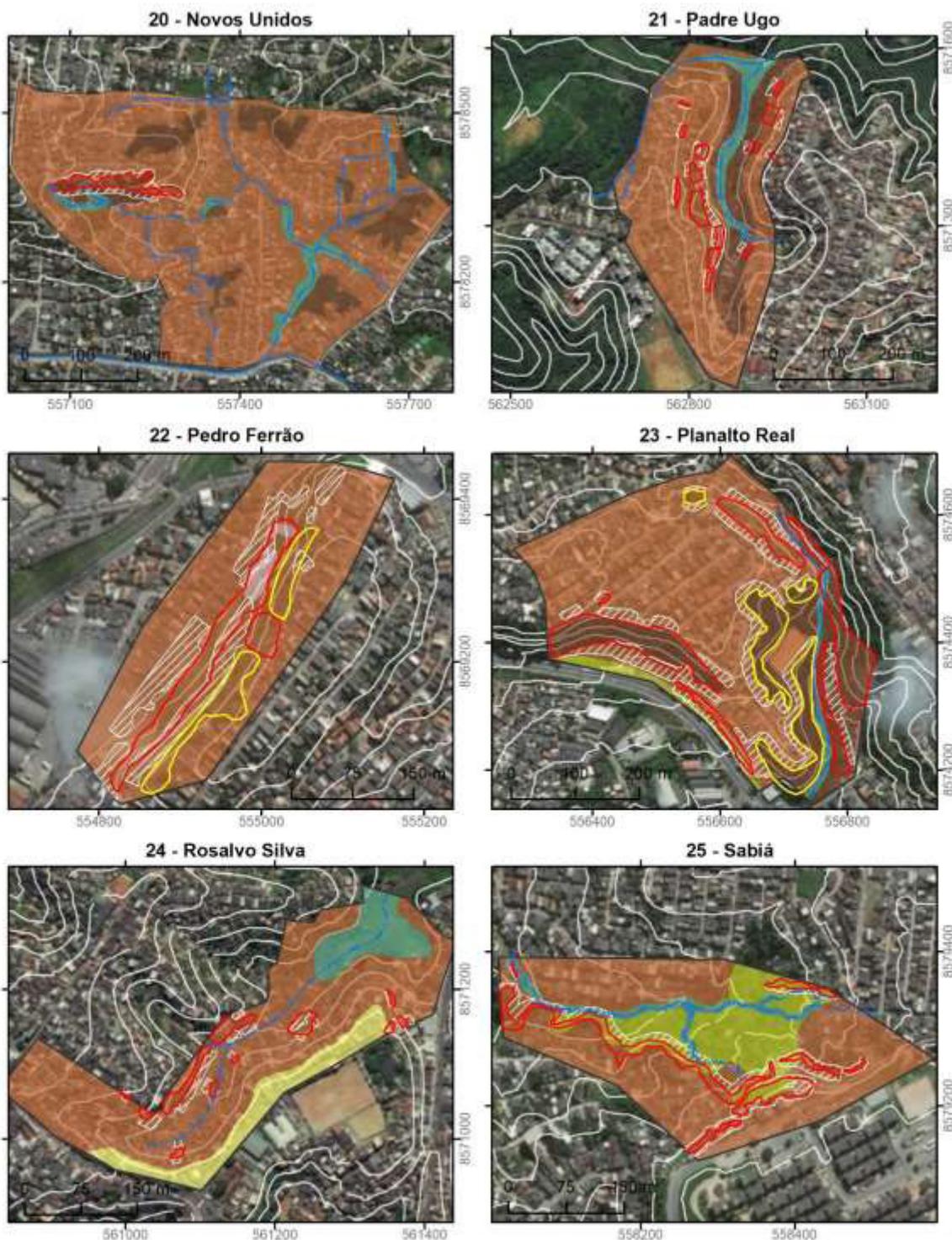
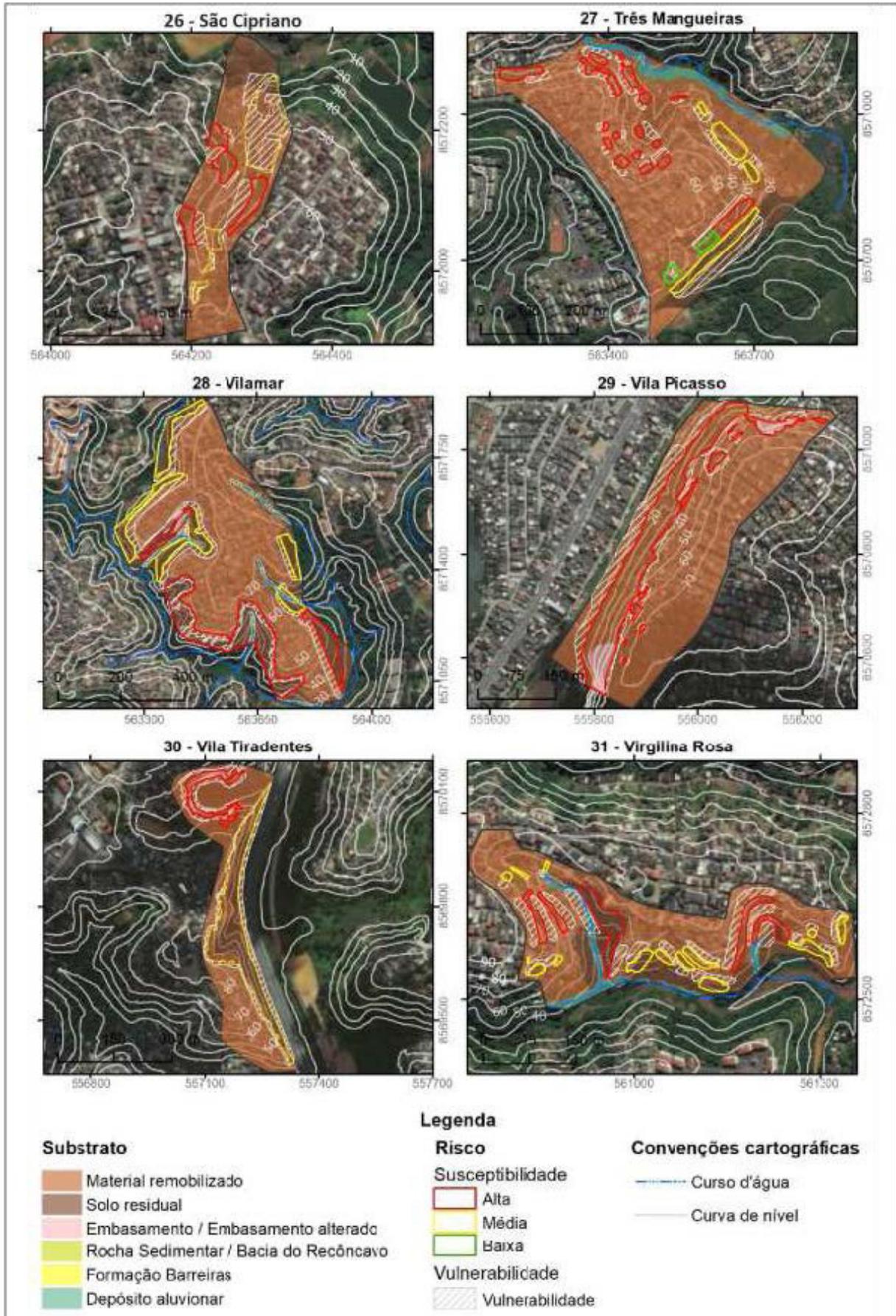


Fig. 8.12: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (26-31).



Quadro 7.6: Diagnóstico síntese e grau de risco de deslizamento predominante nas áreas mapeadas

Nº	Área	Risco	Diagnóstico
01	Alto do Pará	Médio	Taludes com altas declividades associadas a lançamento de efluentes e resíduos diretamente na encosta e concentração de águas pluviais, em função da inexistência de sistema de drenagem potencializam a susceptibilidade a deslizamentos. Por outro lado, a baixa densidade da ocupação na base e meia encosta, associada à preservação da vegetação ao longo das maiores declividades, reduz o risco e mitiga a ação erosiva das águas pluviais.
02	Ana Lúcia	Baixo	Predomina risco de alagamento às magens de córrego que drena a área. Apresenta risco baixo de deslizamento de forma pontual, relacionado especialmente com cortes no talude, uma vez que a área é densamente ocupada e consolidada, resultando em exposições pontuais de encostas. Naturalmente estável, porém sua estabilidade é comprometida pelo desconfinamento do substrato e pelo lançamento de efluentes domésticos.
03	Antônio Teixeira	Alto	As características da área (moderada a alta declividade e elevada amplitude), somadas à ocupação inadequada das encostas (taludes de corte, escoamento concentrado, lixo, aterros), sugerem um cenário de alta susceptibilidade a deslizamentos e alto risco em algumas encostas. No entanto, em algumas porções, a ocupação ainda incipiente na base das encostas, diminui o risco associado a deslizamentos de terra.
04	Baixa de Santa Rita	Alto	Área com ocupação consolidada e de alta densidade, resultando em exposições pontuais de encostas, onde predominam taludes de corte subverticais, em vertentes íngremes (30-50°), ocupadas na base e no topo. O quadro de risco resulta da atuação dos condicionantes antrópicos como lançamento de efluentes e resíduos nas encostas, taludes de corte e escoamento superficial concentrado.
05	Baixa Fria	Alto	Alta declividade associada a taludes de corte e aterro, ausência de sistema de drenagem e lançamento de efluentes líquidos diretamente nas encostas geram um cenário de alto risco de deslizamento. Os condicionantes antrópicos são determinantes para o quadro de risco.
06	Beira Dique	Alto	Vertentes com declividades médias (30-40°) a altas (>45°) com ocupação acelerada na meia encosta e na base assentada através de cortes no talude e desconfinamento do solo residual, associada a lançamento de efluentes líquidos e lixo nas encostas. Quadro de alta susceptibilidade e risco de deslizamento, evidenciado por indícios de instabilidade como cicatrizes e degraus de abatimento do terreno. O escoamento concentrado das águas pluviais é responsável por intenso revinamento nas vertentes.
07	Beira rio da paz	Alto	Predomina risco de alagamento nas margens do rio mangabeira (Bacia do Jaguaribe). O risco de deslizamento é pontual, porém alto. O fator predisponente principal é a ocorrência de taludes de corte muito próximos às edificações. A estabilidade natural do solo residual é comprometida pelo seu desconfinamento através dos cortes, a ocorrência de fluxo concentrado e a presença de vegetação inadequada.
08	Bolandeira	Alto	Grande parte compreendida no vale do rio Pituaçu/Rio das Pedras, destacando-se pelo risco de alagamento. O risco de deslizamento concentra-se numa pequena porção ao longo das vertentes do planalto dissecado, onde elevadas declividades ($\leq 45^\circ$) associadas a repetidos cortes na base dos taludes geram quadro de alta susceptibilidade e risco de deslizamento.
09	Bom Juá	Alto	Quadro de alto risco de deslizamento em virtude de fatores como relevo acentuado, com alta amplitude e elevadas declividades, descarga de águas pluviais e lançamento de efluentes domésticos diretamente na encosta, além de lixo e entulho. Em diversos pontos, o risco é potencializado pela execução de cortes na base das encostas. Cicatrizes de deslizamento registram o histórico de deslizamentos na área.
10	Bosque Real	Alto	Área marcada por vertentes com altas declividades ($\approx 45^\circ$) e amplitudes de até 45m, em sua maioria, cobertas por entulho e lixo e entalhadas por feições erosivas lineares, devido à ausência de sistema de drenagem. Cortes na base e na meia encosta intensificam a susceptibilidade e o risco de deslizamento, podendo atingir imóveis na base e solapar ocupações no topo e meia encosta.
11	Calabetão	Médio a alto	Quadro de alto risco associado a encostas íngremes ($\approx 45^\circ$), subverticais em porções de pedreiras inativas. A susceptibilidade natural é agravada pelo lançamento de lixo e entulho nas vertentes, bem como efluentes líquidos domésticos, e a presença de moradias na base, meio e topo das encostas através da execução de taludes de corte e aterro, contribuindo para o desconfinamento do substrato.
12	Humildes	Baixo	Taludes de corte para implantação de moradias na base e na meia encosta, sem saneamento básico, representam pontos de risco baixo de deslizamento, dado o estágio avançado de consolidação da ocupação. Por outro lado, encostas com ausência de ocupação, apresentam cobertura por vegetação densa que minimiza a susceptibilidade de deslizamento mesmo em porções mais íngremes.

Quadro 7.6: Diagnóstico síntese e grau de risco de deslizamento predominante nas áreas mapeadas (Continuação da página anterior)

Nº	Área	Risco	Diagnóstico
17	Nova Direta	Médio	Quadro de susceptibilidade e risco médios, evidenciado pelo histórico de deslizamentos com danos em moradias. Acredita-se que o fator condicionante principal são as altas declividades ($\leq 45^\circ$), somadas à supressão da vegetação e ocupação das encostas, uma vez que não são observados fatores como concentração de águas pluviais nas encostas ou mesmo lançamento de efluentes domésticos e disposição de lixo.
18	Novo Horizonte I	Alto	Indícios de instabilidade como trincas, degraus de abatimento e cicatrizes de deslizamento evidenciam cenário de alta susceptibilidade. Quadro típico de ocupação inadequada das vertentes através de cortes e aterros e ausência de sistema de drenagem pluvial com consequente escoamento concentrado direcionado às encostas, provocando ravinamentos. Estes fatores são somados a altas declividades ($30-45^\circ$).
19	Novo Horizonte II	Alto	Área compreende vale alongado, com vertentes íngremes ($\leq 45^\circ$) e amplitudes de até 40m, densamente ocupado, onde ocorrem exposições pontuais de encosta. Pontos críticos de risco evidenciados por indícios de instabilidade, estão diretamente ligados aos taludes de corte, que desconfinam o substrato, somados ao escoamento concentrado de águas pluviais, execução de aterros e lançamento de efluentes nas encostas.
20	Novos Unidos	Alto	Área situada entre o domínio geomorfológico do planalto dissecado e da planície de terraços marinhos no subúrbio ferroviário de Salvador. Com cotas entre 5m e 30m, consiste numa baixada onde predomina o risco de alagamento nas margens do rio Paraguari. O risco de deslizamento é pontual, numa vertente com inclinação de cerca de 25° , relacionado principalmente a taludes de corte próximos aos imóveis.
21	Padre Ugo	Alto	Área compreende vale alongado, exibindo vertentes com amplitudes de até 25m e declividades de até 45° . Apresenta quadro de alto risco de deslizamento relacionado principalmente a inúmeros pontos de escoamento superficial concentrado em virtude da ausência de drenagem pluvial, que se soma ao lançamento de lixo/entulho nas encostas e execução de cortes e aterros para implantação de moradias.
22	Pedro Ferrão	Alto	Situada na Falha de Salvador, a área caracteriza-se por encostas subverticais, por vezes, desnudas, com concentração pontual de águas pluviais, devido a danos na drenagem, e lançamento de esgoto. A susceptibilidade natural a deslizamentos, condicionada principalmente pelas altas declividades, é potencializada pelo lançamento de esgoto e concentração de águas pluviais nas encostas.
23	Planalto Real	Alto	Área marcada por vertentes íngremes ($30-40^\circ$) com altura de até 25m, que sugerem quadro de elevada susceptibilidade, evidenciado por diversas cicatrizes de deslizamento. Ausência de drenagem pluvial, escoamento superficial concentrado com descarga nas vertentes, lançamento de esgoto e água nas encostas e execução de taludes de corte são alguns dos fatores antrópicos que potencializam o risco.
24	Rosalvo Silva	Alto	Área com ocupação densa e consolidada, exhibe exposições pontuais de encostas, onde predominam taludes de corte subverticalizados, principais responsáveis pelos pontos de risco identificados. Fatores como escoamento concentrado, disposição de lixo/entulho nas encostas e lançamento de água/esgoto, somados a declividade de $25-35^\circ$, aumentam a susceptibilidade, evidenciada por cicatrizes observadas na área.
25	Sabiá	Alto	Área situada na Bacia do Recôncavo, compreende um vale aberto, com declividades em torno de 20° e alturas de até 15m. Apresenta alto risco de solapamentos basais de moradias, originados por escoamento superficial concentrado, responsável pelo desenvolvimento de processos erosivos avançado, com ravinas e voçorocas. Somado à carência de sistema de drenagem, o solo argiloso oriundo dos folhelhos da Bacia favorece o escoamento superficial e o desenvolvimento de trincas no terreno, em resposta ao seu caráter expansivo.
26	São Cipriano	Alto	Histórico de deslizamentos e indícios de instabilidade como degraus de abatimento e cicatrizes evidenciam quadro de alta susceptibilidade. Este cenário é condicionado principalmente pela ocupação, ainda incipiente, das encostas, a qual é acompanhada pela execução de aterros e taludes de corte, pelo lançamento de lixo/entulho e efluentes nas encostas, bem como pelo desmatamento e substituição por bananeiras.
27	Três Mangueiras	Alto	Quadro de alta susceptibilidade a deslizamento em virtude das elevadas declividades na área (até 45°), somado à fragilização das encostas por meio de expressiva remobilização do solo através de cortes e aterros, desmatamento, escoamento superficial concentrado e erosão do solo desnudo, lançamento de esgoto e efluentes domésticos. Este cenário de elevada instabilidade é evidenciado por indícios de movimentação como cicatrizes de deslizamento.

7.12

Resultados e Discussão

Considerações Gerais

Como resultado dos trabalhos de mapeamento, foram setorizadas 31 áreas de risco em Salvador. Em todas elas foi identificado o risco de deslizamento, no entanto, em seis destas áreas predomina o risco de alagamento, não discutido neste trabalho. As áreas mapeadas encontram-se distribuídas em seis prefeituras-bairro, como ilustrado pela Figura 7.7, se concentrando principalmente nas prefeituras-bairro de Pau da Lima (11 áreas), Liberdade/São Caetano (8 áreas) e Subúrbio/Ilhas (6 áreas). De forma geral, estas áreas ocupam assentamentos precários na periferia da Cidade, onde há uma evidente carência de infraestrutura, especialmente em encostas e margens de rios.

Dentre as 31 poligonais mapeadas, cerca de 77,4% apresentou alto grau de risco, 16,1% exibiu risco médio e em apenas 6,5% foi constatado risco baixo (Quadro 7.5 e Figura 7.8). Em geral, as áreas com baixo risco de deslizamento apresentam o alagamento como principal perigo. A predominância de áreas com alto risco de deslizamento era esperado, uma vez que a seleção das mesmas foi baseada sobretudo no histórico de ocorrências, priorizando regiões com notável recorrência de deslizamentos.

Quadro 7.5: Número de áreas por grau de risco.

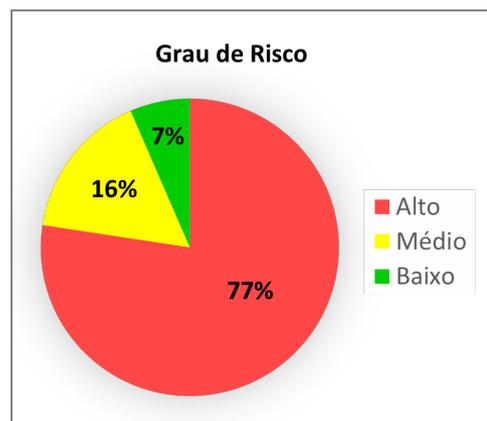
Grau de risco	Número de áreas	%
Alto	24	77,4
Médio	5	16,1
Baixo	2	6,5

Os mapas das áreas de risco trabalhadas são apresentados de forma simplificada nas Figuras 7.8 a 7.12. Neles são representados a distribuição espacial das porções susceptíveis e vulneráveis a deslizamento, a configuração do relevo no qual estão inseridas e seu substrato. O estudo destas áreas individualmente permitiu elaborar um diagnóstico para cada uma delas, onde são analisados o risco predominante e os principais fatores predisponentes, a fim de tentar entender o comportamento dos condicionantes naturais e antrópicos. O Quadro 7.6 apresenta uma síntese do diagnóstico das poligonais mapeadas, ressaltando as principais características identificadas em campo.

Análise do Substrato

Um dos aspectos analisados na inspeção de campo foi o substrato, considerado como um condicionante natural dos movimentos de massa (BRASIL, 2006). O substrato refere-se ao material que

Figura 7.8: Proporção entre os graus de risco identificados



compõe a superfície do terreno, seja ele natural ou antrópico, tais como aterro, solo e rocha. Seu mapeamento se deu através de exposições pontuais em taludes de corte, vertentes desnudas, fundo de vales, feições erosivas (sulcos, ravinas, voçorocas etc) e cicatrizes de deslizamentos pretéritos. As porções recobertas pela ocupação urbana limitam a identificação do substrato e foram mapeadas por inferências geológicas, a partir das observações de campo.

Do ponto de vista geológico, os domínios ocupados pelas áreas mapeadas são o Complexo Cristalino do Embasamento, as Rochas Sedimentares da Bacia do Recôncavo, a Cobertura Continental do Terciário (Formação Barreiras), a Escarpa da Falha de Salvador, individualizada como domínio por Salvador (2004) devido sua importância para os estudos de risco no município, e os Depósitos Sedimentares Inconsolidados Quaternários, representados sobretudo pelos depósitos aluvionares. No entanto, em campo, os afloramentos dos litotipos destes domínios são limitados, uma vez que sua maioria encontra-se recoberta por espessa cobertura de solo e/ou manto de intemperismo em virtude do clima quente e úmido da Cidade. Somado a esta cobertura, encontram-se as ocupações urbanas e as diversas formas de aterro identificadas nas áreas, que cobrem grande parte das encostas mapeadas.

Desta forma, as unidades do substrato individualizadas em campo foram: i) os afloramentos de rocha; ii) os depósitos aluvionares; iii) o solo residual; e iv) os materiais remobilizados. Os afloramentos de rocha fazem distinção entre as rochas sedimentares da Bacia do Recôncavo, as rochas cristalinas, em geral granulíticas, pertencentes ao embasamento cristalino, e os sedimentos da Formação Barreiras. Os materiais remobilizados correspondem às porções do solo que sofreram modificações pela ocupação urbana, sobretudo na forma de cortes e aterros lançados, onde uma mistura de entulho, lixo e solo se torna o substrato onde são assentadas as moradias.

Fig. 7.13: (a) Material remobilizado sobre manto de alteração na meia encosta, 26-São Cipriano (564246mE/8572194mN); (b) Corte no talude evidenciando aterro composto por solo, entulho e lixo, 27Três Manguieiras (563436mE/8571116mN).



Fig. 7.14: Talude de corte ilustrando cobertura de material remobilizado constituído por mistura de solo e lixo, 11-Calabetao (557659mE/8570115mN). Corte em encosta mostrando material remobilizado sobre o manto de alteração, 16-Mamorana



Fig. 7.15: Feição erosiva provocada pelo escoamento superficial concentrado e consequente solapamento de margens e abatimento do substrato. 25-Sabiá (558126mE/8579332mN).



Fig. 7.16: Voçoroca (a) e sulco (b) evidenciando processo erosivo em diferentes estágios de evolução. Poligonal 25-Sabiá (558347mE/8579221mN).



Fig. 7.17: (a) Trinca na encosta, evidenciando carácter expansivo do solo, 25-Sabiá; (b) Trinca em moradia, dano provocado pelo movimento do solo expansivo, Subúrbio ferroviário.



Fig. 7.18 Cicatriz de deslizamento ocorrido em 2015 na rua Coronel Pedro Ferrão (22), ilustrando afloramento do embasamento cristalino, material remobilizado pelo deslizamento e moradia atingida.



Fig. 7.19: (a) Ocupação assentada diretamente sobre talude de pedreira abandonada, exibindo rocha fraturada. 29-Vila Picasso (556151mE/8571126mN). (b) Panorama da antiga pedreira em Vila Picasso (29), ilustrando exposição do embasamento cristalino fraturado e ocupação no entorno.



Fig. 7.20: Detalhe do embasamento, exibindo contato rocha sã/rocha alterada, 30-Vila Tiradentes (557122mE/8570078mN).



Fig. 7.21: Ocupação em área de pedreira inativa em 30-Vila Tiradentes, com destaque para rampas de lixo (557094mE/8570078mN).



Fig. 7.22: (a) Rampa de resíduos sólidos em área de antiga pedreira, 11-Calabetão (557697mE/8569753mN). (b) Rampa de lixo em pedreira desativada, 30-Vila Tradentes.



A grande maioria das áreas mapeadas encontram-se localizadas no Alto Cristalino de Salvador, onde predominam as rochas granulíticas do embasamento e remanescentes da Formação Barreiras. Dentre as 31 poligonais, apenas 6 (20%) situam-se na Bacia do Recôncavo, enquanto 25 (80%) ocupam áreas de ocorrência do embasamento, das quais 4 situam-se diretamente sobre a Escarpa da Falha de Salvador. Em 2 áreas foi possível mapear ocorrências da Formação Barreiras.

O mapeamento do substrato revelou que grande parte do solo residual das áreas mapeadas sofreu algum tipo de modificação como consequência da ocupação urbana, resultando em pequenas porções onde permanece preservado. O assentamento de moradias nas encostas é acompanhado invariavelmente por cortes nos taludes e aterros lançados que utilizam material do próprio corte para aterrar áreas de declive. Esse material, em geral, é misturado a entulhos de demolições e resíduos sólidos domésticos, resultando em material inconsolidado e friável, com baixa coesão e muito suscetível a erosão e movimentos gravitacionais.

Foi possível observar que estes aterros, denominados neste trabalho como material remobilizado, ocorrem em todas as áreas, sob grande parte da ocupação existente e mesmo em encostas ainda não habitadas, porém utilizadas como local para disposição de entulho e lixo, que com o tempo se misturam ao solo, atingindo profundidades significativas superiores a um metro (Figuras 7.13 e 7.14). Os aterros lançados, além de possuírem baixa coesão e resistência à erosão, podem favorecer a infiltração acelerada da água pluvial devido sua elevada permeabilidade, favorecendo a saturação do solo subjacente e possíveis movimentos gravitacionais nas encostas (SALVADOR, 2004).

Ainda segundo Salvador (2004), os taludes de aterro modificam a declividade da encosta natural e criam uma descontinuidade entre materiais de comportamento mecânico distintos com inclinação a favor do talude. Ademais, o próprio mecanismo de construção facilita a formação de fissuras no material. Desta

forma, em regime de chuvas intensas, a presença das fissuras, somada à facilidade de saturação do material e à superfície de contato com o solo subjacente, estabelece um quadro de alta suscetibilidade a movimentos de massa.

Por meio das observações de campo, foi possível constatar que nos setores constituídos por solo residual derivado do embasamento cristalino, com exceção das áreas que ocupam a Escarpa da Falha de Salvador, o fator antrópico é determinante para a condição de risco. Onde o solo residual é preservado da ação antrópica, de forma geral, o risco é baixo a médio, sobretudo quando a vegetação ainda não sofreu significativo impacto da ocupação urbana. Nestes setores não foram identificados indícios de instabilidade nem expressivo histórico de deslizamento, como verificado em áreas como Novo Horizonte I e II e Vilamar. As observações corroboram o estudo realizado por Ross (1994), o qual sugere que latossolos apresentam muito baixa a baixa vulnerabilidade natural a erosão.

As áreas situadas na Bacia Sedimentar do Recôncavo, por outro lado, exibem quadro de risco diferenciado devido às características naturais do substrato. Os solos argilosos oriundos dos folhelhos da Formação Pojuca favorecem o escoamento superficial em função de sua baixa permeabilidade, intensificando o processo erosivo por escoamento concentrado de águas pluviais, como pode ser observado na poligonal 25-Sabiá (Figuras 7.15 e 7.16). Este processo é potencializado pela deficiência do sistema de drenagem. Além disso, os solos derivados dos folhelhos da Bacia, possuem carácter expansivo, ou seja, sofrem variações de volume em resposta a mudanças no teor de umidade e provocam movimentações no solo que possuem grande potencial destrutivo, podendo causar danos em edificações ou mesmo prejudicar completamente suas estruturas (Figura 7.14).

O domínio da Escarpa da Falha de Salvador constitui um caso particular no qual os condicionantes naturais como substrato e a declividade configuram quadro de alta suscetibilidade a deslizamentos. Esculpida por erosão regressiva do Alto Cris-

talino de Salvador, a Escarpa da Falha caracteriza-se por uma encosta alongada, com altas declividades ($>70^\circ$), cujo perfil expõe desde o embasamento cristalino até o solo residual, marcada por diversas discontinuidades litológicas e geomecânicas. Este quadro pode ser observado na poligonal 22-Pedro Ferrão (Figura 7.18).

Na porção superior ocorrem solos residuais argilo-siltosos a argilo-arenosos, quase sempre capeados por aterros lançados, sobrepostos ao manto de alteração que comumente hospedam blocos de rocha. Sotoposto ao manto de alteração, encontra-se exposta a rocha cristalina, intensamente fraturada. As discontinuidades geradas no contato entres estes estratos configuram superfícies de possíveis descolamentos e movimentação de material, principalmente quando em condição de saturação. As fraturas do embasamento favorecem ainda o deslocamento de blocos rochosos em cunhas, diferentemente dos deslizamentos translacional e rotacional.

As áreas de pedreiras desativadas apresentam cenário semelhante à Escarpa da Falha, com exposição do embasamento cristalino e heterogeneidade de materiais, contudo, correspondem a uma feição antrópica. Em geral, apresentam-se na forma de anfiteatros escavados pelo avanço da extração mineral através da construção de taludes verticalizados, com alturas superiores a 20 metros. Este processo expõe o embasamento fraturado, o regolito e todo perfil do solo, provocando o desconfinamento destes materiais em condições de alta declividade, como observado em áreas como Calabetão (11), Irmã Dulce (13), Vila Picasso (29) e Vila Tiradentes (30) (Figuras 7.19 e 7.20).

Estas áreas estão sujeitas a rupturas em cunha na rocha cristalina e descolamentos ao longo das superfícies de contato entre a rocha, o saprólito e o solo, com movimentação de expressivo volume de material, podendo atingir moradias na base das encostas, bem como provocar solapamento basal da ocupação no topo dos taludes, por meio do abatimento do solo. Somado a este cenário, os anfiteatros abertos pela mineração, são comumente utilizados como pontos de lançamento de lixo e entulho, for-

mando verdadeiros leques de lixo, com elevada suscetibilidade a movimentação encosta abaixo, em virtude de sua baixa coesão, alta inclinação dos taludes e capacidade de retenção de águas pluviais (Figuras 7.21 e 7.22).

No que diz respeito à Formação Barreiras, foi possível observar em campo alguns pontos com afloramentos remanescentes da Formação, de difícil mapeamento, contudo, devido à ocupação urbana. A análise destas ocorrências revelou que estas áreas encontram-se, em geral, associadas a intenso processo erosivo linear, representado por sulcos e ravinas, sugerindo baixa resistência à erosão, baixa coesão e alta friabilidade. O principal risco associado ao avanço do processo erosivo corresponde ao risco de solapamento basal de acessos e moradias.

Análise do Relevo

Outro aspecto examinado em campo são as formas de relevo, especialmente a declividade e a amplitude das encostas, também considerados elementos condicionantes dos deslizamentos (BRASIL, 2006). A análise do relevo se deu inicialmente por meio das observações de campo e posteriormente em ambiente SIG - Sistema de Informação Geográfica, com o auxílio de modelos digitais de elevação e mapas de declividade.

Numa escala menor, as áreas de risco se distribuem em dois grandes domínios geomorfológicos, conforme classificação sugerida por CPRM (2014). Dentre as 31 áreas mapeadas, 27 (87%) ocupam o Domínio dos Tabuleiros dissecados, enquanto apenas 4 (13%) ocupam o Domínio de Colinas, das quais 2 áreas apresentam o alagamento como risco predominante. Desta forma, é possível interpretar que as áreas de risco de deslizamento no município ocorrem preferencialmente no domínio dos Tabuleiros Dissecados, onde são encontradas as maiores altitudes e declividades, sugerindo que o relevo tem papel importante no risco de deslizamento. O domínio geomorfológico, então, pode ser utilizado como diretriz para seleção e estudo de áreas de risco de deslizamento em Salvador.

Tendo em vista que o deslizamento é condicionado a uma

Fig. 7.23: (a) Talude de corte na base da encosta, 06-Beira Dique (557257mE/8571265mN). (b) Cicatriz de deslizamento em talude de corte na base da encosta, 08-Bolandeira (561891mE/8566723mN).



Fig. 7.24: (a) Talude de corte na base da encosta, com cicatriz de deslizamento, a menos de 1m da moradia. 26-São Cipriano (564246mE/8572141mN). (b) Talude de corte na base da encosta, muito próximo da ocupação, 19-Novo Horizonte II (561167mE/8569175mN).



Fig. 7.25: (a) Construção de aterro lançado em encosta invadida pela ocupação em Beira Dique-06 (557291mE/8571270mN). (b) Aterro lançado construído para assentamento de moradia em Calabetão-11 (557788mE/8570001mN)



Fig. 7.26: (a) Disposição de lixo no topo da encosta em Vila Picasso-29 (555885mE/8570724mN). (b) Lixo lançado na encosta é transportado pelo escoamento superficial e depositado na base do talude, 10-Bosque Real.



Fig. 7.27: (a) Solapamento de acesso em resposta a evolução de processo erosivo provocado por escoamento concentrado de águas pluviais, 10-Bosque Real (561371mE/85711493mN). (b) Feição erosiva linear provocada por ausência no sistema de drenagem, 10-Bosque Real (561418mE/8571622mN).



Fig. 7.28: (a) Lançamento de esgoto na encosta e processo erosivo linear, 28-Vilamar (563794mE / 8571241mN). (b) Lançamento concentrado de águas pluviais no talude, 10-Novo Horizonte I.



série de fatores naturais e antrópicos, existem áreas de risco em outros domínios, nos quais o relevo toma papel secundário frente a outros elementos como o padrão de ocupação, o substrato, a drenagem etc.

Numa escala maior, analisando as formas de relevo nas áreas mapeadas, foi possível observar que mais da metade das áreas compreendem cabeceiras de drenagem, anfiteatros que recortam o planalto dissecado a exemplo das poligonais 04-Baixa de Santa Rita, 15-Mamede, 09-Bom Juá e 21-Padre Ugo. Cerca de 25% da áreas ocupam morros ou planaltos cercados por vertentes íngremes, onde as ocupações encontram-se sob risco de deslizamento, como identificado, por exemplo, nas poligonais 01-Alto do Pará, 10-Bosque Real, 23-Planalto Real II e 27-Três Mangueiras. Algumas áreas, como as situadas na Escarpa da Falha, se restringem a vertentes específicas, onde foi constatado o risco de deslizamento.

No que diz respeito à ocupação em encostas, em todas as áreas mapeadas, foi constatada ocupação em declives com inclinação superior a 30% sem obras de estabilização de taludes, contrariando a Lei nacional nº 6.766/79 que regulamenta o parcelamento do solo para fins urbanos e a LOUOS - Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo de Salvador (Lei nº 3.377/84). Estudo realizado por Ross (1994) corrobora as leis de uso e ocupação do solo urbano, uma vez que o autor defende que declividades acima de 30% são consideradas muito vulneráveis a processos erosivos. Desta forma, a ocupação das encostas nas áreas mapeadas por si só consiste num fator predisponente ao risco de deslizamento. Como a ocupação das vertentes é uma constante nas áreas, quanto maior a declividade e amplitude dos taludes, maior o risco de deslizamento, justificando a maior concentração de áreas de risco no Domínio do Planalto Dissecado.

De forma geral, as observações de campo revelam que,

embora as áreas apresentem encostas com declividades acentuadas, chegando a 45° (100%) em algumas vertentes, o risco está comumente associado à ocupação, seja diretamente pelo assentamento de moradias ou indiretamente pelo uso da encosta como ponto de lançamento de lixo, esgoto e água. Nas vertentes preservadas da ocupação urbana, com predomínio de vegetação e solo residual, dificilmente são observados indícios de instabilidade que indiquem alta suscetibilidade a movimentos de massa. A Escarpa da Falha de Salvador é uma exceção, uma vez que sua morfodinâmica e estruturação do substrato configuram cenário de alta suscetibilidade a deslizamentos, conforme supramencionado.

Condicionantes Antrópicos

Fatores diretamente associados à ocupação urbana como ausência de drenagem pluvial, lançamento de águas servidas nos taludes, disposição inapropriada de lixo e entulho, cortes e aterros lançados e sobrecarga no talude são considerados fatores predisponentes ao deslizamento em encostas. Desta forma, estes foram elementos analisados em campo, a fim de entender o papel desempenhado nas áreas e qual o impacto no risco.

As observações de campo demonstraram que o risco de deslizamento em Salvador está de maneira geral diretamente associado à atividade antrópica, confirmando estudo realizado por Cascini et al. (2005), o qual defende que os atuais desastres naturais são frequentemente gerados pela ação humana ou intensificados por ela. Em pelo menos 22 das 31 poligonais estudadas, os fatores condicionantes antrópicos são determinantes para a condição de risco identificada. Nas demais áreas, os mesmos atuam como elementos potencializadores. Dentre as principais causas reconhecidas em campo encontram-se cortes abusivos nas encostas, concentração de águas pluviais nos taludes em res-

posta a ausência de sistema de drenagem e lançamento de lixo e efluentes domésticos nas encostas.

O assentamento de moradias nas encostas das áreas mapeadas é quase sempre acompanhado por cortes abusivos nos taludes, em geral verticalizados, muito próximos à ocupação e sem qualquer tipo de obra de estabilização (Figuras 7.23 e 7.24). Os cortes alteram a morfologia da encosta e desconfinam o substrato ali presente, afetando o equilíbrio natural existente. A execução dos taludes de corte é um dos principais responsáveis pelo risco de deslizamento em diversas áreas mapeadas a exemplo das poligonais 19-Novo Horizonte II, 20-Novos Unidos, 24-Rosalvo Silva e 28-Vilamar.

O solo remobilizado pela execução destes cortes é lançado na borda do talude, visando aumentar a área disponível para implantação de moradias, originando os chamados aterros lançados (Figura 7.25). Entulho proveniente de demolições e lixo são comumente incorporados a estes aterros, que possuem alta erodibilidade em função de sua baixa coesão e caráter inconsolidado. Somados à sobrecarga gerada pela construção de moradias, os aterros lançados agravam a instabilidade dos taludes e intensifica o risco.

O lançamento de lixo na encosta é um problema comum à maioria das áreas mapeadas, como observado, por exemplo, nas poligonais 11-Calabetão, 14-Lindolfo Barbosa, 21-Padre Ugo, 29-Vila Picasso e 30-Vila Tiradentes (Figura 7.26). A disposição de lixo ocorre tanto de forma dispersa ao longo das vertentes, como concentrado em alguns pontos onde são formados verdadeiros leques de lixo.

Os resíduos sólidos lançados na encosta são frequentemente retidos pela vegetação existente, dando origem a pequenas barreiras que restringem o escoamento das águas superficiais, favorecendo sua infiltração e acelerando o processo de saturação do solo. A medida que se acumulam na encosta, os resíduos passam ainda a exercer sobrecarga sobre o talude, potencializando o risco de deslizamento. Segundo Salvador (2004), os depósitos de lixo nos taludes constituem uma das principais causas de processos de movimentos de massa em áreas de baixa renda.

Um dos principais problemas encontrados nas áreas de risco foi a ausência de sistema de drenagem. Todas as áreas de risco sofrem com escoamento superficial concentrado em função de deficiência no sistema de drenagem ou simplesmente ausência do mesmo. Grande parte destes escoamentos são descarregados diretamente na encosta, contribuindo pontualmente para a saturação do substrato. Outro impacto do escoamento concentrado é o surgimento de processos erosivos lineares como sulcos, ravinas e voçorocas, observados em diversas áreas (Figura 8.27). Estes processos erosivos são responsáveis pelo solapamento basal de moradias e principalmente de acessos, uma vez que escadarias e ladeiras servem de canal de escoamento das águas pluviais, em geral sob a forma de enxurradas.

Somados à concentração das águas pluviais, encontram-se

os lançamentos de efluentes domésticos nas encostas e problemas na rede de esgoto, que também contribuem com a saturação do solo nas áreas de risco e foram identificados em todas as poligonais mapeadas (Figura 7.28). Obstruções e rompimentos na rede de esgoto são problemas comumente observados nos assentamentos precários alvos do estudo. O aporte contínuo de efluentes líquidos na encosta contribui para a manutenção do solo saturado, que pode acelerar o desencadeamento de um processo de deslizamento quando em períodos de chuvas intensas e prolongadas, através da aceleração do processo de saturação máxima e deflagração do movimento de massa.

Segundo Salvador (2004), embora o fator chuva atue como principal deflagrador do processo de ruptura, uma contribuição pontual de água foi preponderante em eventos catastróficos em Salvador, a exemplo do Morro do Gavazza, na Barra, do Hospital Santo Amaro, na Avenida Centenário, e da Madeireira Azevedo localizada na Avenida Afrânio Peixoto.

Plano Diretor de Encostas

Publicado em 2004, o Plano Diretor de Encostas (PDE) representa o primeiro instrumento técnico-administrativo voltado à gestão do risco de deslizamento em Salvador, elaborado com o objetivo de subsidiar o Poder Público em ações de controle e prevenção de desastres envolvendo deslizamentos em encostas, através do planejamento urbano e do gerenciamento de risco.

O Plano conta com um inventário das áreas de risco no município, o diagnóstico dos problemas identificados nas encostas, um prognóstico com propostas de soluções visando mitigar o risco e um plano de ação. Como resultado, foram identificadas 437 áreas de risco, distribuídas em toda cidade, cujo prognóstico tem orientado a execução de uma série de obras de contenção nestas áreas. Atualmente, 86 encostas mapeadas pelo PDE foram contempladas com intervenções geotécnicas e 60 encontram-se aguardando o início das obras (SALVADOR, 2017), conforme ilustrado pelo Quadro 7.7.

Quadro 7.7: Panorama atual das obras de contenção subsidiadas pelo PDE.

Status	Prefeitura Municipal	Governo do Estado	Total
Executadas	21	30	51
Executadas parcialmente	17	8	25
Em execução	3	7	10
A executar		60	60
Total	41	105	146

Fonte: Salvador (2017).

Quadro 8.8: Quadro comparativo entre as áreas mapeadas no presente trabalho e as encostas estudadas pelo PDE.

Área mapeada - Codesal		Encostas PDE		Área mapeada - Codesal		Encostas PDE	
Nº	Risco	Nº	Risco	Nº	Risco	Nº	Risco
01	Médio	107	Médio	17	Médio	-	-
02	Baixo	88	Muito Alto	18	Alto	168	Muito Alto
03	Alto	272/273	Muito Alto	19	Alto	168/204/205	Baixo a Muito alto
04	Alto	56/381	Muito Alto	20	Alto	299	Médio
05	Alto	386/389	Alto	21	Alto	71	Muito Alto
06	Alto	126	Muito Alto	22	Alto	243/253	Alto
07	Alto	-	-	23	Alto	82	Muito Alto
08	Alto	-	-	24	Alto	382/384/52	Muito Alto
09	Alto	115	Alto	25	Alto	-	-
10	Alto		Médio a Muito alto	26	Alto	61	Alto
11	Médio a Alto	-	-	27	Alto	70	Alto
12	Baixo	391	Alto	28	Alto	72/74	Médio a Muito alto
13	Alto	5	Alto	29	Alto	110/111	Médio a Muito alto
14	Alto	361/363/364	Médio	30	Médio a Alto	118/119	Médio a Muito alto
15	Alto	279	Muito Alto	31	Médio a Alto	360/364/369	Médio
16	Alto	112/108/109	Médio a Alto				

Apesar da contribuição do PDE como diretriz para execução destas intervenções, o estudo é considerado por muitos como obsoleto, uma vez que foi publicado há mais de 10 anos e o risco é considerado mutável, sobretudo devido a evolução da ocupação urbana nas áreas de risco. Os questionamentos quanto à representatividade do PDE no que diz respeito ao quadro atual de risco na cidade levou à concepção do presente trabalho, desenvolvido junto ao Setor de Monitoramento de Risco da Codesal, a fim de realizar o mapeamento atualizado e o diagnóstico das áreas de risco em Salvador, subsidiando, assim, a gestão do risco e a criação de planos e programas, como o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC).

O trabalho revelou, no entanto, que os resultados do mapeamento e diagnóstico das áreas de risco validam as conclusões do PDE. Conforme ilustrado pelo Quadro 10.8, aproximadamente 84% das áreas mapeadas englobam encostas estudadas pelo PDE, com classificação e prognóstico muito similares, com exceção de poucas áreas onde o PDE considera não apenas o deslizamento, mas também o risco de alagamento para definir o grau de risco total da encosta.

Desta forma, é possível constatar que, apesar de publicado em 2004, o PDE ainda representa uma importante fonte de informação sobre o quadro de risco de Salvador, podendo, assim, subsidiar estudos na área. Da mesma maneira, o presente traba-

lho poderia, desde o início, ter utilizado o PDE como diretriz para a seleção e análise das áreas de risco a serem mapeadas, efetuando apenas a atualização dos estudos previamente desenvolvidos.

7.13

Conclusões e Recomendações

O projeto resultou no mapeamento de 31 áreas de risco em Salvador no ano de 2016, das quais 25 apresentam o deslizamento em encostas como principal risco. As demais áreas são caracterizadas pelo risco de alagamento. As áreas estudadas ocupam, de forma geral, assentamentos precários na periferia de 6 prefeituras-bairro, concentrando-se preferencialmente nas prefeituras de Pau da Lima, Liberdade/São Caetano e Subúrbio/Ilhas que totalizam 81% das áreas.

Como resultado da análise de risco, 77,5% das áreas apresentaram alto risco de deslizamento, 16% exibiram médio risco e 6,5% foram classificadas como de baixo risco. Em geral, as áreas com baixo risco de deslizamento, apresentam o alagamento como risco predominante.

O mapeamento e diagnóstico das áreas de risco revelou que, apesar da água consistir no principal fator deflagrador dos deslizamentos em períodos de chuvas intensas e prolongadas, o quadro de risco das áreas está quase sempre associado a outros

fatores resultantes da ocupação urbana e que são considerados agentes predisponentes ao deslizamento.

As observações de campo indicam que nas porções onde o solo residual encontra-se preservado da ocupação urbana, sobretudo em condições de drenagem satisfatória e vegetação natural, o risco de deslizamento é baixo, mesmo em declividades mais acentuadas. Contudo, nas porções onde há ocupação urbana, acompanhada por fatores como cortes nos taludes, lançamento de esgoto e lixo nas encostas, ausência de sistema de drenagem e construção de aterros lançados, o risco é considerado alto, evidenciado por indícios de instabilidade como trincas no terreno e nas moradias, degraus de abatimento, objetos rígidos inclinados e cicatrizes de eventos prévios.

Cerca de 81% das áreas mapeadas encontram-se localizadas no domínio geológico do Complexo Cristalino de Salvador. No entanto, o mapeamento do substrato mostra que grande parte das áreas é recoberta por material remobilizado, constituído por solo resultante de corte no talude, lixo e entulho de demolições, resultando na ocupação de substrato com baixa coesão, alta erodibilidade e suscetibilidade a movimentos de massa.

A análise do relevo revela que a ocupação das áreas encontra-se invariavelmente assentada em declividades superiores ao limite de 30%, estabelecido pela Lei nacional nº 6.766/79. Portanto, a ocupação urbana por si só corresponde a um fator predisponente do risco de deslizamento. Dentre as 31 áreas mapeadas, 27 (87%) ocupam o Domínio dos Tabuleiros dissecados, no qual são encontradas as maiores declividades e altitudes na Cidade.

As observações dos fatores antrópicos sugerem que a deficiência na drenagem pluvial consiste num dos principais problemas indentificados nas áreas, seguido dos taludes de corte na base e na meia encosta, da construção de aterros lançados, da descarga de efluentes domésticos diretamente nos taludes e da disposição inadequada de lixo.

Estes resultados revelam a importância da ocupação urbana no processo de deslizamento de terra em Salvador, reafirmando a necessidade de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano, a fim de levar infraestrutura a estas áreas de risco e muitas outras existentes na cidade, situadas sobretudo nas periferias, num cenário de extrema degradação ambiental e insalubridade, que resulta principalmente da ausência de saneamento básico.

Desta forma, como intervenções imediatas nas áreas de estudo, recomenda-se: captação e disciplinamento das águas pluviais; captação de lançamentos indevidos de efluentes e manutenção da rede de esgoto existente, por meio da limpeza e desobstrução da mesma; remoção de lixo e entulho disposto de forma inadequada; complementação, implantação e/ou recomposição de trechos de pavimentação onde observam-se processos erosivos em estágio avançado de evolução e proteção super-

ficial de taludes expostos.

Sugere-se ainda que estas intervenções sejam acompanhadas de mobilização da comunidade, envolvendo principalmente ações educacionais, a fim de orientar a população quanto ao papel desempenhado pela atividade antrópica no processo de deslizamento. A disseminação da educação ambiental entre os moradores das áreas mapeadas, por meio dos núcleos comunitários, tem fundamental importância na redução do risco e prevenção de desastres, uma vez que a comunidade vivencia o risco diariamente.

A fim de monitorar a situação de risco nestas áreas e atualizar permanentemente o mapeamento, recomenda-se também a execução de visitas periódicas de campo, acompanhadas da redefinição, quando necessária, das porções susceptíveis e vulneráveis ao deslizamento, uma vez que o risco é dinâmico e sofre mudanças em função das transformações urbanas.

Diante do exposto, é possível depreender que o conhecimento de fatores como geologia, relevo e hidrologia, além da dinâmica do uso e ocupação do solo, são preponderantes na análise do risco de deslizamento, particularmente em Salvador, uma cidade com ocupação sem planejamento por mais de 500 anos.

Referências

- ALVES, C.R.S. Análise da mobilidade do solo através de patologias construtivas: estudo de caso na chácara Santo Antônio, Salvador-Ba. Monografia de graduação, Salvador: Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia - UFBA, 2017.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PCRJ. v2, p.691-704, 1992.
- AUGUSTO FILHO, O. Cartas de risco a escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no Município de Ilhabela, SP. Dissertação de mestrado, São Paulo: Escola Politécnica, USP. 150p., 1994.
- AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L. E. S., AMENOMORI, C. J. Riscos Geológicos: aspectos conceituais. In: Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológico Urbano, 1, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, pp. 334-341, 1990.
- BANDEIRA, A. P. N. Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no Município de Camaragibe - PE. Dissertação de mestrado, Recife: Univer-

- sidade Federal de Pernambuco - UFPE, 209p., 2003.
- BARBOSA J.S.F., CORRÊA-GOMES L.C., DOMINGUEZ J.M.L., CRUZ S.A.S., SOUZA J.S. Petrografia e Litogeoquímica das Rochas da Parte Oeste do alto de Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n.4, p. 9-22, 2005.
- BRASIL. Ministério das Cidades. *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais* / Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. *Política Nacional de Defesa Civil*. Brasília, 2007a.
- BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Brasília: Ministério das Cidades; IPT, 176 p., 2007b.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; e dá outras providências. 2012.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações : 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa / coordenação Omar Yazbek Bitar*. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.
- CAMPOS, L. E. P. *Influência da sucção na estabilidade de taludes naturais em solos residuais*. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 173p., 1984.
- CASCINI, L., BONNARD, Ch., COROMINAS, J., JIBSON, R., MONTERO-OLARTE, J., 2005. Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development. In: Hungr, O., Fell, R., Couture, R., Eberthardt, E. (Eds.), *Landslide Risk Management*. Taylor and Francis, London, pp. 199–235, 2005.
- CERRI, L. E. S. e CARVALHO, C. S. Hierarquização de situações de risco em Favelas no Município de São Paulo, Brasil: Critérios e Metodologia. In *Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológicos Urbano*, V.1, pp.150-157. São Paulo-SP. ABGE, 1990.
- CRUDEN D.M., VARNES D. J. Landslide types and processes. In: Turner A.K.; Shuster R.L. (eds) *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transp Res Board, Spec Rep 247, pp 36-75, 1996.
- DIAS, L. S. O. *Identificação de áreas suscetíveis a deslizamento de terra utilizando sistema de informações geográficas*. Dissertação de mestrado, Salvador: Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia - UFBA, 2006.
- FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, Ch.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology* 102: 85–98, 2008.
- GEO-RIO. *Manual técnico de encostas: Análise e investigação*. Rio de Janeiro: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. 2ª edição. 253p., 2000.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo: Edgard Blücher; Ed. da Universidade de São Paulo, 194p., 1984.
- HIGHLAND, L M.; BOBROWSKY, P. *The Landslide Handbook – A guide to understanding landsliding*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, p. 129, 2008.
- HUTCHINSON, J. N. *Mass Movement*. In: *Encyclopedia of Geomorphology*. New York: Ed. R.W. Fairbridge. Reinhold Book, 1968.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP. Dados meteorológicos da Estação 83229, Ondina, Salvador-Ba*. 2017.
- ROSS, J. L. S. *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados*. In: *Revista do Departamento de Geografia n°8, FFLCH-USP, São Paulo*, 1994.
- SALVADOR. Prefeitura Municipal de Salvador. *Secretaria Municipal do Saneamento e Infraestrutura Urbana. Coordenadoria de Áreas de Risco Geológico. Plano Diretor de Encostas*. 2004.
- SALVADOR. Prefeitura Municipal de Salvador. *Secretaria Cidade Sustentável e Inovação. Coordenadoria de Defesa Civil - CODESAL. Relatórios de Mapeamento das Áreas de Risco*. 2016.
- SALVADOR. Prefeitura Municipal de Salvador. *Secretaria Cidade Sustentável e Inovação. Coordenadoria de Defesa Civil - CODESAL. Panorama atual das obras de contenção subsidiadas pelo Plano Diretor de Encostas*. 2017.
- SANTANA, J.G. *Acidentes com Escorregamento de Terra nas Encostas de Salvador-BA: Contexto Histórico*. Salvador: Universidade Federal da Bahia - UFBA. Escola Politécnica

ca. 2006.

SANTOS, J. L. C. Mapeamento das ocorrências registradas, por bairro, em Salvador-BA, entre Jan/2005 e Abr/2009 e demandas habitacionais de interesse social. Salvador: Seminário Urbanismo na Bahia - UrbBA, 2011.

SILVA, C. N. Diagnóstico ambiental associado às áreas de pedreiras abandonadas na cidade do Salvador-BA com ênfase na estabilidade de taludes. Dissertação de mestrado, Salvador: Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia - UFBA. 123p, 2005.

VARNES D. J.: Slope movement types and processes. In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, analysis and control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11-33, 1978.

VARNES, D. J. Landslide Types and Processes, In Special Report 29: Landslide and Engineering Practice, E. B. Eckel, ed., HRB, National Research Council, Washington D. C., p. 20-47, 1958.

VARNES, D.J. Landslide Hazard Zonation: A review of Principles and Practice. UNESCO, Paris, pp.63, 1984.

ZUQUETTE, L. V. Importância do Mapeamento Geotécnico no uso e Ocupação do meio Físico: Fundamento e Guia para Elaboração. Tese de livre docência, São Carlos: EESC/USP, 2v, 1993.

8

Mapeamento Geoambiental do Meio Biofísico da Área da Cidade e Entorno de Taperoá – Ba – Brasil

Geoenvironmental Mapping of the Biophysical Environment of the City Area and Surroundings of Taperoá - Ba - Brazil

Marcelo Henrique de Jesus

Jose Ângelo S. A. Anjos

Flavio José Sampaio

A exploração dos recursos naturais, o crescimento populacional e urbano, bem como a criação da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente no início da década de 80 e suas diretrizes posteriores, foram fatores que impulsionaram ao longo dos anos um grande avanço nas técnicas de prevenção e controle de impactos e a preservação do meio ambiente. Esses avanços são relevantes no ordenamento do uso do solo e no planejamento do território. Nesse sentido, este trabalho objetiva fazer o mapeamento do meio biofísico da área da cidade de Taperoá e entorno, zona costeira do centro sul do Estado da Bahia, que vem sofrendo intensa degradação, pelo avanço da zona urbana em direção às zonas de maior suscetibilidade ambiental, como as zonas de manguezais, planícies de inundações e planícies costeiras. Os trabalhos na área de estudo foram desenvolvidos em três etapas: i) aquisição de imagens de sensoriamento remoto, para extração de informações do terreno por meio de procedimentos do geoprocessamento em ambiente de SIG (Sistemas de informação geográfica); ii) campanhas de campo, com coleta de dados e informações do meio físico, além da identificação das fontes potencialmente poluidoras; iii) foram confeccionados os mapas temáticos de geologia, geomorfologia, vegetação, uso e ocupação do solo e áreas protegidas. A partir da integração dos dados e informações desses mapas, foram delimitadas 7 unidades geoambientais na área estudada, a partir dos quais foi possível indicar as áreas de maior suscetibilidade ambiental, as potencialidades, limitações e restrições de cada unidade.

Palavras chave: Unidades geoambientais, suscetibilidade ambiental, gerenciamento dos recursos naturais, Controle da poluição.

The exploitation of natural resources, population and urban growth, as well as the creation of the National Environmental Policy Law in the early 1980s and its subsequent guidelines, were factors that drove a great advance in prevention techniques over the years and control of impacts and preservation of the environment. These advances are relevant in land use and land planning. In this sense, this work aims to map the biophysical environment of the area of the city of Taperoá and its surroundings, a coastal area in the southern part of the State of Bahia, which has undergone intense degradation, due to the advance of the urban area towards areas of greater environmental susceptibility, such as mangrove areas, flood plains and coastal plains. The study was developed in three stages: i) the acquisition of remote sensing images, for the extraction of information from the terrain through geoprocessing procedures in a GIS (Geographic information systems) environment; ii) the field campaign phase, with collection of data and information from the physical environment, in addition to the identification of potentially polluting sources; iii) thematic maps of geology, geomorphology, vegetation, land use and occupation and protected areas. From the integration of data and information from these maps, 7 geoenvironmental units were delimited in the studied area, from which it was possible to indicate the areas of greatest environmental susceptibility, the potentialities, limitations and restrictions of each unit.

Keywords: Geoenvironmental units, environmental susceptibility, management of natural resources, pollution control.

M.H. Jesus

Geólogo. e-mail: marcelohenrique_ufba@hotmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

8.1 Introdução

Diante do crescimento urbano, e demanda por recursos naturais, houve ao longo dos anos a preocupação ambiental com desenvolvimento sustentável das atividades humanas. Com o desenvolvimento tecnológico, principalmente na área da ciência da informação, houve o surgimento e evolução de procedimentos e ferramentas que permitem a extração, manipulação e espacialização da informação geográfica de parâmetros da superfície terrestre. Esses dispositivos envolvem as técnicas de sensoriamento remoto e do geoprocessamento, que utiliza a linguagem de SIG (Sistema de Informação Geográfica), que possibilita a realização de análise e espacialização de parâmetros do meio físico, que podem auxiliar na resolução de questões ambientais de planejamento do uso e ocupação do solo.

Diante desses aspectos, este trabalho explora o uso dessas ferramentas da geoinformação, como imagens de satélite, modelos digitais de terrenos, visando a extração das informações da do meio físico e biótico da área de estudo, na tentativa de compreender as interações entre os elementos da paisagem e sua relação com as atividades humanas, no que diz respeito ao uso e ocupação do solo e áreas protegidas (Áreas de Preservação Permanente) e assim, definir as unidades geoambientais.

De acordo com Silva e Dantas (2000), o termo Unidades Geoambientais foi pioneiramente adotado pela International Union of Geological Sciences – IUGS, de forma que o decreto Federal nº 5.300 de 7 de Dezembro de 2004, define unidade geoambiental como a porção do território com elevado grau de similaridade entre as características físicas e bióticas, abrangendo diversos ecossistemas relacionados com relações funcionais e de interdependência.

Diversas são as aplicações dos estudos geoambientais, dentre os quais pode-se destacar os trabalhos de avaliação de impactos no meio físico, investigação de passivos ambientais, recuperação de áreas degradadas, remediação de áreas contaminadas e estudos de zoneamento ambiental. Esses estudos envolvem a caracterização dos aspectos físicos como geologia, clima, geomorfologia, vegetação, solos e sua integração, sendo bastante relevantes no planejamento e ordenamento de uso do solo, além de controle de poluição e prevenção de riscos ambientais e a saúde do ser humano.

De acordo com Verdovelo (2004), a cartografia geoambiental pode ser entendida como o conjunto de procedimentos envolvidos na representação, obtenção, análise e aplicação de dados e informação do meio físico, levando em consideração as fragilidades e potencialidades naturais do terreno, assim como

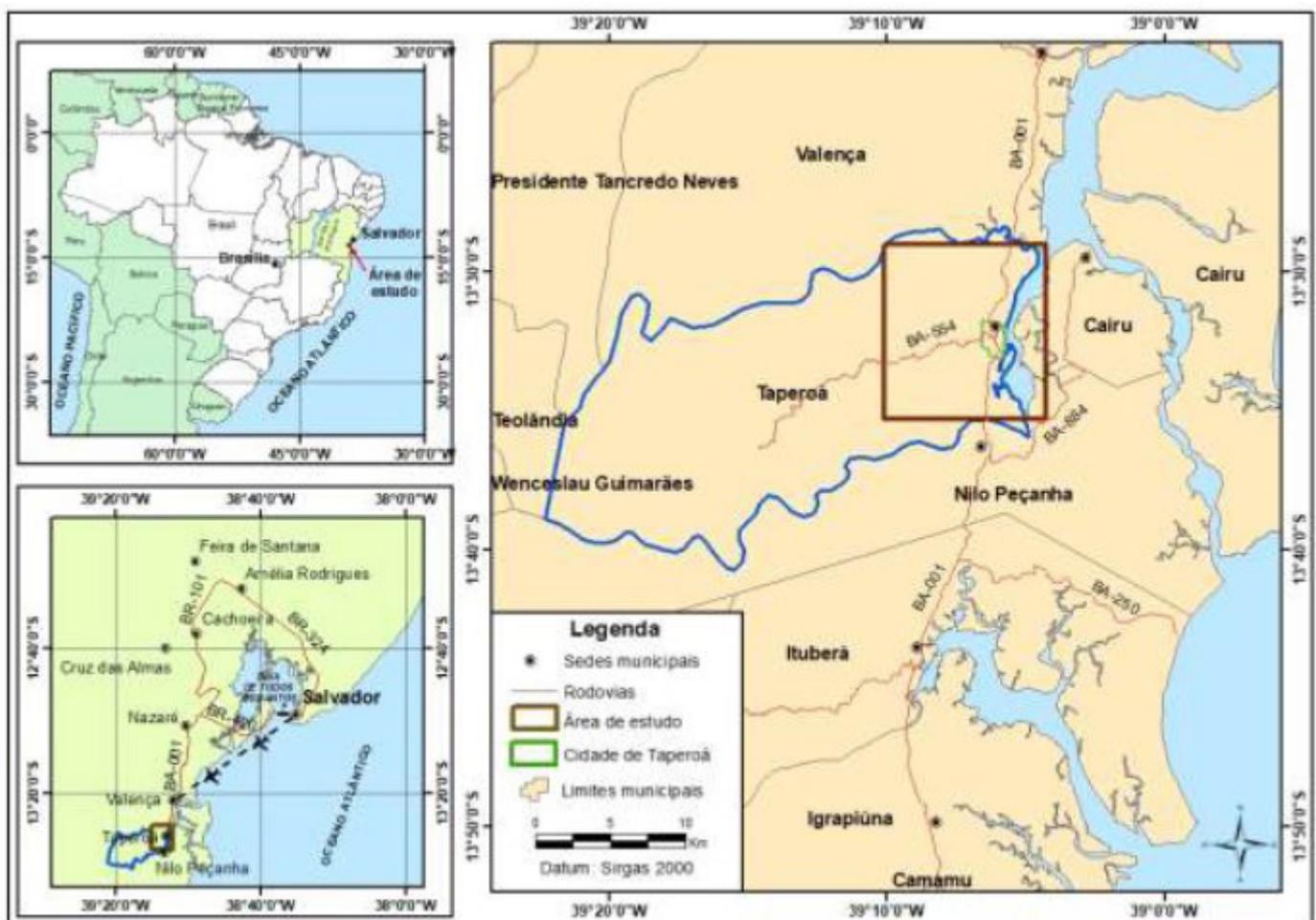
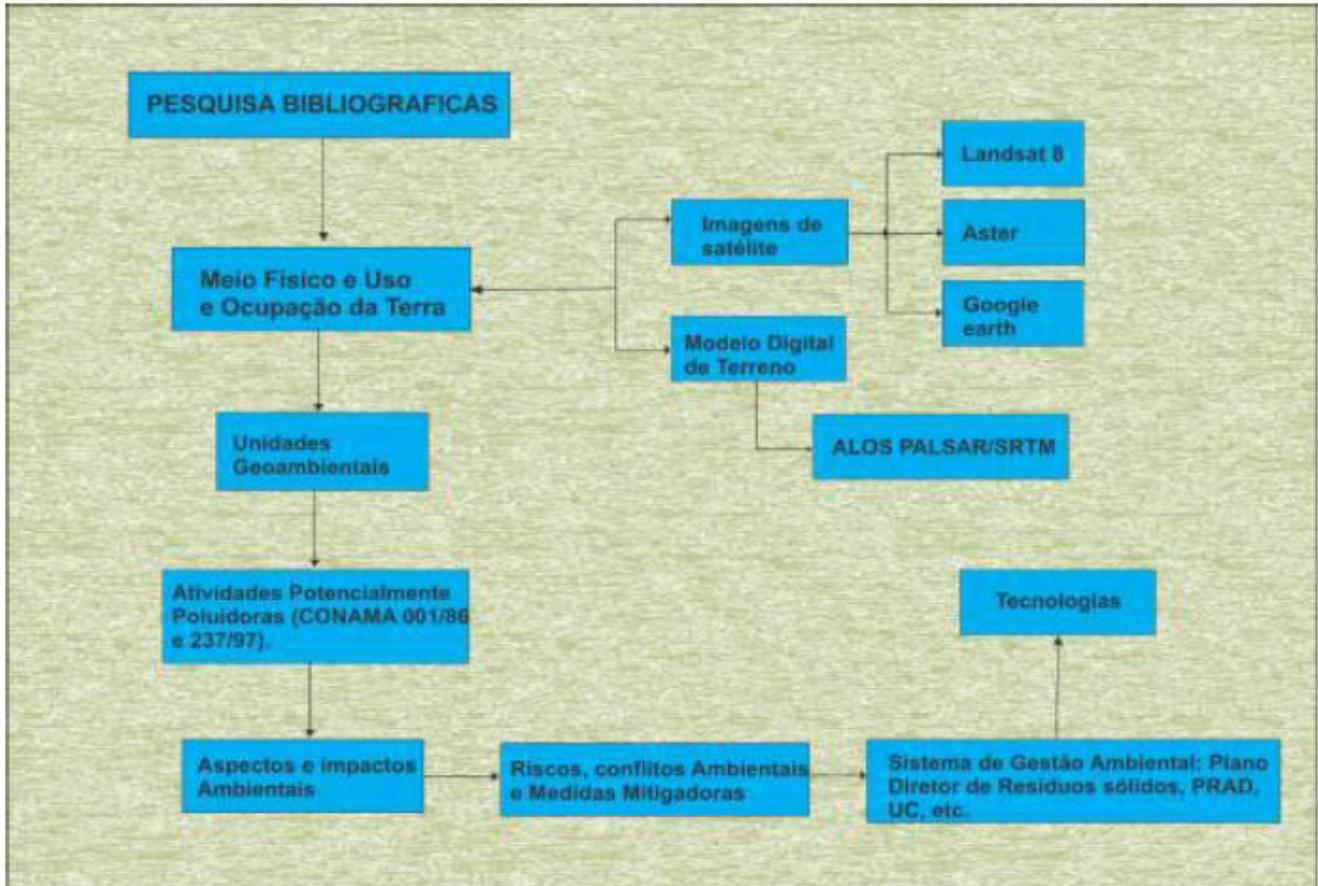


Fig. 8.1: Mapa de Localização e acessos da área de estudo

Fig. 8.2: Fluxograma da metodologia adaptada utilizada no desenvolvimento dos trabalhos

Fonte: Adaptado de Anjos, 2017.

os riscos e conflitos decorrentes da interação entre os aspectos fisiográficos e as ações antropogênicas.

Uma lei de grande relevância no campo do planejamento do território foi a de nº 10.257/01 que dispõe sobre o Estatuto da cidade, que propõe medidas atualizadas de gestão urbana.

Em 1991, o Governo Federal instituiu o Zoneamento Ecológico Econômico, visando um diagnóstico integrado do meio físico, biótico e socioeconômico, abrangendo várias regiões do país.

Além disso, a utilização de recursos e ferramentas do geoprocessamento e modelagem espacial dos dados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), tem sido largamente explorado nos estudos ambientais, de forma que foi elaborado o Mapa de Geodiversidade do Brasil em escalas 1:1.000.000 e 1:2.500.000 em ambiente SIG.

As informações e propostas desse trabalho poderá auxiliar no ordenamento do uso e ocupação do solo e planejamento urbano, bem como na resolução de questões ambientais, pelos gestores do município, especialmente da sede municipal e entorno.

8.2 Localização e Vias de Acesso

A área de pesquisa está localizada no município de Taperoá, situado na região do baixo-sul do estado da Bahia, também denominada de Costa do Dendê, que dista 200 Km da capital baiana (Salvador). Este município é limitado pelos municípios de Valença e Tancredo Neves, a norte, Nilo Peçanha a sul, Cairú a oeste, e Teolândia a leste. O acesso pode ser feito partindo de Salvador via BR-324, no sentido Feira de Santana, seguindo pela BR-101, seguindo no sentido Santo Antônio de Jesus, passando pelos municípios de Cachoeira, Cruz das Almas e Sapeaçu. Depois segue pela BA-542 sentido Valença, até a BA-001, percorrendo 20 km por tal rodovia, no sentido Camamú, chega-se até Taperoá.

Um outro acesso a área de estudo pode ser realizado partindo de Salvador, atravessando o trecho da Baía de Todos os Santos no sentido a ilha de Itaparica, utilizando um Ferry-boat, seguindo pela BA-001, e percorrendo a BR-420 em sentido Nazaré, que faz conexão novamente com a BA-001, segue por 55 Km no sentido Valença, chegando ao local de estudo.

Além disso, outra maneira de chegar a área é seguindo de avião de Salvador até o Aeroporto de Valença, e de lá seguir pela BA-001 por 20 Km em sentido Ituberá (Fig. 8.1).

Materiais

Num primeiro momento, foi realizado um levantamento da bibliografia existente a respeito da região, bem como um levantamento de dados cartográficos existentes e aquisição de dados de sensoriamento remoto, visando a montagem do Banco de Dados Geográficos.

A seguir são apresentados os materiais utilizados:

- Referências Bibliográficas;
- Bases Cartográficas do IBGE/SEI (2006), Escala 1:100.000;
- Mapa Geológico Escala 1:1000.000 (2007), da Companhia Brasileira de Recursos Minerais;
- 1 Imagem de satélite Landsat 8, sensor OLI/TIRS, de resolução espacial de 30 metros, adquiridos no sítio eletrônico do Serviço geológico dos Estados Unidos (USGS), de 16 de Junho de 2016, Órbita: 216; Ponto: 69.
- 2 Imagens do Satélite Terra, sensor ASTER, de resolução espacial de 15 m, adquiridos no sítio eletrônico do Serviço geológico dos Estados Unidos (USGS) e Agência de Administração do Espaço Aeronáutico Nacional (NASA).
- Imagens de alta resolução do Google Earth Pro Versão 7.1.8.
- Modelo Digital de Terreno MDT do Satélite ALOS-1 (Advanced Land Observing Satellite) do Sensor PALSAR com resolução espacial de 12,5 m, processado para 2 m.
- Softwares utilizados: Arcgis 10.3; Quantum GIS 2.18.8.

8.3 Métodos

A partir desses materiais foram confeccionados mapas temáticos de caminamento (Imagem de satélite, solos, geologia e vegetação, para utilização em campo). Foram também delimitadas zonas homólogas com o auxílio das imagens de satélite supracitadas e MDE, usando recursos do geoprocessamento como composição de bandas e classificação supervisionada, e geração de mapas de sombreado, visando realçar as feições de interesse, para auxiliar no mapeamento de campo.

A metodologia desenvolvida para a pesquisa foi por meio de Anjos (2017), conforme a figura 8.2, no qual foram realizadas etapas sequenciais que avaliam as especificidades da área de pesquisa e propor soluções sustentáveis e econômicas mais viáveis. Essa proposta foi realizada por meio de 3 etapas distintas: Pré-Campo, Campo e Pós Campo.

8.3.1 Etapa de Campo

Foram realizadas campanhas de campo com duração de 6 dias, compreendidas entre os dias 10 e 15 de Julho de 2017, visando a coleta de dados e informações visando o diagnóstico do meio biofísico, para definir as Unidades Geoambientais, além de identificar e descrever as atividades potencialmente poluidoras, na área de estudo. O registro das informações foi feito por meio de anotações de campo em caderneta e câmera de celular, além de pontos de GPS modelo Garmim.

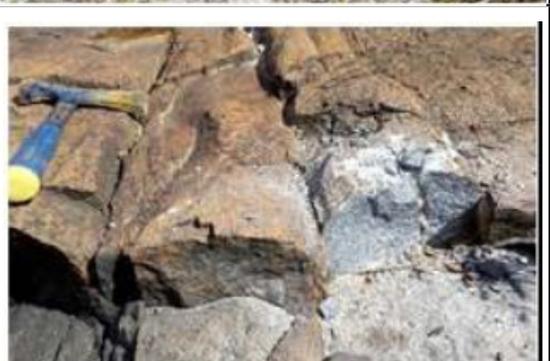
Aspectos fisiográficos	Descrição	
Clima	Pluviosidade: 60 mm mensais e entre 2100 e 2500 mm anuais; fortemente influenciado pela proximidade com o mar; temperaturas anuais de 21 a 25°; maiores índices pluviométricos: março a junho;	
Hidrografia	Caracteriza-se por rios de caráter perene, devido o elevado índice pluviométrico ao longo do ano, com chuvas bem distribuídas. Principais rios: rio das Almas, rio Camurugi, rio grande, rio do Engenho.	
Solos	Latossolos Vermelhos Distróficos	Solos profundos, lixiviados, pobres em nutrientes, baixa CTC e relação silte/argila, com alto teor de ferro total
	Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos	solos profundos, lixiviados, fortemente drenados, baixa fertilidade, baixa CTC e relação silte/argila, estrutura granular e em blocos subangulares
	Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos	solos que possuem horizonte B textural, saturação por alumínio maior que 50%, argila de atividade baixa, estrutura em blocos angulares a subangulares e baixa fertilidade

8.3.2 Etapa Pós-Campo

A partir das imagens do MDT do Satélite ALOS PALSAR e com o auxílio do módulo Surface do Arcgis® 10.3, foram gerados mapas de declividade (Slope), mapa de relevo sombreado (Hillshade), visando auxiliar na análise da paisagem. Diante dessas informações, juntamente com os dados coletados em campo, foi gerado o mapa de Unidades Geológicas e Unidades Geomorfológicas.

A partir das imagens de satélite do Landsat 8 e ASTER, foi feita uma análise do ponto de vista do uso e Ocupação do Solo, bem como outros aspectos da paisagem. Para realçar os tipos de vegetação da área, bem como a distinção das áreas antropizadas, foi utilizada uma operação da aritmética de bandas - NDVI – Índice de Vegetação por diferença normalizada e a classificação supervisionada da imagem de satélite. Tal método, envolve uma operação de bandas do espectro do vermelho e infravermelho

Fig. 8.3: As 5 unidades geológicas mapeadas na área de estudo

Unidades Geológicas	Descrição	
Depósitos Aluvionares	Granulometria arenosa a cascalhosa na porção dos canais e argilo-arenosa na porção da planície de inundação.	
Depósitos Fluvio-marinhos	Depósitos de natureza argilosa com presença de matéria orgânica, provenientes da interação de processos fluviais e dos regimes de maré	
Depósitos de Manguezais	São fortemente influenciados pelos regimes de maré (enchente e vazante), sendo seus depósitos enriquecidos em matéria orgânica e argilosos, de coloração escura. Nesse substrato lamoso, se desenvolvem espécies completamente adaptadas a esses locais de alta salinidade, como caranguejos, aratus, alguns peixes, ostras e lambretas.	
Depósitos de Planície Costeira	Esses depósitos possuem uma granulometria média a grossa, textura fina a média de coloração branca	
Embasamento Cristalino	É composto por rochas granolíticas de coloração cinza a cinza escuro, com um bandamento gnássico marcado pela orientação preferencial de piroxênios numa direção N 20 e mergulhos subverticais (maiores que 80°). As vezes a foliação é marcada pela orientação de pórfiros de feldspatos alterados.	

Unidades Geomorfológicas	Descrição
Planícies Aluvionares	Situa-se em altitudes abaixo de 40 m, declividades abaixo de 20%. Possui rios meandantes a retilíneos, modelado de acumulação fluvial de planície e canal, associado a um substrato arenoso e argilo-arenoso, representada por sedimentos de alta energia nas porções dos canais e de baixa energia nas planícies de inundação dos rios.
Planícies Fluvio-marinhas e de Maré	As planícies fluvio-marinhas correspondem às zonas de interação fluvial e marinha, gerando uma sedimentação mista, proveniente dos rios e das marés. Possui altitudes variando de 4 a 6 metros, relevo plano, com declividade baixa e áreas sujeitas a assoreamento fraco a moderado. Por outro lado, as planícies de maré caracterizam-se pelo modelado de acumulação associado a um substrato lamoso rico em matéria orgânica, onde se instala os manguezais, controlado pelos regimes de maré. A morfodinâmica caracteriza-se por zonas inundadas periodicamente, assoreamento fraco a moderado, e erosão fraca.
Planícies Costeiras	Caracteriza-se por um relevo plano, associado ao substrato arenoso, sendo bastante permeável o que favorece uma elevada infiltração do terreno. A morfodinâmica é caracterizada por assoreamento fraco, erosão fraca e áreas sujeitas a inundação pela proximidade com as zonas de influência dos regimes de maré.
Tabuleiros Aplainados I	São caracterizados por um relevo variando de suave ondulado a ondulado, com ocorrência de relevos suaves, associado ao substrato das rochas granulíticas do embasamento cristalino altitudes variando entre 25 e 60 metros e declividade variando de 8 a 20%. Possui um modelado de aplainamento caracterizado por um relevo dissecado, com áreas suscetíveis a erosão moderada e assoreamento fraco a moderado.
Tabuleiros Aplainados II	Caracteriza-se por apresentar um relevo ondulado, com ocorrências de relevo suave ondulado, associado ao substrato granulítico do embasamento cristalino. Possui uma altitude variando de 60 a 100 metros e declividades entre 8 e 30%. Possui uma morfodinâmica marcada por áreas com maior suscetibilidade a erosão e assoreamento, principalmente nos locais de maior supressão da vegetação.
Morros e Colinas	Essa unidade apresenta um relevo bastante dissecado, comparado com o restante da área, marcado por um relevo forte ondulado, com ocorrências do relevo ondulado, associado ao embasamento cristalino. A altitude varia entre 100 e 200 metros, com declividades entre 20 e 45%. A morfodinâmica caracteriza-se por áreas sujeitas ao assoreamento e erosão forte podendo apresentar áreas sujeitas a deslizamentos.

próximo, gerando uma imagem Raster classificada, com os valores de seus pixels variando numa escala de -1 a 1, de forma que quanto mais positivos e próximos de 1, maior é a quantidade de vegetação, valores negativos ou nulos, referem-se a corpos d'água e solo exposto, respectivamente.

Além disso, um outro recurso utilizado na individualização e geração definitiva do mapa de Vegetação, Uso e Ocupação do Solo foi a classificação supervisionada, que é um procedimen-

to do processamento digital de imagens, que envolve a coleta de amostras de determinadas feições, de forma manual e controlada e sua posterior classificação usando a ferramenta *Máximo Likelihood classification*, do módulo *Multivariate* do *Arcgis® 10.3*, que estabelece uma relação entre as feições semelhantes, com base no processo de amostragem, através de uma linguagem estatística.

A partir da relação entre os mapas de Unidades Geológicas, Geomorfológicas, vegetação, Uso e Ocupação do solo, bem como dos dados sobre solos coletados em campo, foi gerado o Mapa de Unidades Geoambientais, a partir do qual foi realizada as discussões sobre as áreas de maiores suscetibilidade ambiental, bem como as potencialidades e limitações de cada unidade geoambiental.

A figura 8.2 a seguir, sintetiza de forma esquemática as etapas e procedimentos realizados neste trabalho, adaptado da metodologia proposta por Anjos (2017).

8.4 Aspectos fisiográficos

A caracterização da fisiografia da área foi imprescindível na análise da paisagem e no entendimento das interações do meio biofísico com as atividades humanas. A tabela a seguir descreve de forma sucinta o clima, solos e hidrografia da área de estudo.

8.5 Resultados

Diante dos materiais e métodos, bem como da informação das campanhas de campo, foram confeccionados mapas temáticos de Unidades Geológicas, Unidades Geomorfológicas, Vegetação, Uso e Ocupação do Solo e Áreas Protegidas. A partir da integração dessas

Unidades Geológicas

Foram 5 unidades geológicas mapeadas na área de estudo, sendo representadas no mapa de figura xx em escala 1:25.000, e descritas na tabela a seguir:

Vegetação	Descrição	Fotos
Zona de Cobertura Vegetal I	Cobertura vegetal remanescente conservada da interferência humana; vegetação ombrófila, arbórea de médio a grande porte, com presença de arbustiva de pequeno a médio porte; substrato das rochas granulíticas do embasamento cristalino e Argissolos Vermelho-Amarelos; relevo dos morros e colinas com altitudes superiores a 100 m.	
Zona de Cobertura Vegetal II	Vegetação secundária arbustiva-espaçada de pequeno a médio porte, preservada na sua totalidade, com indícios de antropização; distribuem-se de forma predominante em altitudes menos que 100 m, sobre o relevo dos tabuleiros plainados, ocorrendo também sobre os morros e colinas; Substrato granulítico do embasamento cristalino e Argissolos Vermelho-Amarelo, Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Latossolos Vermelhos-Distróficos.	
Zona de Cobertura Vegetal III	Vegetação arbustiva espaçada de pequeno porte bastante antropizada, com perda das características originais pelo intenso desmatamento e antropização pelas atividades agropastoris, marcada por plantações de bananeiras, craveiros, guaraná, cacauzeiro, piaçava, dendezeiros e culturas de baixo porte como aipim, mandioca, abóbora, , entre outras	
Zona de Cobertura Vegetal de Manguezal	Vegetação halófila de porte baixo a médio, arbustiva, completamente adaptada aos regimes de maré, instalada sobre um substrato lamoso de coloração escura, enriquecido em matéria orgânica; a espécie predominante é o mangue branco, de nome científico Laguncularia racemosa, com ocorrências do mangue vermelho, de nome científico Rhizophora mangle.	

Unidades Geomorfológicas

Foram 5 unidades geológicas mapeadas na área de estudo, sendo representadas no mapa de figura xx em escala 1:25.000, e descritas na tabela a seguir:

Vegetação

A vegetação da área de estudo é representada por espécies remanescentes de mata atlântica que sobrevivem aos diferentes níveis de degradação. Percebe-se que há muitos indícios de desmata-

mento da cobertura nativa para a práticas agropastoris além de possibilidade de vendas ilegal de madeiras.

A vegetação da área de estudo está dividida em três zonas de Cobertura Vegetal, considerando os estágios de antropização, além da zona de vegetação de manguezal, sendo mapeadas em escala 1:30.000 e representadas no mapa de Vegetação da Figura 8.16.

8.6 Uso e Ocupação do Solo

A área de estudo encontra-se num estado de antropização intensa pelas atividades agropastoris (agricultura e pastagem), pela

Zonas de Antropização	Descrição	Fotos
Zona Antropizada pela Agricultura	<p>Caracterizada pelas atividades agrícolas, representadas principalmente por plantações de bananeira, guaraná, dendezeiro, cacaueteiro, piaçava, e culturas de pequeno porte como abóbora, mandioca, milho e aipim; ocorre intensa supressão da vegetação primária, principalmente de áreas de vegetação permanente (encostas íngremes, topos de morro e mata ciliar); há muitas ocorrências da agricultura próximas aos rios, que podem estar contaminando esses corpos hídricos com uso de defensivos agrícolas e fertilizantes.</p>	   
Zona de solo exposto e pastagem	<p>Constitui as áreas que foram outrora desmatadas para práticas agrícolas, sendo hoje portadoras de pastagem, muitas vezes exibindo grandes áreas de solo exposto, que podem se tornar locais de grande suscetibilidade a erosão; a maior parte dessas áreas possuem elevadas altitudes e encostas com declividade alta.</p>	 
Zona ocupada pela urbanização	<p>Área de maior concentração populacional, incluindo a zona urbana e zona rural urbanizada, onde se desenvolvem atividades de comércio, bens e serviços; há um notável avanço da zona em direção aos locais de áreas de Preservação Permanente (manguezais e planícies de inundação principalmente), com ocupações residenciais, aterros, esgotos a céu aberto e desmatamentos.</p>	 



Mapa de Vegetação, Uso e Ocupação do Solo e Áreas Protegidas

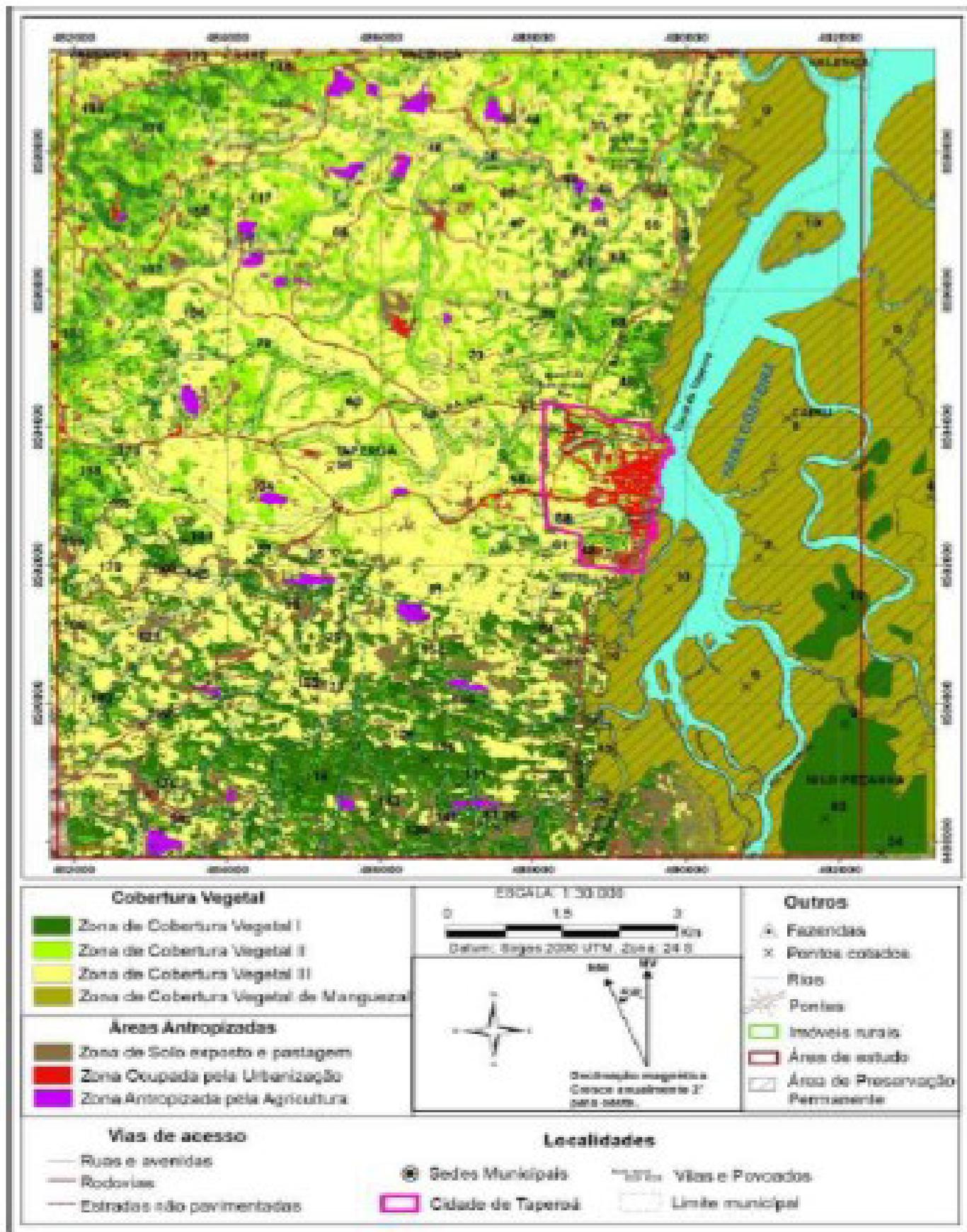




Foto 8.71: Substrato lamoso da Unidade Geoambiental dos Manguezais. Bairro de Jacaré. Coordenada: 488815 m W/8501144 S



Foto 8.72: Relevo plano da Unidade Geoambiental dos Manguezais. Bairro de Jacaré. Coordenada: 488794 Em W8501148 S



Foto 8.75: Substrato e relevo na Unidade Geoambiental das Planícies e Canais de Maré. Coordenada: 488818 m W/85000829 S



Foto 8.76: Substrato arenoso da Unidade Geoambiental das Planícies Costeiras. Bairro de Graciosa. Coordenada: 490407 m W/8509510 S



Foto 8.77: Relevo plano e Vegetação rasteira da Unidade Geoambiental das Planícies Costeiras. Bairro de Graciosa. Coordenada: 490407 W/8509510 S



Foto 8.78: Substrato dos granulitos do Embasamento Cristalino da Unidade Geoambiental das Planícies Aluvionares. Coordenada: 490407 m E/8509510 S



Foto 8.79: Substrato arenoso, relevo plano e Vegetação. Unidade Geoambiental das Planícies Aluvionares. Coordenada: 487909 m W/8504077 S



Foto 8.80: Substrato do Embasamento Cristalino. Loteamento Costa do Dendê. Coordenada: 489241 m E/8504062 S



Foto 8.81: Relevo plano dos Tabuleiros Aplainados I. Loteamento Costa do Dendê. Coordenada: 489241 m W/8504062 S



Foto 8.82: Cobertura vegetal. Loteamento Costa do Dendê. Coordenada: 489241 m W/8504062 S



Foto 8.83: Perfil de solo na UGTA I. Loteamento Costa do Dendê. Coordenada: 489241 m W/8504062 S



Foto 8.84: Substrato granulítico do Embasamento Cristalino da UGTA II. Bairro do Caminho do Rio. Coordenada: 487906 m W/8504367 S 88815



Foto 8.85: Relevo suave a suave ondulado da UGTA II. Bairro do Caminho do Mel. Coordenada: 488631 m W/8503800 S



Foto 8.86: Vegetação da UGTA II. Estrada para o Bairro do Caminho do Mel. Coordenada: 488895 m W/8503812 S



Foto 8.87: Solos da UGTA II. Bairro do Caminho do Mel. Coordenada: 488338 m W/8503635 S



Foto 8.88: Substrato granulítico do Embasamento Cristalino da UGMC. Zona rural de Taperoá. Coordenada: 482879 m

ocupação humana com construções de casas e centros urbanos (Zona urbana e rural). Essa antropização é resultado do crescimento populacional ao longo dos anos e sua busca por terras produtivas que permitiu a expansão da zona rural do município de Taperoá. Essa expansão foi acompanhada da degradação quase completa da cobertura vegetal desse lugar, pelas atividades desenvolvidas, conforme será discutido a seguir.

8.7 Unidades Geoambientais da área de estudo

De acordo com o Decreto nº5.300 de 7 de Dezembro de 2004, unidade geoambiental é uma porção do território com comportamento similar entre seus aspectos físicos e bióticos (geologia,

geomorfologia, cobertura vegetal, solos), podendo abranger vários tipos de ecossistemas com suas respectivas interações.

A partir da definição e delimitação das unidades geoambientais, é possível identificar as regiões de maior suscetibilidade ambiental, sendo este conhecimento muito significativo para um bom planejamento do território e disciplinamento do uso e ocupação do solo de forma reduzir conflitos ambientais.

Neste trabalho, as Unidades Geoambientais foram individualizadas a partir da integração dos mapas geológico, geomorfológicos, e vegetação e Uso e Ocupação do Solo e Áreas Protegidas e informações de solo coletadas em campo, sendo sete na sua totalidade: Unidade Geoambiental dos Manguezais, Unidade Geoambiental dos Canais de Maré, Unidade Geoambiental dos



Figura 8.30: Relevo ondulado da UGMC. Estrada Para o povoado da Itiúba. Coordenada: 488631 m W/8503800 S



Foto 8.90: Vegetação da UGMC. Estrada para o povoado de Itiúba. Coordenada: 480784 m W/8498646 S



Foto 8.91: Solos da UGMC. Estrada para o povoado de Itiúba. Coordenada: 480636 m W/8498600 S

Terraços Costeiros, Unidade Geoambiental das Planícies Aluvionares, Unidade Geoambiental dos Tabuleiros Aplainados, conforme representadas no mapa da figura 23, na escala 1:25.000.

8.7.1 Unidade Geoambiental dos Manguezais (UGM)

Esta unidade é caracterizada por apresentar uma alta susceptibilidade ambiental, pela sua elevada sensibilidade a contaminação. Faz contato com os canais de maré e canais fluviomarinhos, marcando uma zona de transição entre os ambientes fluviais e de maré, sendo caracterizada por uma vegetação de mangue bran-

co exuberante instalada nas planícies de maré, sobre o substrato lamoso dos Depósitos de Manguezais de composição essencialmente argilosa de coloração escura, rica em matéria orgânica.

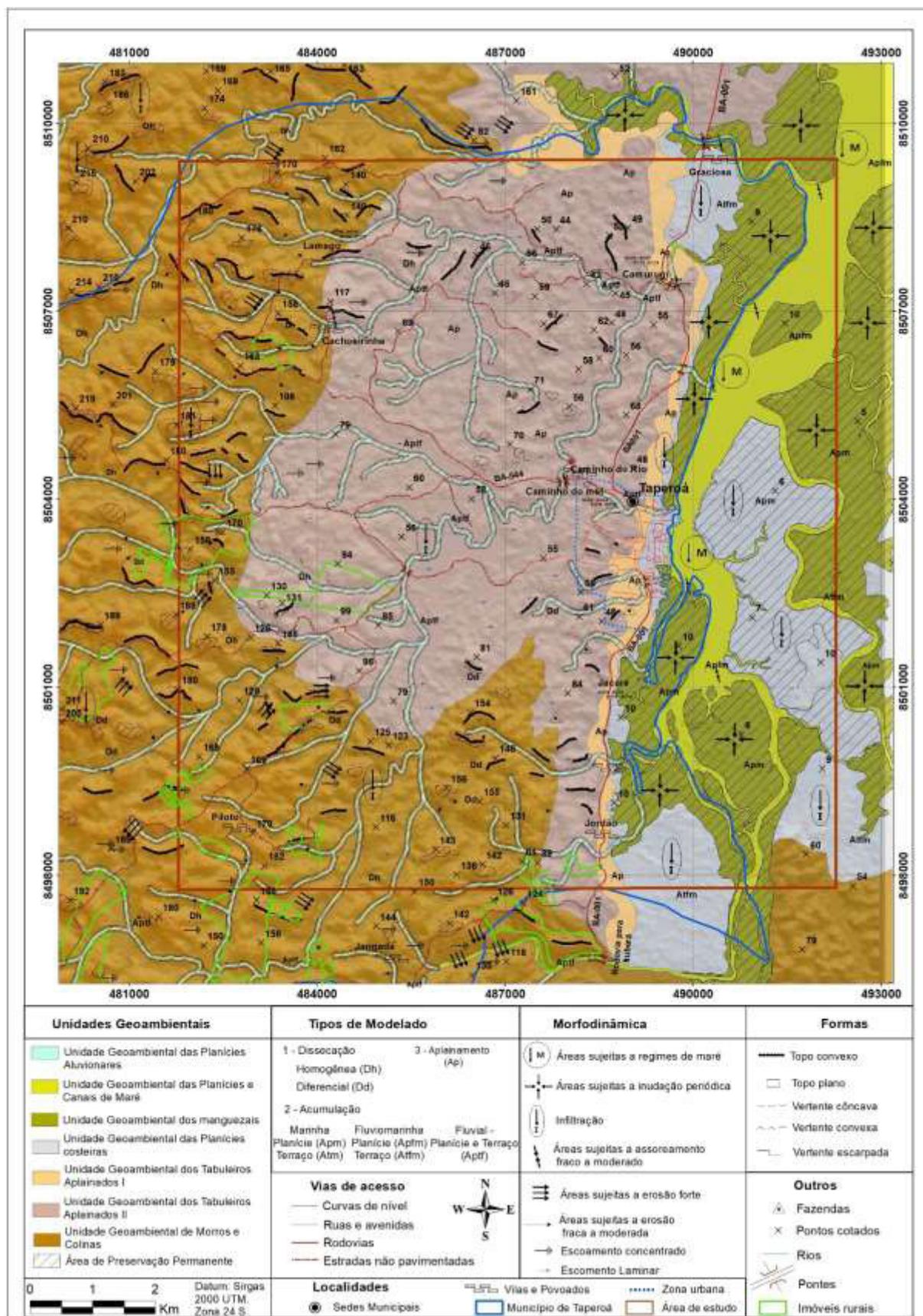
Estes locais possuem declividade baixa ($<5^\circ$), relevo plano, altitudes de 5 a 8 m, sendo áreas com alagamentos e inundações periódicas, devido a ação dos regimes de maré (oscilações), constituindo locais inadequados a ocupação humana.

As potencialidades dessa unidade são em relação as atividades de mariscagem artesanal, para extração de espécies que habitam esses locais como caranguejos, siris, aratus, ostras e lambretas, que são a base da alimentação da maior parte das comunidades de Taperoá. Pelo fato de serem Áreas de Preservação Permanente, recomenda-se a recuperação de locais degradados com alguma ocupação, manutenção, preservação e proteção ambiental contra qualquer ocupação humana, com fiscalizações, além de promover incentivos ao reflorestamento e preservação da vegetação da Vegetação de manguezal.

8.7.2 Unidade Geoambiental dos Canais e Planícies de Maré (UGCPM)

Esta unidade caracteriza-se por também apresentar uma alta susceptibilidade ambiental, estando em contato com as planícies aluvionares e planícies costeiras. Possui um relevo plano, com declividades baixíssimas (menores que 2°) e cotas menores que 3 metros, sendo bordejada pela vegetação de manguezal da foto 75. Possui um substrato variando de areno-argiloso a argilo-arenoso, podendo ser arenoso nas porções de acúmulo de areia (bancos de areia), gerado pela ação das correntes de maré, nos efeitos de enchente e vazante (regimes de maré).

Constitui a área de inundação periódica que obedece aos regimes de maré. Possui áreas sujeitas ao assoreamento devido



ao desmatamento das bordas dos canais de maré e também devido ao acúmulo de materiais areno-argilosos nas desembocaduras dos rios.

biental dos Manguezais, sendo caracterizado pela pesca, mariscação de animais para subsistência e comércio.

As potencialidades são similares aos da Unidade Geoam-

O mesmo serve para as limitações, sendo também áreas sujeitas a alagamentos e inundações periódicas e inadequado

a ocupação humana. É recomendável portanto a manutenção desses locais, preservação e proteção ambiental contra ocupação humana, com fiscalizações, já que são áreas de APP e representam áreas de elevada sensibilidade ambiental.

8.7.3 Unidade Geoambiental das Planícies Costeiras (UGPC)

Esta unidade faz contato a leste com a Unidade Geoambiental dos Manguezais e a oeste com a Unidade Geoambiental dos Tabuleiros Aplainados I, apresentando um relevo com altitudes de 5 a 11 m, com declividades variando de 3 a 7 graus. Possui um substrato arenoso, de granulometria média a grossa, de coloração acinzentada, produzindo solos areno-argilosos, onde se desenvolve solos arenosos porosos e permeáveis, onde se instalam uma vegetação rasteira, com alguns poucos indícios de vegetação de restinga bastante antropizada pela ocupação humana, com avanço em direção a esses locais (como no bairro de Graciosa) (Fotos 8.76 e 8.77).

É uma área sujeita a alagamentos eventuais devido à grande proximidade com o rio, com uma alta infiltração promovida pela natureza porosa do substrato, que favorece uma boa permeabilidade do terreno, sendo uma zona de baixa susceptibilidade a erosão superficial.

As potencialidades relacionadas a essa unidade são marcadas por terrenos bem drenados e planos, adequados a pastagem, com presença de aquíferos livres com potencial de uso restrito, por estar próximo a cunha salina, influenciadas pelos regimes de maré.

As limitações são caracterizadas por solos de baixa fertilidade, muito porosos e permeáveis, devendo ser evitada a urbanização, disposição de esgotos e lançamento de outros resíduos no ambiente, sendo ainda inadequados a agricultura, possuindo o lençol freático muito próximo da superfície, sendo bastante suscetíveis a contaminação.

Sendo esses locais muito próximos a Áreas de Preservação Permanente, recomenda-se a manutenção, preservação e proteção ambiental contra ocupação humana nesses lugares, com fiscalizações, recuperação da vegetação, além do controle ambiental de atividades minerárias.

8.7.4 Unidade Geoambiental das Planícies Aluvionares (UGPA)

Esta unidade está representada pelas planícies e canais fluviais, possuindo um relevo variando de 10 metros nas porções de baixo curso do rio, a 100 metros, alcançando cotas superiores a 150 metros a montante, nas porções mais elevadas, na Unidade Geo-

morfológica dos Morros e Colinas. Sua declividade é bastante variável, variando de 3 a 9° nas porções mais baixas em sentido a desembocadura dos rios, variando de 10 a 25° nas porções mais elevadas.

O substrato presente nessa unidade é caracterizado pelas rochas granulíticas do embasamento cristalino, ocorrendo também substrato arenosos e areno-argilosos, possuindo uma vegetação antropizada de mata ciliar da Zona de Cobertura Vegetal II, que bordejia os rios (Fotos 8.78 e 8.79).

As potencialidades desta unidade são marcadas por aquíferos livres, com potencial para águas subterrâneas e fonte de areia para exploração mineral para uso na construção civil.

As limitações impostas são caracterizadas por apresentarem terrenos inundáveis inadequados a ocupação, devendo esta ser evitada a disposição de resíduos sólidos e efluentes líquidos domésticos, visando a preservação da qualidade dos recursos hídricos nesses locais, pelo fato do nível do lençol freático encontrar-se muito próximo a superfície, sendo altamente suscetíveis a contaminação do rio.

Recomenda-se portanto, pelo fato de serem Áreas de Preservação Permanente, a recuperação da vegetação de Mata Ciliar, com reflorestamento da vegetação nativa, fiscalização contra ocupação dessas áreas, proibição de práticas agropastoris nessas áreas.

Constitui uma área de APP de rios, onde ocorrem as matas ciliares instaladas sobre as planícies fluviais que bordejam os rios, sendo uma zona de alta susceptibilidade ambiental. São locais sujeitos a inundação pelas cheias, áreas sujeitas ao assoreamento fraco a moderado e moderado a forte em alguns locais.

8.7.5 Unidade Geoambiental dos Tabuleiros Aplainados I (UGTA I)

Esta unidade é marcada pela porção mais rebaixada dos Tabuleiros Aplainados, com altitudes variando na sua predominância entre 25 e 60 metros, alcançando altitudes superiores a 80 metros em alguns locais indo na direção oeste. As declividades nessas regiões variam de 6 a 13°, ocorrendo também declividades acima de 15°, porém em menor proporção.

Possui um substrato caracterizado por rochas granulíticas foliadas da Unidade do Embasamento Foliado, que produz um solo de textura argilo-arenosa de coloração amarelo-avermelhada, derivada dos substratos dos granulitos do Embasamento Cristalinos, onde desenvolvem uma vegetação antropizada arbustiva de pequeno a médio porte (Fotos 8.80 a 8.83).

A morfodinâmica nessa unidade é caracterizada por ocorrências de pequenas colinas de topo plano e vertentes côncavo

-convexas e escarpadas em alguns locais como no interior da zona urbana, próximo ao cemitério e possui áreas sujeitas a erosão fraca a moderada. Apresenta um modelado de aplainamento, resultante dos processos erosivos que geraram os domínios dessa unidade mais rebaixados e aplainados.

Com relação as potencialidades desta unidade, possui solos com fertilidade baixa a moderada, adequados a ocupações diversas como urbanização, obras viárias, agricultura irrigada e pastagem, baixa suscetibilidade a erosão, havendo pouca restrição de uso destas regiões. Recomenda-se incentivos a agropecuária nesses locais, incentivos ao reflorestamento e preservação da vegetação remanescente

8.7.6 Unidade Geoambiental dos Tabuleiros aplainados II (UGTA II)

Esta unidade é bastante similar a anterior, diferenciando-se em relação a altitude, por dominar um relevo mais alto, variando de suave ondulado a ondulado na sua maior parte, com ocorrências do relevo plano e forte-ondulado. Possui cotas variando entre 60 e 100 metros, sendo alguns lugares com elevações superiores a 100 m. Possui uma declividade predominando entre 6 e 20 graus, com alguns lugares alcançando declividades entre 25 e 30°.

Este relevo está desenvolvido sobre o substrato do Embasamento Cristalino, composto de granulitos, com uma vegetação de pequeno a médio porte arbustiva antropizada, que se instala sobre os Argissolo Vermelho-Amarelo Distróficos (Fotos 8.84 a 8.87).

Possui também em alguns locais e em menor proporção, zonas de modelado de dissecação homogênea, devido aos processos de entalhamento vertical dos corpos hídricos superficiais. Possui áreas sujeitas a erosão fraca a moderada, áreas sujeitas ao assoreamento, devido o escoamento superficial concentrado nas zonas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal instalada.

Apesar dessas condições, de forma geral o tipo de solo associado a cobertura vegetal presente nesta unidade favorece uma infiltração moderada, o que aumenta a permeabilidade do mesmo, reduzindo assim, o escoamento superficial e, conseqüentemente os efeitos da erosão forte.

As potencialidades dessa unidade são caracterizadas por solos com fertilidade moderada, adequado a agricultura e pastagem nas porções de relevo e declividade baixa e lugares poucos suscetíveis a erosão.

Em relação as limitações, existem áreas de suscetibilidade a erosão nas zonas de declividades mais altas, terrenos suscetíveis a inundação nas porções mais baixas e planas próximas a drenagens e baixo potencial hidrogeológico, por constituírem regiões de altitudes elevadas.

Recomenda-se incentivos a agropecuária nos locais de baixa

declividade e pouco suscetíveis a erosão, além de incentivos ao reflorestamento e preservação da vegetação remanescente.

8.7.7 Unidade Geoambiental dos Morros e Colinas (UGMC)

Esta unidade é definida por seus relevos mais altos, predominando o relevo forte-ondulado (declividades 20-45°), chegando a apresentar relevo montanhoso em alguns locais (declividades superiores a 45°), constituindo terrenos bastantes dissecados em relação ao restante da área, marcado por entalhamento vertical mais acentuado. Esse relevo é desenvolvido sobre o substrato do Embasamento Cristalino, constituídos por granulitos, com uma vegetação de médio a grande porte, relacionado a Zona de Cobertura Vegetal I e II, instalada sobre Argissolos e Latossolos.

Essa Unidade alcança cotas superiores a 100 metros, podendo ultrapassar os 200 metros nas porções extremo oeste da área estudada. Essas elevadas altitudes abrigam muitas APP de morro e de nascentes, que devem ser preservadas. Essa unidade é portadora de uma paisagem muito suscetível a erosão forte e ao assoreamento forte quando desmatada, devido o relevo ser muito movimentado, tendo muitas áreas com escoamento concentrado, devendo ser preservada a vegetação das encostas e a vegetação bordejante aos rios. Há ocorrências de zonas de infiltração em alguns locais, de relevo alto com a cobertura vegetal mais densa, constituindo áreas de recarga de aquíferos e zonas de nascentes (Fotos 8.88 a 8.91).

As limitações encontradas nesta unidade são em relação às zonas de suscetibilidade a erosão e assoreamento moderado a forte nas vertentes mais declivosas, e baixo potencial hidrogeológico, devido ao nível freático encontrar-se mais profundo, não sendo recomendável para perfuração de poços.

Essas áreas por apresentarem muitas APPs, devem ser protegidas, sendo recomendadas a criação de reservas, visando a preservação de nascentes e vegetação nativa remanescente. Essa unidade possui potencial para turismo e recreação.

Referências

- ANJOS, J. A. S. A. Geologia Ambiental. Disciplina de Graduação em Geologia. UFBA. Salvador, 2017.
- BRASIL. Lei Nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm> Acesso em 28-NOV-2017
- BRASIL. Lei nº10.257 de 10 de Julho de 2001. Estabelece as di-

- retrizes gerais para a política urbana. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: 19-JAN-2018.
- BRASIL. Lei nº12.305 de 02 de Agosto de 2010. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 05-JAN-2018.
- DOMINGUEZ, J. M. L. CORRÊA-GOMES, L. C. Avaliação da Potencialidade Mineral e Subsídios Ambientais para o Desenvolvimento Sustentável dos Municípios da Costa do Dendê. Salvador, BA. 2011. Projeto Costa do Dendê.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília. 2012. Universidade de Brasília. Disponível em: < <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 19-JAN-2018.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – USGS. Imagens do Sensor Aster, Satélite Terra. Disponível em: < <http://glovis.usgs.gov/>>, Acesso em: 10-jun-2017.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – USGS. Imagens do Satélite Landsat 8, Sensor OLI/TIRS. Disponível em: < <https://earthexplorer.usgs.gov/> >, Acesso em: 10-Jun-2017.
- SILVA, C. R da; DANTAS, M. E. Mapas Geoambientais. Rio de Janeiro. 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geodiversidade/mapas_geoambientais_SCGG.pdf> Acesso em: 10-JAN-2018. 06:48h.
- VEDOVELLO, R. Aplicações da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Planejamento Urbano. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. São Carlos, SP. 2004. Mesa redonda.
- Planejamento Urbano. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. São Carlos, SP. 2004. Mesa redonda.

9

Proposições para criação da APA da Barragem de Morrinhos localizada no município de Poções/BA.

Proposition for the creation of the Morrinhos Dam Environmental Protected Area (APA) in the municipality of Poções / BA.

Marcela Lima Ferreira

José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos

O atual cenário de escassez hídrica no Nordeste, como é o caso dos municípios baianos que têm constantemente decretado situação de emergência por motivo de seca ou estiagem, exige dos gestores uma nova postura no gerenciamento desse recurso, tão essenciais ao desenvolvimento de atividades econômicas locais. Para tanto, o gerenciamento voltado para preservação e conservação do aporte hídrico e de sua qualidade. Assim, considera-se que por meio da criação da APA da Barragem de Morrinhos, prevista no PDDU de Poções, seja possível promover a preservação e a conservação da qualidade ambiental do manancial de abastecimento de água da cidade, desde que adotadas medidas efetivas de gestão ambiental. Diante deste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo propor a delimitação e o zoneamento ambiental da APA da Barragem de Morrinhos. A delimitação proposta para a APA, foi a bacia hidrográfica do Rio das Mulheres até o trecho do barramento, considerando que é nesse local que ocorrem as interações que afetam diretamente a qualidade ambiental do manancial, além de ser apontada como a unidade básica de planejamento territorial de diversas políticas públicas. As proposições apresentadas configuram-se como o ponto de partida para a instituição e implementação da Unidade de Conservação Municipal, sendo que o sucesso da gestão ambiental da área dependerá da capacidade do gestor em articular com a comunidade local, diversas lideranças e associações que dependem dos recursos naturais da área.

Palavras-chave: APA, PDDU, Planejamento da Oferta, Gestão Ambiental, Delimitação e Zoneamento, Barragem de Morrinhos.

The current scenario of water scarcity in northeastern Brazil, as is the case with municipalities that have constantly declared emergency situation due to drought, requires managers to take a new stance in the management of this resource, so essential to the development of local economic activities. It requires, therefore, management aimed at preserving and conserving the water supply and its quality. Thus, it is considered that through the creation of the Morrinhos Dam APA, predicted by the local PDDU, it is possible to promote the preservation and conservation of the environmental quality of the city's water supply, provided that effective environmental management measures are adopted. Given this context, the present paper aims to propose the delimitation and environmental zoning of the Morrinhos Dam APA. The proposed delimitation for the APA was the hydrographic basin of the Rio das Mulheres river up to the limits of the dam, considering that it is here that the interactions that most directly affect the environmental quality of the source occur, in addition to being identified as the basic unit of various territorial public policies. The proposals presented here represent the starting point for the implementation of the Municipal Conservation Unit, and the success of the area's environmental management will depend on the manager's ability to articulate with the local community, leaders and organizations that depend on the natural resources of the area.

Keywords: APA, PDDU, Supply Planning, Environmental Management, Delimitation and Zoning, Morrinhos Dam.

M.L. Ferreira

Engenheira sanitária e ambiental. e-mail: marcelalima.eng@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

9.1 Introdução

O Município de Poções, localizado na região Sudoeste da Bahia, distante 450 Km de Salvador, tem decretado situação de emergência por motivo de seca ou estiagem, desde 2009 em sequência ininterrupta, segundo a série histórica de reconhecimentos realizados pela Secretaria Nacional de Defesa Civil. Situação semelhante tem sido registrada em municípios circunvizinhos, como é o caso de Bom Jesus da Serra, Manoel Vitorino, Planalto, Mirante e Boa Nova.

A situação de emergência por conta da seca e estiagem não é a única variável em comum entre esses municípios da região Sudoeste da Bahia. Todos eles dependem significativamente do mesmo manancial de abastecimento de água, a saber o Rio das Mulheres, onde existe uma barragem construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), em 1957, destinada ao abastecimento humano e irrigação.

Diante desse contexto, torna-se imperativa a necessidade de realização de uma gestão eficiente desse recurso hídrico, voltada para o gerenciamento da oferta, prevenção do dano ambiental, integração com outras políticas públicas e correção de problemas, visão defendida por autores como Tundisi (2006). Para Lima et. al. (2000), trata-se de um convite à mudança de visão imediatista de resolução de situações emergenciais, passando a buscar um caráter mais preventivo, que vise cenários futuros que garantam a manutenção dessa disponibilidade. Tal visão é diferente daquela comumente adotada no gerenciamento da oferta de água para o abastecimento público, voltada ao equacionamento do problema da demanda por meio da exploração de novos mananciais cada vez mais distantes.

O gerenciamento da oferta visa antecipar e dirimir conflitos entre demandas do mesmo e de diferentes setores econômicos, incluindo as demandas de proteção ambiental e as demandas para atuais e futuras gerações. Assim, os diversos gerenciamentos de oferta não podem ser realizados de forma isolada, já que o uso ou a proteção de um elemento pode comprometer quantitativa ou qualitativamente outro elemento ambiental e/ou alterar a demanda sobre o mesmo (LANNA, 2000).

Desse modo, para promover a compatibilização entre as diversas demandas e a oferta hídrica, faz-se necessário definir uma unidade de planejamento e de intervenção, aliada a estratégias e instrumentos de gestão ambiental que promovam o gerenciamento eficiente dos recursos ambientais integrando aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos.

A Prefeitura Municipal de Poções, através da Lei nº 950 de 25 de janeiro de 2011, que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) do Município de Poções/BA, prevê a criação da APA da Barragem de Morrinhos, com o objetivo de promover a preservação e a conservação da qualidade ambiental

do manancial de abastecimento de água da cidade.

A Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências, foi o primeiro instrumento legal publicado que prevê no seu artigo 8º a criação de APA:

O Poder Executivo, quando houver relevante interesse público, poderá declarar determinadas áreas do Território Nacional como de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais (BRASIL, 1981, Art. 8º).

Em 2000, foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), por meio da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, incluindo a APA como uma categoria de Unidade de Conservação. A mesma lei caracteriza unidade de conservação como:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000, Art. 2º, Parágrafo I).

As unidades de conservação que integram o SNUC dividem-se em dois grupos, a saber: de Proteção Integral e de Uso Sustentável. O primeiro visa preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais com exceção de alguns casos previstos em lei. Já o segundo se propõe a compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

A APA é uma categoria de Unidade de Conservação do grupo de Uso Sustentável, que segundo a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu Artigo 15º, “pode ser constituída de terras públicas ou privadas, em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas”.

A instituição de uma APA por meio de ato público do Poder Executivo, tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Assim, destaca-se que para a criar uma APA, diferentemente de outras categorias de Unidades de Conservação, não se faz necessário desapropriar a população de suas terras ou impedir o desenvolvimento local, contudo, são estabelecidas normas, limitando ou proibindo a realização de certas atividades previstas em lei, que possam gerar prejuízos ambientais aos proprietários e à coletividade.



Fig. 9.1 – Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Poções e Bom Jesus da Serra: Adutora (A), ETA (B), Estação Elevatória (C) e Reservatórios Elevados (D) . Fonte: PMSB de Poções – BA, 2015.

Para tanto, o SNUC estabelece em seu artigo 15º e parágrafo 5º, que as Áreas de Proteção Ambiental devem dispor de um conselho presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente no território da área protegida.

Na prática, a instituição de uma APA pode ser entendida como um sistema de gestão integrada e participativa, tendo o Plano de Manejo como um dos principais instrumentos de gestão, que segundo o SNUC é

o documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (BRASIL, 2000, Art. 2º, Parágrafo XVII).

Assim sendo, o alcance dos objetivos pretendidos com a criação de uma APA está estritamente relacionado com a implementação dos instrumentos de gestão ambiental previstos no SNUC, com destaque para o Plano de Manejo, através do qual será estabelecido o zoneamento da unidade, o ordenamento do uso e ocupação do solo, a minimização e a eliminação de impactos ambientais.

Portanto, o presente artigo pretende propor diretrizes para a criação da APA da Barragem de Morrinhos, tendo em vista que até o momento, a referida APA não foi criada por meio de ato do Poder Executivo local, com definição de sua delimitação e o Zoneamento Ecológico- Econômico, parte integrante do Plano de Manejo. Para tanto, será proposta a delimitação da APA e a definição de zonas ambientais, com vistas a garantir a oferta de água para a atual e futuras gerações dos municípios de Poções, Bom Jesus da Serra, Mirante, Manoel Vitorino, Boa Nova e Planalto, diante do atual cenário de degradação ambiental que tem se instalado como consequência da ausência de instrumentos normativos específicos para a área, aliada à baixa efetividade das ações de fiscalização ambiental por parte do órgão municipal competente.

9.2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do presente trabalho realizaram-se pesquisas bibliográficas acerca do tema, busca de informações em campo junto à Prefeitura Municipal de Poções, entrevistas com a comunidade e representantes da sociedade civil organizada, além da utilização de imagens de satélite para elaborar o mapeamento de uso e ocupação do solo do área de estudo e propor a delimitação e o zoneamento ambiental.



Fig. 9.2 – Barragem de Morrinhos: vertedouro (A) e ponto de captação de água na área alagada a montante do barramento(B) Fonte: PMSB de Poções – BA, 2015.



Fig. 9.3 – Reservatório utilizado no abastecimento dos veículos transportadores (carros-pipa) (A) e estacionamento dos veículos (B). Fonte: PMSB de Poções – BA, 2015.

O mapeamento da caracterização ambiental foi realizado a partir de bases de dados disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e do Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental (GeoBahia).

Foram utilizados recursos de SIG (Sistema de Informações Geográficas) aplicados para elaboração da poligonal da APA e seu zoneamento. Os softwares utilizados na elaboração das bases e tratamento dos dados espaciais foram o Google Earth PRO e o ArcGIS V. 10.2.

9.3 Discussão

O Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA), operado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa), responsável por atender os municípios de Poções e Bom Jesus da Serra, capta 110,7 L/s no Rio das Mulheres, pertencente à Bacia do Rio de Contas, por meio de barragem de acumulação,

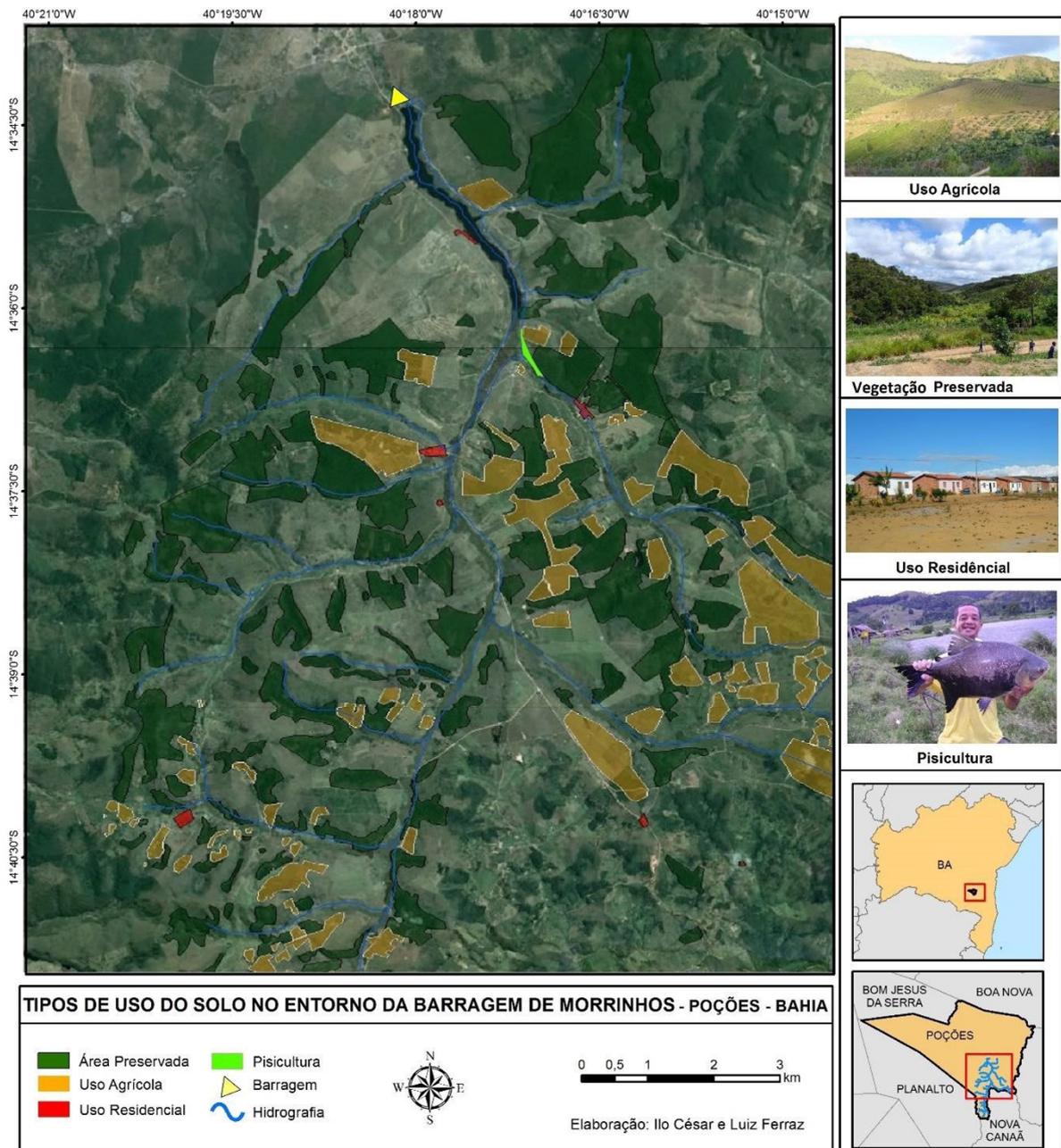
conhecida como Barragem de Morrinhos.

Segundo a Embasa, o SIAA é composto por 3.124 metros de adutora de água bruta, 1 estação elevatória de água bruta, 33.160 metros de adutora de água tratada, 5 estações elevatórias de água tratada, 6 reservatórios com capacidade total de armazenamento de 1.800 m³, estação de tratamento de água do tipo convencional (Ciclo Completo) com capacidade nominal de 400 m³/h (111 L/s), conforme apresentado na Figura 10.1.

Segundo o último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município de Poções possui 44.701 habitantes, sendo 77,5% residente na área urbana e 22,5% na área rural. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do total de habitantes do município, em 2013, cerca de 85% da população era atendida pelo sistema da Embasa.

Já o município de Bom Jesus da Serra, possui 10.113 habitantes, segundo o IBGE (2010), sendo 27,3% da população residente na área urbana e 72,7% na área rural. O sistema da Embasa é responsável por atender 39% da população, segundo o

Fig. 9.4 – Tipos de Uso do Solo no entorno da Barragem de Morrinhos



SNIS (2013). A Barragem de Morrinhos foi construída em 1957 e possui capacidade de armazenar 3.110.000 m³ e 467.000 m³ de volume morto, segundo o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Nas proximidades da barragem, existe um reservatório apoiado que faz parte das antigas instalações da Estação de Tratamento de Água da Embasa, que atualmente é utilizado no armazenamento de água bruta captada no Rio das Mulheres (Figura 9.3). É a partir desse reservatório, que os veículos transportadores (carros-pipa) são abastecidos, e a água segue para ser distribuída à população atingida pelo déficit hídrico.

Esse tipo de solução de abastecimento de água, de caráter emergencial, é responsável por atender à demanda da zona rural de Poções e de outros municípios, como Bom Jesus da Serra,

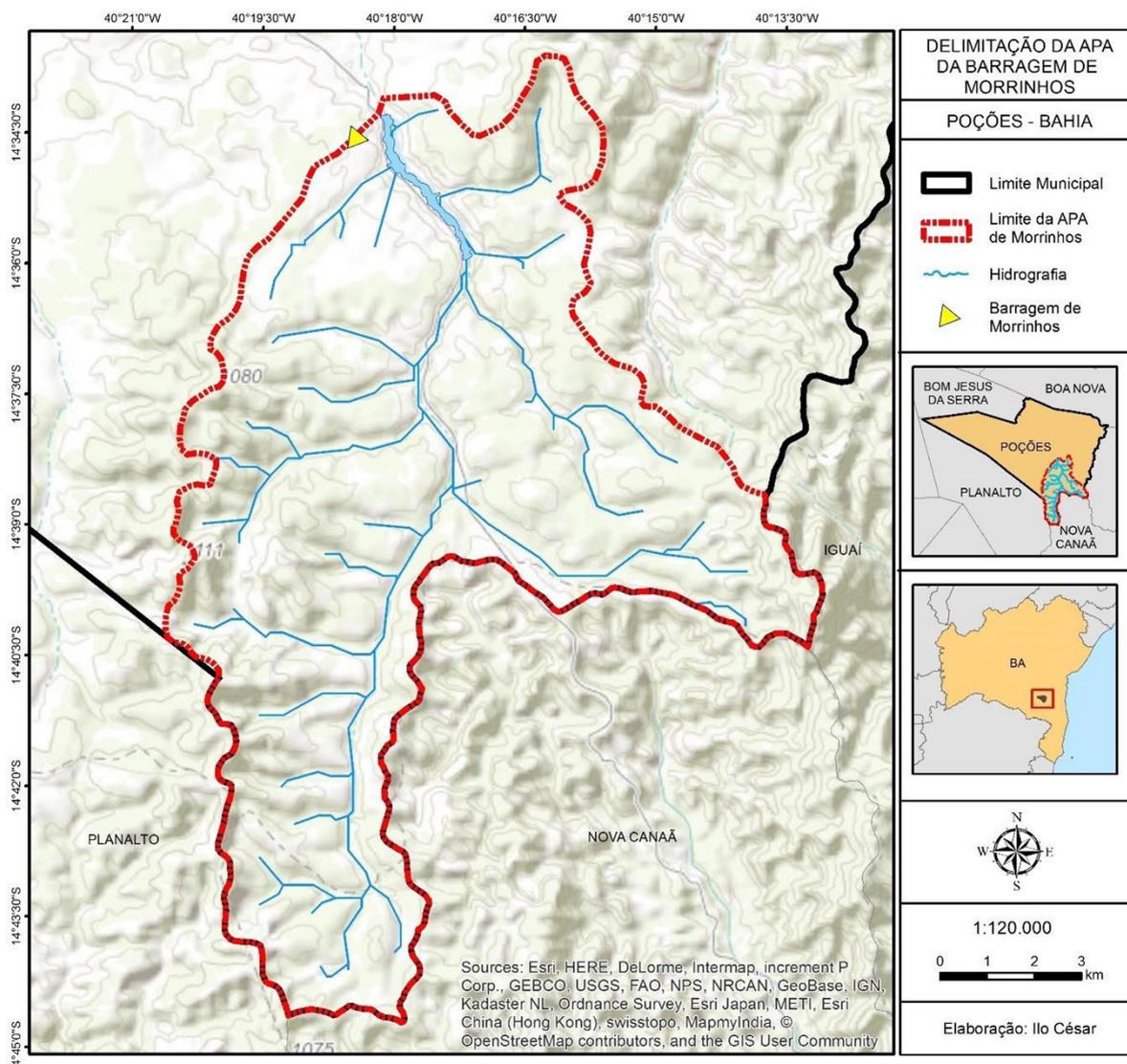
Mirante, Planalto e Boa Nova, totalizando cerca de 42.290 habitantes (Tabela 9.1).

Tabela 9.1 - População rural dos municípios circunvizinhos beneficiados pelo Rio das Mulheres

Município	População Rural	Proporção Rural (%)
Boa Nova	9.607	62%
Bom Jesus da Serra	7.345	73%
Mirante	8.698	83%
Manoel Vitorino	7.028	49%
Planalto	9.612	39%
Total	42.290	-

Fonte: IBGE, 2010.

Fig. 9.5 – Proposta de Delimitação da APA da Barragem de Morrinhos



Dentre esses municípios, até apuração de novembro/2015, apenas Boa Nova ainda não decretou situação de emergência por conta da seca, segundo a Secretaria Nacional de Defesa Civil (2015). Os dados revelam que o percentual de população atingida corresponde exatamente à área rural dos municípios, atingindo níveis elevados, como é o caso dos municípios de Mirante (83%) e Bom Jesus da Serra (73%).

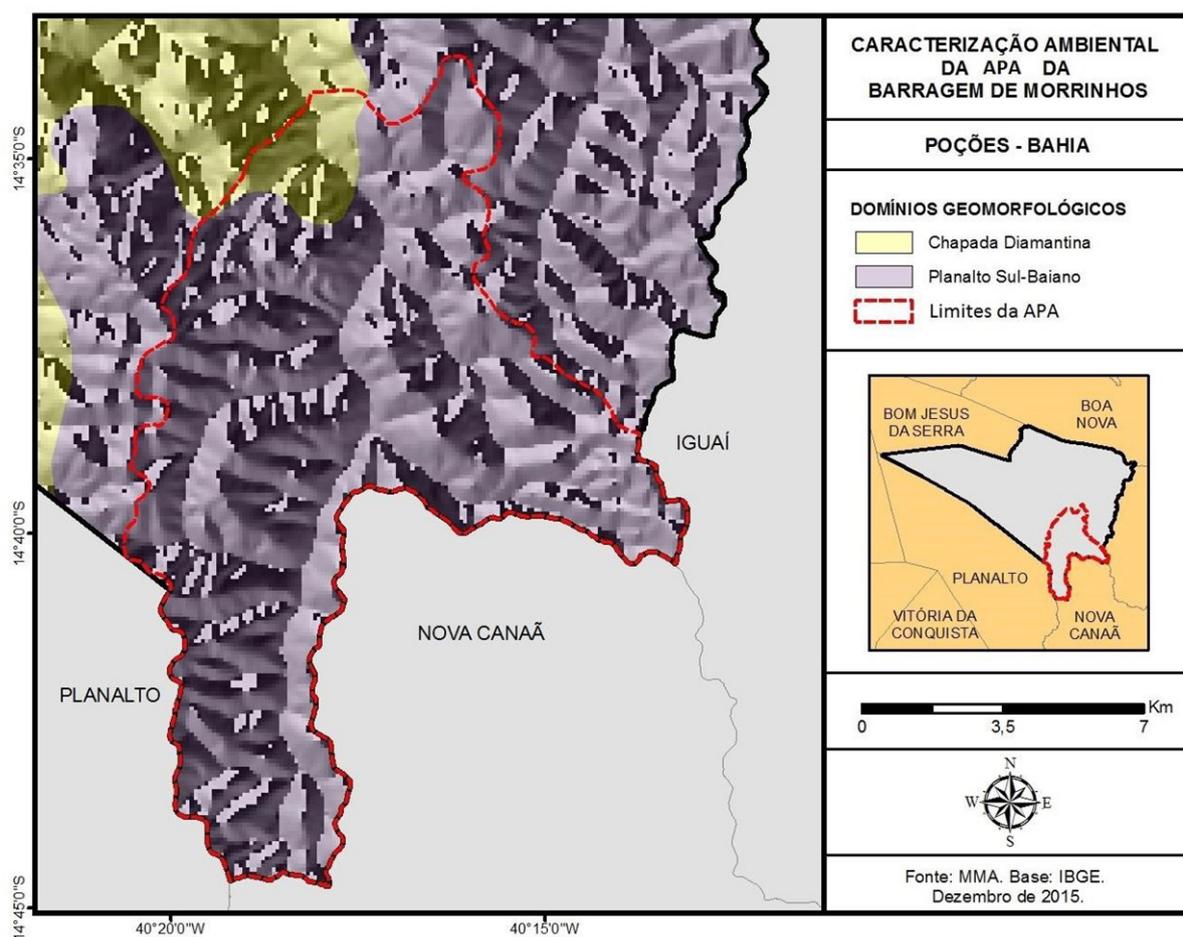
Mesmo diante de uma situação tão crítica e da relevância do Rio das Mulheres para o abastecimento de água local e regional, segundo informações do Relatório de Análise e revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Poçoões (2006), o entorno da Barragem de Morrinhos é uma das áreas mais sensíveis do município no tocante à questão ambiental.

As nascentes dos afluentes ao Rio das Mulheres têm sua qualidade comprometida devido às queimadas e desmatamentos que são praticados na região, bem como devido à ocupação domiciliar nas proximidades, como é o caso das localidades Serra da Balança, Urucu e Três Barras.

Às margens da barragem desenvolve-se a agropecuária utilizando-se de suas águas para a irrigação e dessedentação animal. Devido à retirada da mata ciliar, quantidade considerável de materiais são carreados para o seu leito, tais como: insumos agrícolas das lavouras - pesticidas, herbicidas, adubos químicos -, excrementos e restos de animais mortos abandonados nas suas margens. Soma-se a tudo isto, a ocupação irregular demonstrando a falta de conhecimento da população no que diz respeito às áreas de preservação e/ou devido à falta de fiscalização do gestor público municipal. Associado a isso, ao longo do curso dos afluentes são construídas pequenas barragens (PDDU, 2006).

A ocupação atual das terras é predominantemente agropecuária, destacando-se as pastagens com criação de bovinos, equinos e caprinos. Com relação à agricultura, destacam-se as culturas de café, mandioca, cana de açúcar, feijão, milho, tomate, banana, maracujá, eucalipto e o cultivo de hotaliças. A piscicultura também é desenvolvida na área através de tanques específicos.

Fig. 9.6 – Geomorfologia da APA da Barragem de Morrinhos



Entre as atividades minerais, destacam-se a extração de argila para a fabricação de cerâmica, e extração de cascalho para ser utilizado na recuperação de estradas vicinais.

O desenvolvimento de tais atividades no entorno da barragem tem sido acompanhado pela supressão da vegetação nativa e da mata ciliar no entorno do açude, mas ainda existe remanescente de vegetação preservada ou pouco alteradas.

A Figura 4 apresenta os tipos de uso predominantes, mapeado na escala de 1:80.000, utilizando software Google Earth Pro, exceto as atividades de mineração, pois não foi possível identifica-las a partir das imagens de satélite.

10.4 Resultados

Proposta de Delimitação da APA da Barragem de Morrinhos

A APA da Barragem de Morrinhos, prevista no PDDU do Município de Poções, pretende promover a preservação e conservação da qualidade ambiental do manancial de abastecimento de água do Rio das Mulheres encontra subsídio legal no artigo 8º do SNUC, no qual autoriza o Poder Executivo, quando houver relevante interesse público, declarar determinadas áreas do Território Nacional como de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas e conser-

var ou melhorar as condições ecológicas locais.

Assim, considerando o objetivo da APA e seu elemento natural determinante para sua criação, o Rio das Mulheres até o barramento instalado pelo DNOCS, propõe-se a bacia hidrográfica da Barragem de Morrinhos como parâmetro de delimitação da APA, considerando que é neste local que ocorrem as interações que afetam diretamente a qualidade ambiental do manancial.

A bacia hidrográfica é apontada como a unidade básica de planejamento territorial de diversas políticas públicas, como é o caso da Política Agrícola instituída pela Lei Federal nº 8.171 de 17 de janeiro de 1991, onde prevê que para o planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais deve ser considerada a bacia hidrográfica.

Do mesmo modo, Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, assume a bacia hidrográfica como “a unidade territorial para implementação da política nacional e atuação do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos”. Para a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 11.612 de 8 de outubro de 2009) “a bacia hidrográfica é a unidade territorial definida para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, devendo ser articulada com a política de Territórios de Identidade”.

Fig. 9.7 – Declividade da APA da Barragem de Morrinhos

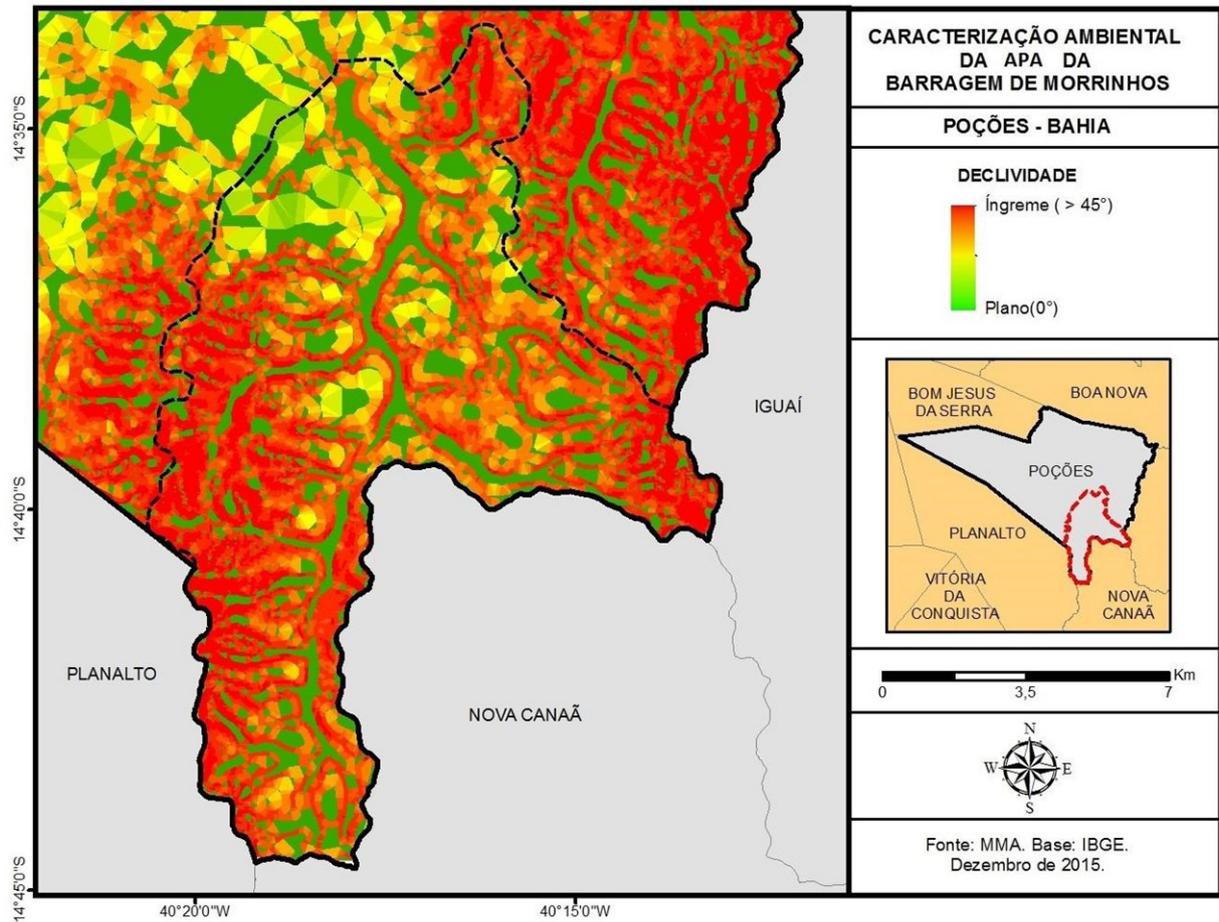


Fig. 9.8 – Elevação da APA da Barragem de Morrinhos

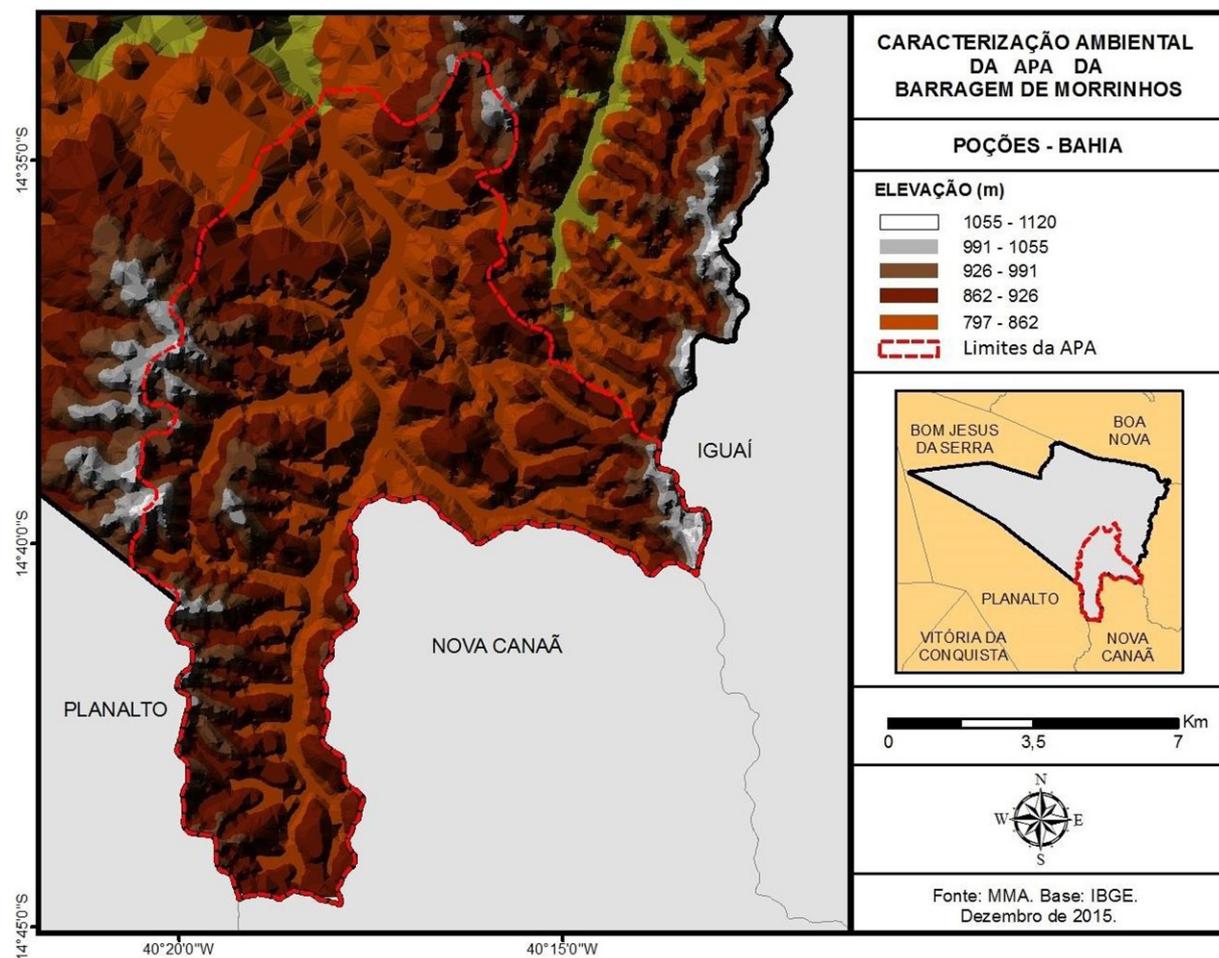


Fig. 9.9 – Geologia da APA da Barragem de Morrinhos

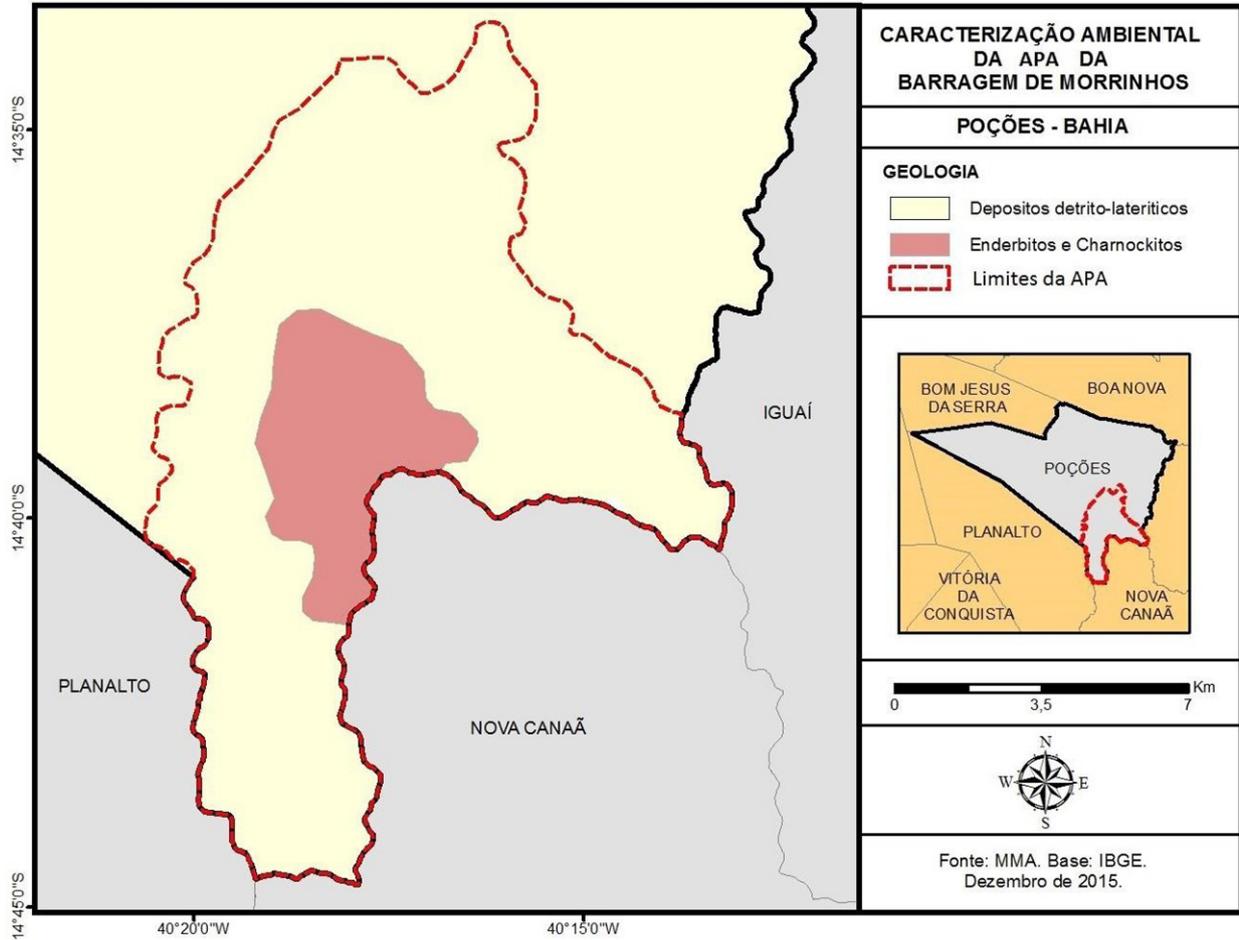


Fig. 9.10 – Pedologia da APA da Barragem de Morrinhos

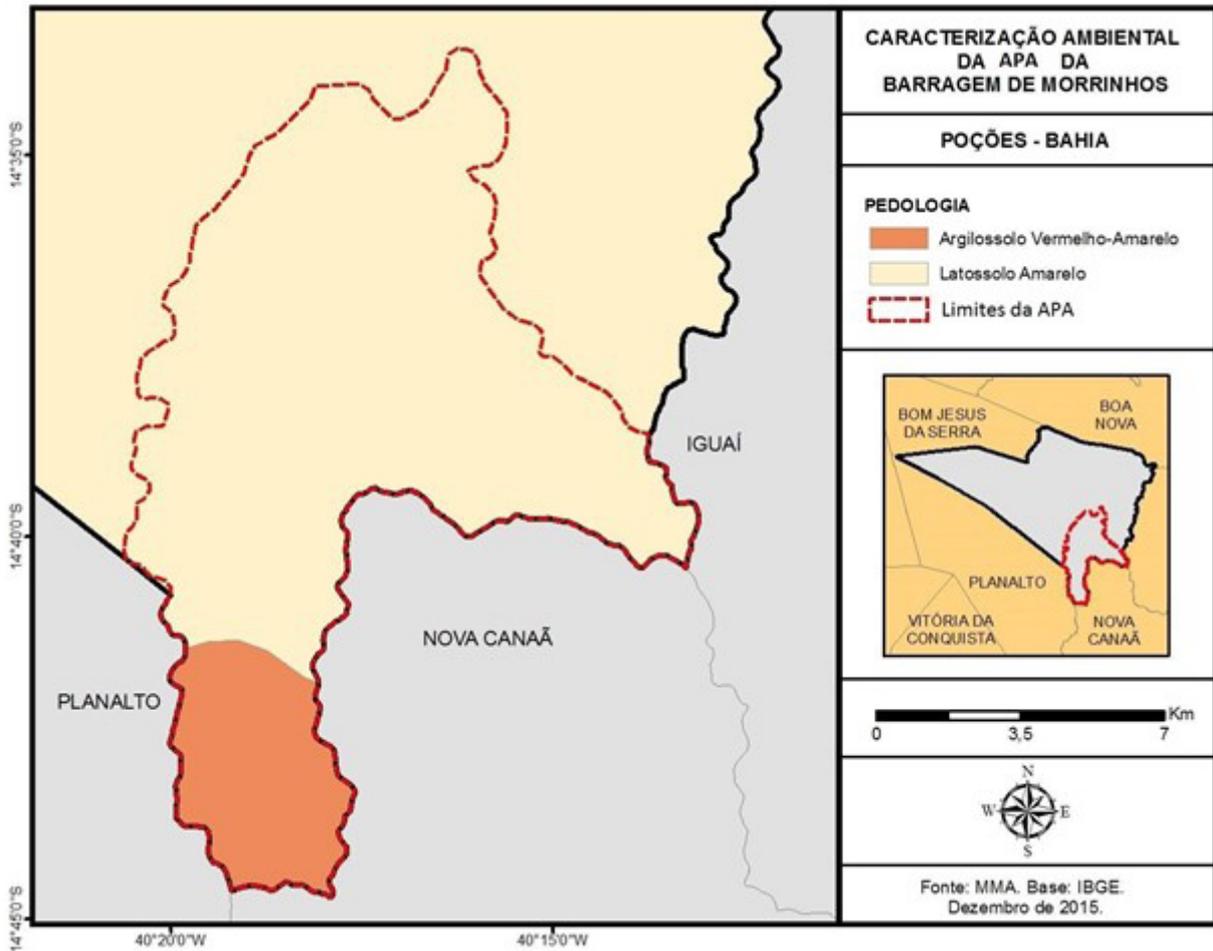
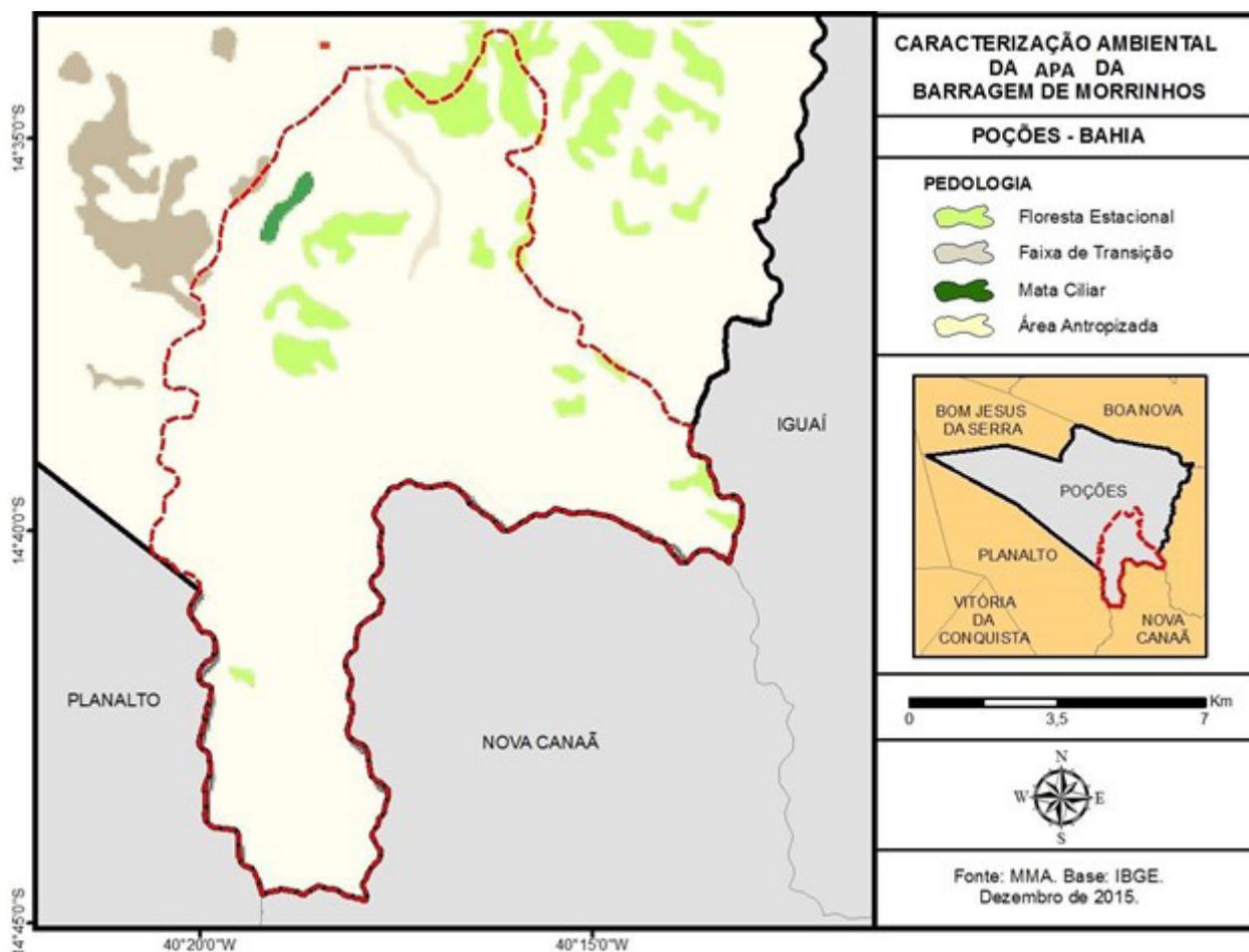


Fig. 9.11 – Vegetação da APA da Barragem de Morrinhos



A APA da Barragem de Morrinhos, cuja delimitação está apresentada na Figura 5, na escala 1:120.000, está integralmente situada na zona rural do município, possui cerca de 12.332 ha e perímetro de 70 Km. Os principais povoados que estão inseridos em seus limites, são: Morrinhos, Três Barras, Fecho do Morro, Tarugo, Palmeiras, Uruçu, Fomento, Barrio Branco, Bernadinho e Assentamento União.

Proposta de Zoneamento da APA da Barragem de Morrinhos

Para viabilizar a proposição do zoneamento ambiental da APA da Barragem de Morrinhos, foi realizada uma caracterização da área por meio de levantamentos que inclui mapas impressos na escala 1:175.000 contendo os limites da APA, pedologia, geologia, declividade, hipsometria, geomorfologia e vegetação. Vale ressaltar que a escala adotada, constitui um fator limitante quanto à apresentação das informações.

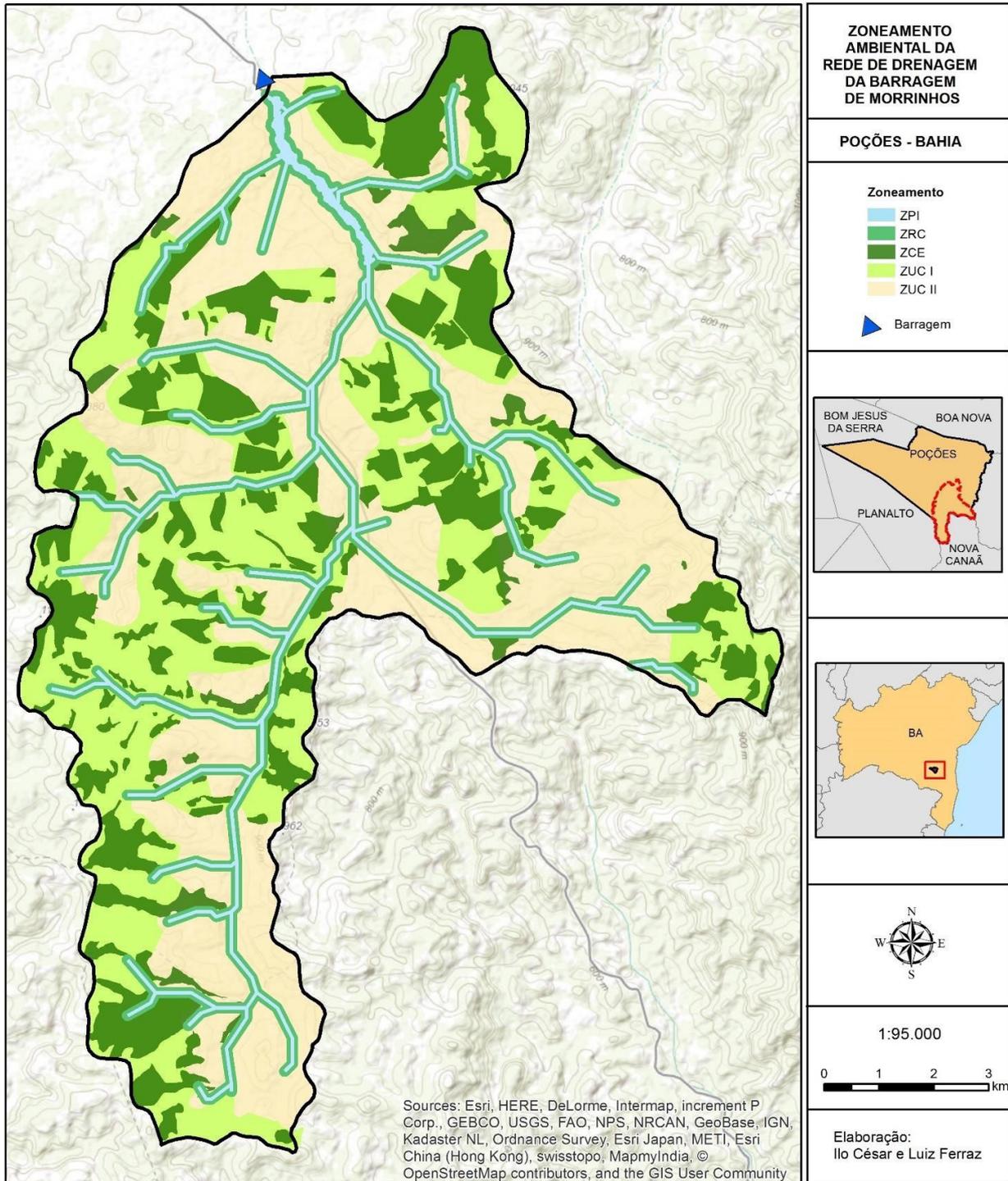
De maneira geral, no município de Poções a temperatura oscila entre 16 e 28 °C durante o ano, sendo que, nos meses de novembro a março são verificadas as maiores temperaturas.

Os meses mais chuvosos em Poções vão de novembro a março, chegando a uma precipitação média de 135 mm no mês de dezembro. A menor precipitação normalmente ocorre em setembro, registrando média que foi 39 mm (CLIMATEMPO, 2015).

A geomorfologia da APA da Barragem de Morrinhos (Figura 10.6) é marcada pela presença de duas unidades geomorfológicas, os Planaltos Sul Baianos e a Chapada Diamantina, sendo a primeira com maior ocorrência. Marcado pela presença de numerosos vales, essa unidade predominante na área de estudo é constituída, quanto ao aspecto geomorfológico, principalmente por interflúvios representados por planos estruturais inclinados e desnudados, onde a rocha aflora, ou acha-se próxima da superfície (IBGE, 2009).

A partir da Figura 10.7, é possível perceber que as vertentes possuem, de modo geral, inclinações que superam 45° com desníveis que podem alcançar 200 metros. Tais configurações geomorfológicas proporcionam na rede de drenagem o aumento do escoamento superficial, cuja vista as características de declividade associado a própria estrutura geológica da região. As áreas mais planas, de maneira geral, são pouco expressivas e encontram-se antropizadas. Essas áreas de baixa declividade, com ocorrência na região noroeste da área de estudo, próximo ao barramento, propiciam maior infiltração da água no solo, que

Fig. 10.12 – Proposta de Zoneamento para a APA da Barragem de Morrinhos



por conseguinte contribui para a recarga de água subterrânea.

Na APA da Barragem de Morrinhos, ocorre a presença de um relevo montanhoso, onde as altitudes encontram-se quase sempre acima dos 800 metros e embora nos vales essas altitudes possam alcançar de 700 a 800 metros, nos topos dos vales é possível identificar áreas mais elevadas que chegam a 1120 metros de altitude (Figura 9.8). Esta conformação proporciona, em relação à hidrografia, uma drenagem dendrítica, marcada pela grande quantidade de nascentes e de cursos de primeira ordem (classificação de Strahler) o que pode ser identificado do ponto de vista ecossistêmico como pontos de fragilidade ambiental,

sobretudo em períodos de escassez.

Analisando as características geológicas, na área de estudo estão compreendidas as litologias intituladas Depósitos Dentritico-Lateríticos e Enderbitos e Charnokitos (Figura 9.9). Essas litologias possuem gênese e desenvolvimento com base no intemperismo físico-químico atuante sobre as rochas pré-existentes.

As principais características desse tipo de material, em grande parte inconsolidado, deve-se ao fato de se desenvolveram em solos intemperizados encontrados principalmente nas regiões tropicais do mundo. Os minerais encontrados são mui-

tas vezes umedecidos e ricos em óxidos de alumínio e de ferro (IBGE, 2009).

Segundo o mapeamento de solos do Nordeste, elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), os tipos de solos existentes na área, são o Latossolo Amarelo e o Argissolo Vermelho-Amarelo (Figura 9.10).

O Latossolo Amarelo em regiões íngremes, como é o caso da área de estudo, é susceptível a erosão em períodos de transição sazonal onde o solo seco é transportado com o início do período de precipitações, apresenta-se muito duro ou extremamente duro no estado seco. Em relação drenagem superficial, esse tipo de solo quando seco permite maior escoamento, devido à dificuldade de percolação hídrica. Nos períodos chuvosos, ele apresenta maior plasticidade sendo possível maior capacidade de permeabilidade o que diminui a velocidade do escoamento superficial na rede de drenagem (IBGE, 2007).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos desenvolvidos de rochas cristalinas ou sob influência destas. Apresentam horizonte de acumulação de argila, com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. São solos profundos e muito profundos; bem estruturados e bem drenados. Apresentam baixa a muito baixa fertilidade natural, com reação fortemente ácida e argilas de atividade baixa. Em Alguns casos, esses solos necessitam de corretivos e fertilizantes, para se obter uma boa produtividade das culturas, necessitando do uso de matéria orgânica no horizonte superficial (IBGE, 2007).

Na área em estudo é possível identificar a ocorrência de Floresta Estacional Decidual, também chamada Floresta Estacional Caducifófila, típica do ecossistema do bioma Mata Atlântica, ocorrendo geralmente em grandes altitudes e baixa temperatura, caracterizado por duas estações, uma seca e outra chuvosa (IBGE, 2012). Embaúba (*Cecropia pachystachya* Trécul) e Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) são exemplos de espécies nativas identificadas na área. A área demarcada no mapeamento como “área antropizada”, trata-se de uma área da qual foi retirada a vegetação nativa ali contida.

A partir do levantamento e análise de uso e ocupação do solo da APA da Barragem de Morrinhos, aliada à caracterização ambiental e tendências socioeconômicas, foi possível identificar alguns condicionantes para o delineamento do zoneamento ambiental, conforme apresentados a seguir:

- Proteger os terrenos de topografia acidentada e com declives acentuados, caracterizados por apresentar baixa resistência aos processos erosivos;
- Proteger áreas com remanescentes de ecossistemas ou

paisagens pouco ou nada alteradas ou com alterações pouco significativas;

- Estabelecer medidas de proteção ou de conservação das áreas cuja ocupação inadequada altera a produção e a qualidade das águas, superficiais e subterrâneas;
- Estabelecer condições de manejo das atividades de agricultura e pastagens cujas características deverão propiciar o menor consumo de recursos naturais possível e maior controle de seus impactos ambientais;
- Atividades minerárias de pequeno porte devem receber mecanismos de controle ambiental;
- Assegurar o desenvolvimento da piscicultura mediante a adoção de mecanismo de controle ambiental.

A partir dos condicionantes assumidos como determinantes para o desenvolvimento local sustentável e da análise do Plano de Manejo da APA do Guarariroba/MS (2008), foi possível atribuir 5 (cinco) zonas ambientais que compõem o zoneamento proposto, a saber: Zonas de Proteção Integral (ZPI), Zonas de Recuperação e Conservação (ZRC), Zonas de Conservação Especial (ZCE) e Zonas de Uso Controlado (ZUC). A Figura 12 apresenta a distribuição espacial das zonas na APA da Barragem de Morrinhos na escala 1:95.000 e, a seguir, a descrição de cada zona.

Zonas de Proteção Integral (ZPI): com 775 ha, esta zona engloba as áreas que devem ser protegidas devido à presença de sistemas naturais fundamentais para o equilíbrio hidrológico da bacia, manutenção da qualidade e da disponibilidade da água para abastecimento, e cuja utilização estará condicionada a procedimentos rígidos de controle, dentre eles, o instrumento de gestão ambiental conhecido como outorga de uso da água. Corresponde a todas as áreas úmidas, ambiente essencial para o abrigo e deslocamento de diversas espécies da fauna local, para o abastecimento público de água e para o desenvolvimento de atividades econômicas.

Zonas de Recuperação e Conservação (ZRC): com 1.080 ha, são áreas que apresentam grande importância para a proteção dos cursos hídricos superficiais, correspondente às faixas marginais e nascentes. Tais ambientes compõem as Áreas de Preservação Permanente (APAs), conforme a Lei Federal nº 12.651/2012, cujos usos permitidos restringem-se aos casos excepcionais de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental, conforme o art 8º do Código Florestal e a Resolução Conama nº 369 de 28 de março de 2006.

Zonas de Conservação Especial (ZCE): com 2.910 ha, esta zona tem como objetivo resguardar o ecossistema de vegetação nativa remanescente, que sofreu pouca ou nenhuma alteração, excluídas as APPs. Essas áreas apresentam função estratégica na

conservação da diversidade da fauna e da flora local e na recarga dos aquíferos.

Zonas de Uso Controlado I (ZUC-1): são áreas que apresentam, de modo geral, média a alta declividade, o que representa significativa contribuição para o escoamento superficial, o que demanda a adoção de práticas conservacionistas do solo. Esta área é ocupada por atividades agrícolas, pastoris, áreas antropizadas e, em alguns casos, pode ser observada a presença de vegetação nativa. Esta zona apresenta potencial função de interligação de remanescentes da vegetação nativa, ou seja, podem desempenhar o papel de corredores ecológicos, promovendo a conectividade entre fragmentos de áreas caracterizadas pela presença de vegetação nativa. A área possui um total de 3.423 ha.

Zonas de Uso Controlado II (ZUC-2): são aqueles espaços cuja função principal é o de permitir a ocupação do território sob condições adequadas de manejo e utilização dos recursos ambientais. Corresponde às áreas de média a baixa declividade onde são desenvolvidas atividades agricultura, pecuária e piscicultura. A área possui 4.144 ha.

9.5 Considerações Finais

A partir da utilização de técnicas de geoprocessamento, base de dados disponíveis em órgãos oficiais de governo e de informações coletadas junto à Prefeitura Municipal de Poções, foi possível propor a delimitação da APA da Barragem de Morrinhos, fundamentada nas Políticas Públicas correlatas.

Por meio da identificação das atuais práticas de uso e ocupação do solo, da caracterização ambiental e observando as mediadas de proteção de recursos hídricos previstos no Código Florestal Brasileiro, foi possível identificar fragilidades e potencialidades existentes na APA, gerando condicionantes ambientais, que permitiram a proposição de zonas ambientais. Essas zonas, visam compatibilizar o desenvolvimento econômico local e a preservação e conservação da qualidade ambiental do Rio das Mulheres, contribuindo para o planejamento e a eficiente gestão ambiental da área, com o intuito de garantir a oferta hídrica para a atual e futuras gerações do município de Poções, mas com reflexos positivos a nível regional.

Sendo assim, é possível afirmar que a presente pesquisa alcançou os objetivos propostos, indicando uma alternativa de delimitação da APA e a indicação do zoneamento ambiental. Entretanto, vale ressaltar, que estes resultados configuram-se como contribuições preliminares para a criação da APA, e portanto, o ponto de partida para a instituição e implementação da Unidade de Conservação Municipal prevista no PDDU de Poções. Mas é importante destacar que o sucesso da gestão ambiental da área dependerá da capacidade do gestor em articular com a comunidade local, diversas lideranças e associações que dependam dos

recursos naturais disponíveis na APA. Os mesmos deverão ser convocados a participar do processo de gestão da área, fazendo parte do conselho gestor da área, como assegura o SNUC (2000).

Referências

- BAHIA Lei nº 11.612 de 8 de outubro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
- BRASIL. Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, 28 abr. 1981.
- BRASIL. Lei Federal nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a Política Agrícola. Diário Oficial da União, 18 jan. 1991.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regula o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, 19 jun. 2000.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, 9 jan. 1997.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Disponível em: < http://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/index.php>. Acesso em: nov. 2015.
- EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento. Relatório Anual para Informações ao Consumidor. Disponível em: < <http://www.embasa.ba.gov.br/content/relat%C3%B3rioanual-para-informa%C3%A7%C3%A3o-ao-consumidor>>. Acesso em: nov. 2015.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: nov. 2015.
- GEOBAHIA. Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental. Disponível em: < <http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia5/interface/openlayers.htm?bmr30tt8n2e0mfia283s02jhs1>>. Acesso em: nov. 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: nov. 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/>>

- xtras/uf.php?lang=&coduf=29&search=bahia>. Acesso em: nov. 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Geomorfologia. Manuais Técnicos em Geociências. 2ª Edição. Rio de Janeiro. 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Pedologia. Manuais Técnicos em Geociências. 2ª Edição. Rio de Janeiro. 2007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Manuais Técnicos em Geociências. 2ª Edição revista e ampliada. Rio de Janeiro. 2012.
- LANNA, A. E. A inserção da gestão das água na gestão ambiental. In: MMA. Ministério do Meio Ambiente. Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos Desafios da lei de águas em 1997. 2º Edição. Maio 2000.
- LIMA, A.M.M., PONTE, M.X. O estudo da paisagem e o planejamento estratégico como bases da gestão da oferta hídrica no estado do Pará: discussão teórica e metodológica. Revista Geociências. V 28, n. 3, p. 319-332, 2009, UNESP, São Paulo.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: nov. 2015.
- PDDU. Plano de Desenvolvimento Urbano do Município de Poções. Relatório de Análise e Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Poções. Poções, BA. 2006.
- PMCG. Prefeitura Municipal de Campo Grande/MS. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos mananciais do Córrego Guariroba – APA do Guariroba. Volume I. Maio de 2008.
- PMSB. Plano Municipal de Saneamento Básico de Poções – Bahia. 2015.
- POÇÕES. Lei nº 950 de 25 de janeiro de 2011. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e dispõe sobre a promoção do desenvolvimento econômico, social, urbano, ambiental, e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Poções, 2011.
- SEDEC. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Disponível em:< <http://www.mi.gov.br/reconhecimentos-realizados>>. Acesso em: nov. 2015.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em:< <http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: nov. 2015.
- TUNDISI, J.G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. Revista USP, São Paulo, p. 24-35, junho/agosto 2006.

10

Analise dos impactos causados por processos erosivos em Mata de São João-Ba: Estudo de caso da Ba-093

Environmental Impact by Erosive Processes in Mata de São João-Ba: Case Study of the Ba-093

Fabio Bezerra Damasceno
José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos

A pesquisa objetivou realizar uma avaliação da susceptibilidade a processos erosivos e seus impactos ambientais no município de Mata de São João – BA, com um estudo de caso em uma voçoroca na BA-093. A partir de uma pesquisa bibliográfica foi elaborada uma caracterização da área junto a uma síntese sobre as condicionantes de feições erosivas, seguida de trabalhos de campo que permitiram um detalhamento de uma área com processo erosivo já instalado. A pesquisa por imagens de satélite foi utilizada para complementar o entendimento e evolução dos processos, permitindo quantificar áreas impactadas por este fenômeno. A partir desta pesquisa foi possível associar as condicionantes dos processos erosivos com os aspectos fisiográficos da área, sua evolução temporal e a interferência antrópica.

Palavras chave: Processos erosivos. Impacto ambiental. Voçoroca.

In this paper we carry out an assessment of the susceptibility to erosive processes and their environmental impacts in the municipality of Mata de São João - BA, with a case study in gullies in the BA-093 road. Based on a bibliographic research, a characterization of the area was elaborated together with a synthesis about the conditions of erosive features, followed by field work that allowed for further detailing of the area with subjected to the erosion process. A search for satellite images was used to complement the understanding and evolution of the processes, making it possible to quantify the areas impacted by this phenomenon. From this study it was possible to associate the conditions of erosive processes with the physiographic aspects of the area, its temporal evolution and anthropic interference.

Keywords: erosive processes, environmental impact, gullies

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

10.1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada da área do município de Mata de São João após a criação do polo petroquímico de Camaçari proporcionou um crescimento sem planejamento, tanto em zona urbana quanto na zona rural, pelo desenvolvimento da pecuária e aumento da extração de materiais para construção civil. A falta de estudos de impactos ambientais para supressão de vegetação e outras atividades que expõem o solo são comuns em áreas cujo crescimento é desordenado e acarretam no aumento de áreas susceptíveis a processos erosivos.

O clima quente-úmido com chuvas concentradas entre março e julho, a presença de solos pouco consolidados e um relevo com vertentes íngremes atuam em sinergia nas áreas cuja vegetação foi suprimida e o solo exposto. Estes fatores favorecem a ocorrência de processos erosivos hídricos, com o surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas.

Tendo em vista que esta situação é presente no município e esses processos erosivos ocorrem em extensas áreas, faz-se necessária a pesquisa das características naturais que favorecem sua formação e a análise dos impactos ambientais causados.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a susceptibilidade a processos erosivos da área e identificar os impactos ambientais relacionados à sua ocorrência no município de Mata de São João, BA, rodovia BA-093.

10.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A etapa inicial do trabalho constou em desenvolver a caracterização da área e dos aspectos fisiográficos, a partir de pesquisa bibliográfica a trabalhos anteriores da área tais como: artigos; monografias; dissertações e teses. Em seguida foram abordados fatores e mecanismos que envolvem a formação dos processos erosivos, buscando trabalhos anteriores sem discriminação de área, mas que abordassem o tema do estudo.

O trabalho de mapeamento geológico constou de duas etapas: a primeira por meio de imagens de satélite identificando as áreas que apresentavam processos erosivos mais significativos para visita; a segunda por intermédio de visita de campo, durante a qual foi realizada a caracterização do sedimento, identificação da formação geológica e caracterização da feição erosiva.

Posteriormente, foi realizada a análise temporal por meio de ferramentas de geoprocessamento, a partir da seleção de imagens de satélite, identificando o processo erosivo na área de trabalho em épocas diferentes, obtidas por meio do software Google Earth. Foram selecionadas duas imagens de 2009 e duas de 2016, e, utilizando o software ArcMap foram desenvolvidos o georreferenciamento e vetorização, onde as voçorocas foram individualizadas e suas áreas calculadas.

10.3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

A área estudada está situada no litoral norte do estado da Bahia, município de Mata de São João, na região da grande Salvador, distando 56 km da capital e possuindo uma área total de aproximadamente 100 km² (Figura 11.1). O principal acesso partindo de Salvador se dá pela BR-324, percorrendo 24 km até acessar a BA-093, segue por mais 32 km até chegar a Mata de São João.

Aspectos Fisiográficos

A área estudada está localizada na zona intertropical, com clima classificado como tropical quente-úmido de acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger, com umidade relativa média entre 70% e 80% apresentando médias térmicas em torno de 25° C e altos índices pluviométricos. O maior volume de chuvas ocorre entre os meses de março e julho e a menor ocorrência é no período entre outubro e fevereiro, o volume total anual fica entre 1.600 mm e 1.800 mm (SEMARH, 2003).



Fig. 10.1: Mapa do Brasil, com destaque para o estado da Bahia, onde destaca-se ainda a área do município de Mata de São João. Fonte: Dados Estatísticos, Prefeitura Municipal de Mata de São João.

A variedade litológica e de outros fatores como clima e tempo acarretaram na formação de distintos tipos de solo na área de estudo. Segundo Silva et al. (1981), na área ocorrem solos podzólicos vermelho-amarelos relacionados aos sedimentos do Grupo Barreiras de idade Terciária, glei húmico, areias quartzosas, areias quartzosas marinhas e solos indiscriminados de mangue.

O relevo da área do município de Mata de São João, segundo (Nunes et al., (1981), é caracterizado pela ocorrência de quatro domínios geomorfológicos, o domínio dos Planaltos Cristalinos, domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, domínio dos Planaltos Inumados e o dos Depósitos Sedimentares.

O domínio dos Planaltos Cristalinos na área de estudo é representado pelas regiões do Planalto Rebaixado e unidades de Tabuleiros Pré-Litorâneos. A região do Planalto Rebaixado é composta litologicamente por granulitos do embasamento cristalino e engloba relevos topograficamente rebaixados com serras alinhadas segundo o trend N-S. A unidade de Tabuleiros Pré-Litorâneos é composta por granulitos e charnokitos do embasamento que compreendem relevos rebaixados e dissecados, com altitudes entre 100e 100 m.

O domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares é representado pela Região do Recôncavo, caracterizada por apresentar um relevo dissecado em lombas e colinas de vertentes convexas ou tabulares. A área deste domínio é composta litologicamente por arenitos, folhelhos, siltitos e calcários.

O domínio dos Planaltos Inumados é representado pela Região dos Baixos Planaltos, tratando-se de planaltos descontínuos e rebaixados, com altitudes que chegam aos 400 m. Esta Região é coberta por materiais detriticos lateriticos do Grupo Barreiras e em alguns trechos ocorrem granulitos do embasamento cristalino.

O domínio dos Depósitos Sedimentares é representado na área pela Região das Planícies Litorâneas, que compreende sedimentos pouco ou não consolidados do Quaternário. A Região é marcada por planícies originadas por sistemas deposicionais marinhos, fluviomarinhos e eólicos.

A cobertura vegetal da região do município estudado é condicionada pelo clima quente-úmido, pelas altas taxas de precipitação e pela diversidade de solos. De acordo com Brazão e Araújo (1981), a área estudada é caracterizada por dois sistemas fitogeográficos, Floresta Ombrófila Densa e Área de Formações Pioneiras, esta segunda subdividida em Área de Influência Marinha, Área de Influência Fluviomarinha e Área de Influência Fluvial.

A Floresta Ombrófila Densa, conhecida como Mata Atlântica, é uma formação arbórea que ocupa as planícies do Quaternário. Formada por espécies que alcançam grandes alturas, com tronco em forma de botija, raízes tabulares e em geral de casca lisa.

Na Área de Formações Pioneiras a Área de Influência Marinha ocorre revestindo as praias, as dunas e os cordões litorâneos, conhecidas como restinga, apresentando fisionomias arbórea baixa, arbustiva e herbácea. A Área de Influência Fluviomarinha (mangue), apresenta uma comunidade seral arbórea que ocorre ao longo dos cursos dos rios que sofrem influência das marés. As Áreas de Influência Fluvial ocorrem sob a forma herbácea gigantesca (+ 2 m) em áreas de permanente influência aluvial.

O uso e ocupação do solo nada mais é que a forma como o solo está sendo utilizada pelo homem (Feltran-Filho et al, 1989). O município de Mata de São João se destaca pela indústria do turismo, tendo o trecho que vai de Paia do Forte a Sauípe como um dos principais destinos do Brasil. A zona rural do município tem como principal atividade a produção de orgânicos, que abastece o mercado da capital e de outros municípios baianos. A criação de bovinos, caprinos e equinos também ocorre de forma intensa, tendo sido no passado um dos principais centros de distribuição de gado da Bahia.

A construção do Polo Petroquímico de Camaçari proporcionou um grande desenvolvimento a Mata de São João no final da década de 70 e início da década de 80, através da inserção de capital na economia da cidade e o aumento populacional. Esse crescimento aumentou a demanda por materiais básicos de construção, como areia, que causou um aumento na produção ilegal desta e conseqüente remoção da vegetação e exposição do solo

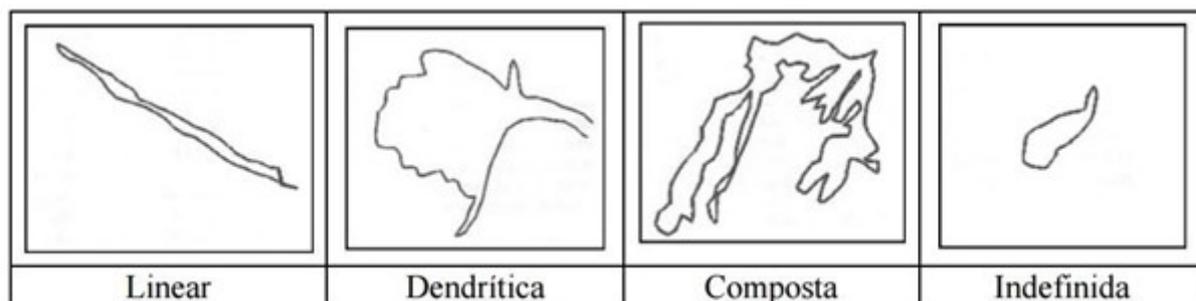


Fig. 10.2: Principais tipos de voçorocas. Fonte: Augustin e Aranha (2006).



Fig. 10.3: Vista frontal da feição erosiva, mostrando o relevo e a vegetação.



Fig. 10.4: Vista da planície de espraiamento dos sedimentos.



Fig. 10.5: Vista em detalhe da camada silto-argilosa do topo.

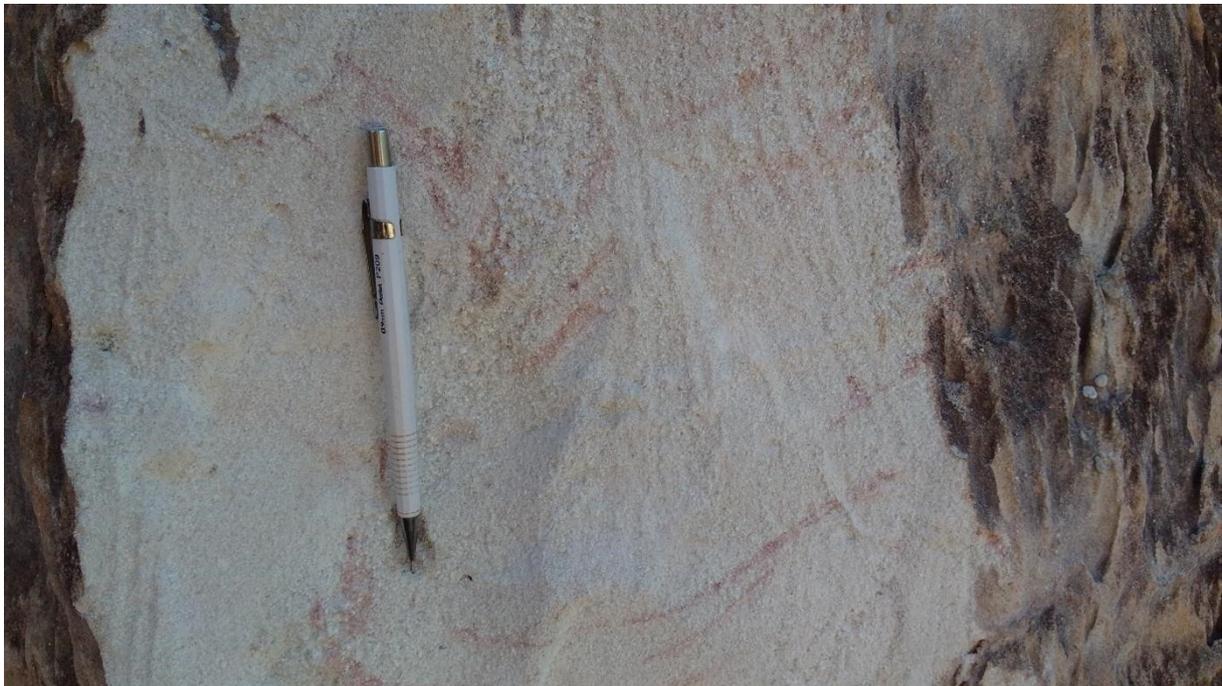


Fig. 11.6: Vista em detalhe do solo em pacote arenoso.



Fig. 10.7: Vista da voçoroca com destaque para capa laterítica.

sem estudos de impacto ambiental.

Na área específica do trabalho de campo, o uso do solo era feito para extração de areia utilizada para produção de cerâmicas em uma empresa local. A exploração desse material na localidade foi finalizada há dez anos e não foram executadas medidas de recuperação no ponto visitado. Houve, porém, recuperação em áreas adjacentes.

10.4 PROCESSOS EROSIVOS E CONDICIONANTES

Processos erosivos são fenômenos mecânicos que atuam na transformação dos solos, a partir da ação de agentes externos que atuam na desagregação, transporte e deposição de suas partículas. Segundo Magalhães (2001), a erosão é classificada pelo agente atuante, podendo ser o vento, água ou geleira. Na feição

erosiva abordada no trabalho, a água foi o principal agente. Daremos portanto ênfase à erosão hídrica.

A chuva é reconhecidamente o principal elemento climático de importância direta na formação de sulcos, ravinas e voçorocas (Almeida Filho, 2015). O primeiro mecanismo de desgaste ocasionado pela água meteórica ocorre pelo impacto das gotas com o solo, capaz de promover a desagregação de partículas, removendo a coesão do solo. O impacto também pode causar uma concentração das partículas mais finas em sub superfície, reduzindo o poder de infiltração e aumentando o escoamento superficial.

A partir do momento em que o solo atinge a saturação pela água meteórica se inicia o escoamento superficial. O escoamento pode ser por fluxo difuso, resultando em uma erosão laminar que retira a camada superficial do solo de maneira quase ho-



Fig. 10.8: Imagem de satélite da área 1 no ano de 2009.



Fig. 10.9: Imagem de satélite da área 1 no ano de 2016.

mogênea, ou pode ocorrer por fluxo concentrado, que comanda o desprendimento das partículas do solo e o transporte dessas partículas (Almeida Filho, 2015).

O escoamento por fluxo concentrado ocorre através de

linhas bem definidas que promove a formação de uma feição linear progressiva, iniciando como sulco, evoluindo para ravina e por fim voçoroca. A formação desta feição desenvolve-se em dois estágios: formação de canal onde há concentração de escoamento; incremento rápido em profundidade e largura onde a



Fig. 11.10: Imagem de satélite da área 2 no ano de 2009.



Fig. 10.11: Imagem de satélite da área 2 no ano de 2016.

cabeceira move-se para montante (Magalhães, 2001).

Augustin e Aranha (2006), ressaltam que fatores naturais como substrato, relevo e fatores antrópicos interferem na forma da voçoroca, descrevendo quatro tipos principais (Figura 10.2):

lineares, caracterizadas pela ausência de ramificações significativas; dendríticas, com padrão de crescimento em vários ramais; compostas, que não apresentam um padrão único; indefinidas, que segundo os autores o processo de abertura não mostra ainda uma forma definida.

Os aspectos fisiográficos como clima, relevo, erodibilidade e cobertura vegetal influenciam diretamente na susceptibilidade a erosão de uma determinada região. Para compreender de que forma, vamos abordar brevemente a interação de cada aspecto com os processos erosivos.

De acordo com Rodrigues (1982), o clima é o condicionante que mais interfere nos processos erosivos, sendo chamada erosividade a habilidade da chuva em causar erosão, uma vez que a água meteórica atua de modo determinante na formação destas feições estudadas. Assim a intensidade da precipitação interfere na capacidade de desagregação do solo pela energia de queda das gotas e na velocidade da saturação do solo, a duração e o volume definem a velocidade de saturação e consequentemente no escoamento superficial.

O modelado superficial do terreno apresenta influência direta na relação entre as taxas de infiltração e de escoamento superficial. A relação entre o relevo e os processos erosivos abordados ocorrem principalmente pela declividade e comprimento das encostas ou vertentes. Quanto mais acentuadas sejam, maior o escoamento superficial, enquanto terrenos aplainados são mais propícios para infiltração.

A erodibilidade é a susceptibilidade do solo em resistir aos processos erosivos (Morgan, 1986), fatores como textura, permeabilidade e densidade são os que mais interferem na erodibilidade. Os solos arenosos apesar de apresentar grande permeabilidade favorecendo a infiltração, ocorrem menos consolidados, tornando-se mais propensos a desagregação e perda de solo, enquanto os solos argilosos que são menos permeáveis apresentam ligações mais fortes entre os grãos, o que faz aumentar a resistência à erosão. A presença de matéria orgânica aumenta a capacidade do solo em reter água, aumentando a infiltração e resultando em uma menor perda por erosão.

A cobertura vegetal é o fator de maior relevância, funciona como defesa natural do solo, agindo como uma manta protetora (Almeida Filho, 2015). A cobertura vegetal tem como principais efeitos a proteção da camada superficial do solo contra o impacto da chuva, o aumento da infiltração por promover um aumento da porosidade e também uma maior capacidade de retenção de água pelo aumento de matéria orgânica no solo, evitando o desgaste do solo por pelos diversos mecanismos de ação da água.

10.5 ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA ESTUDADA

A pesquisa ocorreu na região de Amado Bahia, município de Mata de São João, na margem esquerda da BA-093. A área visitada apresenta vegetação secundária, de porte arbustivo, com altura média entre 2 e 3 metros e com alguns exemplares se destacando, atingindo até 5 metros, uma área de regeneração da Floresta Ombrófila. A relação entre a vegetação e o processo

erosivo é caracterizada pelo crescimento maior da feição erosiva na direção onde houve supressão de vegetação. O relevo do local visitado apresenta características do domínio de Coberturas Sedimentares, definido por Nunes et al., (1981), da unidade dos Tabuleiros do Recôncavo, formado por morros de topo plano e vertentes convexas.

A feição erosiva pesquisada ocorre na vertente de um morro de aproximadamente 20 metros de altura, no qual a perda de solo chegou ao nível do topo (Figura 10.3). Segundo a classificação proposta por Augustin e Aranha (2006), essa voçoroca é do tipo dendrítica, apresentando quatro anfiteatros, com paredes verticais na porção mais próxima ao topo e a inclinação diminuindo até a base, onde ocorre uma planície de espraiamento do sedimento, em forma de leque (Figura 10.4).

A descrição de campo permitiu classificar dois solos distintos: no topo ocorre uma camada silto-argilosa com cerca de 2 metros de espessura, apresentando coloração amarronzada, consolidado e com concreções lateríticas que variam de 2 a 80 centímetros de diâmetro (Figura 10.5); e na base desta camada ocorre um pacote arenoso, com cerca de 20 metros de espessura, formado por areias quartzosas bem selecionadas, com granulometria fina a muito fina com uma matriz caulínica (Figura 10.6), o sedimento se encontra pouco consolidado e estratificações planares e cruzadas de médio a grande porte são observadas.

Foi possível observar que em alguns pontos onde a camada superficial de solo foi removida houve a formação de uma capa laterítica (Figura 10.7). Segundo Aleva (1994), é comum encontrar sobre a Formação São Sebastião crostas ou capas lateríticas formadas sempre em sub superfície como resultado da lixiviação de materiais argilosos e óxido de ferro (Fe_2O_3). A espessura da camada, o tipo de sedimento e as estruturas primárias encontradas associadas à geologia regional sugerem que se trata da Formação São Sebastião, e o solo enquadrado nas Areias Quartzosas de acordo com a classificação proposta por Silva et al. (1981).

10.6 ANÁLISE TEMPORAL POR IMAGENS DE SATÉLITE

As imagens de satélite da área de pesquisa representam duas localidades às margens da BA-093, no município de Mata de São João, com uma variação temporal de sete anos. As imagens 8 e 10 representam às áreas no ano de 2009, enquanto as imagens 9 e 11 representam as mesmas áreas no ano de 2016, permitindo observar a evolução em área das voçorocas. Os valores obtidos pelos cálculos de área estão expressos nas Tabelas 10.1 e 10.2.

A figura 11.8, que mostra a área descrita em campo, apre-

senta três áreas mais afetadas por processos erosivos com a camada superficial de solo já removida, uma na parte central da imagem que foi chamada de Voçoroca 1 (V1), que apresenta quatro reentrâncias mais profundas e uma grande área de solo exposto a jusante, a Voçoroca 2 (V2), que está num estágio inicial apresentando uma pequena parte com paredes bem definidas, enquanto a montante o solo está exposto mas o canal não foi bem escavado, e a área à direita da V1 com uma grande área de solo exposto não foi considerada, pois no ano de 2016 esta área já havia sido recuperada, não sendo relevante para o estudo temporal.

Na figura 10.9, a V1 evoluiu a jusante e os canais das reentrâncias começaram a se conectar, as paredes que as separavam foram parcial ou completamente removidas, a área calculada desta voçoroca em 2009 era de 5.077,2 m², em 2016 esta área evoluiu 16,8% alcançando 5.929,8 m² de área. A V2, apresentou um expressivo crescimento à montante, aonde havia apenas solo exposto em 2016 já apresentava paredes bem definidas e um volume de solo removido mais expressivo, o comprimento quase dobrou enquanto a área, antes de 779,9 m², cresceu para 2.883,3 m², um crescimento de 269,7 %.

Área 1	V1	V2	Total
Área 2009 (m ²)	5077,2	779,9	5857,1
Área 2016 (m ²)	5929,8	2883,3	8813,1
Variação (%)	16,8	269,7	50,5

Tabela 10.1: Valores obtidos pelo cálculo de área das voçorocas das Figuras 10.8 e 10.9.

A área escolhida para segunda análise temporal em 2009 apresentava 5 voçorocas distintas e com um alinhamento que sugere uma influência geoestrutural. Na imagem 10.10, é possível observar que os 5 canais estão bem formados, com paredes bem definidas, canais que foram chamados de Voçoroca de 1 a 5, (V1 a V5). Na imagem nota-se que as paredes das voçorocas estão bem desenvolvidas e que uma grande quantidade de solo foi removida, na parte inferior da imagem pode-se observar que há uma grande quantidade de sedimentos depositados sobre a pista, proveniente da erosão desses canais. A área total calculada das voçorocas nesta imagem de 2009 foi de 7.309,7 m².

Na imagem obtida em 2016 é possível verificar a evolução nas voçorocas, que neste registro mais recente tem forma mais bem definida, com as paredes mais desenvolvidas, com crescimento em seus comprimentos, que evoluiu a montante; e entre as Voçorocas 1 e 2 nota-se que a parede que as separa foi em boa parte erodida. Na parte inferior da imagem mais recente. o sedimento oriundo da erosão continua a depositar na curva da via, relacionada a uma redução da energia do fluxo Em relação

a área calculada, houve um aumento de 29,2% no somatório de todas as voçorocas, totalizando 9.443,7 m².

Área 2	V1	V2	V3	V4	V5	Total
Área 2009 (m ²)	532,6	660,8	1202,9	1118,5	3794,9	7309,7
Área 2016 (m ²)	685,8	942,9	1776,7	1578,4	4459,9	9443,7
Variação (%)	28,8	42,7	47,7	41,1	17,5	29,2

Tabela 10.2: Valores obtidos pelo cálculo de área das voçorocas das Figuras 10.10 e 10.11.

10.7 CONCLUSÕES

A associação dos conhecimentos obtidos a partir da caracterização da área com o estudo dos processos erosivos e condicionantes permitiu concluir que a área apresenta uma sinergia de fatores que contribuem para ocorrência dos processos erosivos hídricos.

Destacado como o condicionante que mais interfere nos processos erosivos, e tendo a água meteórica como o seu principal agente, o clima da área, classificado como quente-úmido com altas taxas pluviométricas entre março e julho se mostra como um fator negativo. Os tipos de solo encontrados na área, predominantemente oriundos de depósitos sedimentares, pouco consolidados a não consolidados, mostram que a erodibilidade do solo da região é alta, sendo mais um fator negativo.

A vegetação, que funciona como proteção natural ao solo contra os processos erosivos, deve ser preservada e sua supressão deve levar em consideração a erosividade do substrato, pois foi observado em campo que todas as áreas que apresentam feições erosivas não apresentam vegetação primária instalada. Os morros de topo plano favorecem a infiltração, porém as vertentes com vegetação ausente ou escassa favorecem o escoamento superficial. Essas áreas portanto merecem uma observação especial.

O crescimento populacional após a instalação do polo petroquímico de Camaçari e o surgimento de fábricas de cerâmica fizeram com que surgisse uma grande demanda de areia para construção civil. Este aumento na demanda junto com a grande disponibilidade nos olhos da região causou um desenvolvimento na extração deste bem e planos de recuperação destas áreas não foram elaborados ou cumpridos, deixando vários passivos ambientais que vão se agravando com o passar do tempo.

A descrição geológica de campo mostrou que os processos erosivos hídricos podem afetar grandes áreas, e tendem a evoluir indeterminadamente até que sejam tomadas medidas de recupe-

ração. A área se caracteriza por apresentar diversas feições erosivas, algumas suficientemente grandes para que os impactos não se contenham na perda de solo ou carreamento de sedimentos, chegando a ter um significativo impacto visual.

Foi possível verificar que a quantidade de solo removida foi muito grande, com sedimentos que em parte se depositam na planície no sopé da voçoroca e parte que é carregada pelas drenagens, podendo causar danos em canais de drenagem, cobrir as vias aumentando o risco de acidentes e assoreando cursos d'água à sua jusante.

As análises temporais a partir de ferramentas de geoprocessamento permitiram quantificar o avanço das feições erosivas em função de sua área, mostrando um crescimento próximo a 50% na primeira área analisada e próximo a 30% na segunda área no intervalo de 7 anos. A partir das imagens de satélite também foi possível observar que estas feições erosivas podem se estender por grandes áreas, como a voçoroca V5 da segunda área que apresenta uma área de aproximadamente 4.460 m², que além de causar uma perda de terreno útil também causa um significativo impacto visual.

O estudo permitiu concluir que a área apresenta diversos fatores que favorecem a ocorrência de feições erosivas formadas por processos hídricos, portanto sugere-se que sejam feitos planos de recuperação para as áreas já afetadas. Outro ponto importante é o uso consciente do solo e estudos dos possíveis impactos das atividades levando em consideração esta vulnerabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALEVA, G.J.J. (compiler). Laterites. Concepts, geology, morphology and chemistry. ISRIC, Wageningen, 1994.
- AUGUSTIN, C.H.R.R., ARANHA, P.R.A. Ocorrência de voçorocas em Gouvêia/MG: características e processos associados. *Geonomos*, 14(1,2): 75-86, 2006.
- ALMEIDA FILHO, G. S. Controle de erosão. *Fundações & Obras Geotécnicas*, v. 5, p. 66-77, 2015.
- BRAZÃO, J.E.M. & ARAÚJO, A.P. Vegetação In: Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra, Rio de Janeiro: MME, Vol. 24, 620 p., 1981.
- Dados Estatísticos, Prefeitura Municipal de Mata de São João. Disponível em: <http://www.matadesaojoao.ba.gov.br/o-municipio/dados-da-cidade.php>. Acesso em 16 de fevereiro de 2017.
- FELTRAN-FILHO, A.F., LIMA, S.C., ROSA, R. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia – MG, através de imagens TM/LANDSAT. *Sociedade & Natureza*, 1(2):127-145 p., 1989.
- MORGAN, R.P.C. (1986). Soil erosion and conservation. Longman Group, Inglaterra, 298p.
- MAGALHÃES, R.A. Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle. Companhia Energética de Minas Gerais- CEMIG, 2001.
- NUNES, B.T.A.; RAMOS, V.L.S.; DILLIGER, A.M.S. Geomorfologia. In: Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME. V.24. 620p., 1981.
- RODRIGUES, J.E. Estudo de fenômenos acelerados: Boçorocas. 1982. São carlos. 162f. Tese (Doutorado em Geotecnica) Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, (1982).
- SEMARH. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Centro de Recursos Ambientais- CRA. Projeto de Gerenciamento Costeiro, Gestão Integrada da Orla Marítima no Município do Conde no Estado da Bahia.
- Diagnóstico Sócio-Econômico e Ambiental do Conde. Salvador, 2003.
- SILVA, G.B., SANTOS, J.H.G., CORRÊA, P.R.S. Solos. In: Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME. Vol.24. 620 p., 1981.

Caracterização Geológica e Topografia Espeleológica da Gruta do Castelo, Vale do Pati, Chapada Diamantina (Ba)

Geological Characterization and Speleological Topography of Gruta do Castelo Cave, Pati Valley, Chapada Diamantina (Ba)

Camila Evangelista Fonseca de Souza

Andre Klumb

José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos

A Gruta do Castelo é uma cavidade natural subterrânea desenvolvida nos metarenitos da Formação Tombador, na região do Vale do Pati, centro geográfico do Parque Nacional da Chapada Diamantina, situado no centro-oeste do estado da Bahia. Este trabalho envolveu a topografia espeleológica e caracterização geológica quanto à litologia, estrutura e espeleotemas da Gruta do Castelo com o objetivo de compreender os fatores condicionantes da sua espeleogênese, e recomendar ações para preservação de seus atributos naturais. Dentre os procedimentos metodológicos destaca-se revisão bibliográfica, solicitação de licença de pesquisa ao ICM-Bio, mapeamento geológico, levantamento topográfico espeleológico, análise estrutural, análise petrográfica, análise raio-x de espeleotemas, confecção de croquis esquemáticos e registro fotográfico. Os fatores litológicos que contribuíram para o desenvolvimento da gruta foram a composição do arcabouço e a porcentagem de matriz da rocha classificada petrograficamente como grauvaça feldspática. Os planos de fratura em sistema Riedel e os planos de acamamento sedimentar são os fatores estruturais que favoreceram a formação da caverna. A origem dos minerais silicáticos identificados nas amostras de espeleotemas está relacionada às reações de dissolução incongruente da matriz e dos minerais mais facilmente intemperizáveis da rocha enquanto os minerais sulfatos e fosfatos podem estar relacionados ao mecanismos de circulação hídrica no sistema subterrâneo e reação com depósitos de guano, os quais são facilmente identificados no piso da cavidade.

Palavras-chave: Gruta do Castelo, metarenito, Chapada Diamantina.

The Castelo cave is an underground natural cavity developed in the sandstones of the Tombador Formation, in the Pati Valley region, geographic center of the Chapada Diamantina National Park, located in the central western part of the state of Bahia. This work involved the speleological topography and geological characterization regarding the lithology, structure and speleothems in order to understand the conditioning factors of its speleogenesis, and recommend actions to preserve its natural attributes. Among the methodological procedures, there were bibliographic review, research license application to the ICM-Bio, geological mapping, speleological topographic survey, structural analysis, petrographic analysis, speleothem x-ray analysis, schematic sketching and photographic record. The lithological factors that contributed to the development of the cave were the framework composition and the percentage of rock matrix, petrographically classified as feldspar graywacke. Riedel fracture planes and sedimentary bed plans are the structural factors that favored cave formation. The origin of the silicate minerals identified in the speleothem samples is related to the incongruent dissolution reactions of the matrix and the more easily weathered rock minerals, while sulfate and phosphate minerals may be related to the mechanisms of water circulation in the underground system and reaction with guano deposits, which are easily identified in the cavity floor.

Key-words: Gruta do Castelo, metasandstone, Chapada Diamantina.

C.E.F. Souza

Geóloga. e-mail: milageologia@gmail.com

A. Klumb; J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: andreklumb@gmail.com; jose.anjos@ufba.br

11.1 INTRODUÇÃO

A espeleologia é uma ciência ainda pouco abordada pela comunidade acadêmica do curso de Geologia da Universidade Federal da Bahia. De acordo com o anuário estatístico do patrimônio espeleológico brasileiro elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), a Bahia é o terceiro estado com o maior número de cavernas conhecidas (ICMBIO, 2018). A presente pesquisa buscou exemplificar a possibilidade de aplicação do conhecimento geológico no mapeamento de cavernas e contribuir para valorização do patrimônio espeleológico na Bahia.

Este trabalho apresenta a topografia espeleológica e a caracterização geológica realizada na Gruta do Castelo, localizada na região do Vale do Pati, porção central do Parque Nacional da Chapada Diamantina (BA). Esta cavidade natural subterrânea encontra-se desenvolvida em rochas areníticas da Formação Tombador, conjunto de rochas siliciclásticas do Supergrupo Espinhaço na Bahia. No banco de dados do Cadastro Nacional

de Informações Espeleológicas (CANIE), é raro o registro de cavidades neste tipo de rocha na região. O número de cavernas conhecidas em arenito não ultrapassa 1% do potencial espeleológico brasileiro (ICMBIO, 2019, p.19).

Nesse contexto, considerando a baixa frequência de cavernas em rochas areníticas quais fatores geológicos contribuíram para a formação e preservação da Gruta do Castelo? Qual a relação desses fatores com o contexto geológico e geomorfológico regionais? Além da gênese rara quais atributos de elevada relevância científica estão presentes Gruta do Castelo? A partir da compreensão dos agentes condicionantes da espeleogênese da Gruta do Castelo, é possível prospectar áreas potenciais para ocorrência de cavernas na região?

O objetivo geral da pesquisa foi gerar uma base de informações científicas sobre os atributos físicos da gruta para subsidiar futuras ações de manejo. Dentre os objetivos específicos destaca-se: produzir o mapa topográfico da Gruta do Castelo em escala de 1:200; descrever os aspectos litológicos e estruturais observados no contexto da cavidade; inventariar os espeleotemas observados; investigar os fatores condicionantes para gênese da caverna; contribuir para a atualização do registro no CANIE.

Esta é a primeira publicação acadêmica sobre a Gruta do Castelo que propõe a discussão e aprofundamento do conhecimento sobre cavernas em arenito e poderá servir de base bibliográfica para pesquisas futuras. Espera-se que a este trabalho possa contribuir para nortear o desenvolvimento de ações de conservação da caverna por parte dos gestores e da comunidade local do Parque Nacional da Chapada Diamantina, do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, dos guias e visitantes, e da comunidade acadêmica. Por meio deste trabalho final de conclusão do curso de Geologia, pretende-se promover a valorização da cultura espeleológica científica no Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia

11.2 - ESTADO DA ARTE

Contexto geológico regional

O contexto geológico regional da Gruta do Castelo compreende as coberturas sedimentares mesoproterozóicas do Cráton do São Francisco (ALMEIDA, 1977), unidade geotectônica que compõe embasamento atual da plataforma sul-americana, consolidada durante a orogênese Brasiliana (BARBOSA & SABATÉ, 2003). Estas coberturas (fig. 11.1) compõe

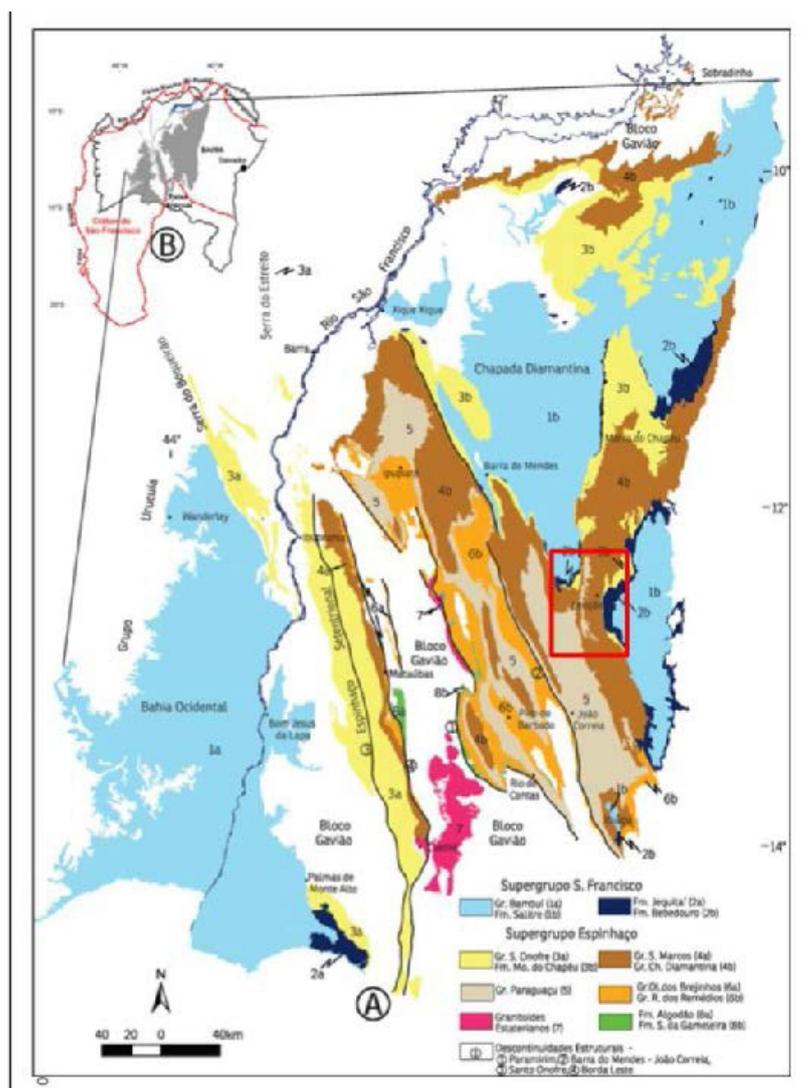


Fig. 11.1: Contexto geológico regional da região de estudo (retângulo vermelho) no Cráton do São Francisco (B) e no domínio da Chapada Diamantina Oriental (A). Modificado de GUIMARÃES et al (2012).

a sequência metassedimentar e metavulcânica do Supergrupo Espinhaço (INDA, et al 1984), depositadas em um sistema de bacias cratônicas do tipo rift abortado, de direção N-S, geradas por processos extensionais no embasamento durante a tafrogênese Estateriana (1,75 Ga) (DUSSIN & DUSSIN, 1995, DOMINGUEZ, 1993).

O Supergrupo Espinhaço (SE) é representado pelo conjunto de serras contínuas que se estende entre Minas Gerais até a divisa da Bahia e do Piauí, denominada por Eschwege (1822) como Serra do Espinhaço (apud Chemale et. al 1995). Conforme Guimarães et al (2012), as rochas que compõem o Supergrupo Espinhaço na Bahia são divididas pela feição morfotectônica do Aulacógeno do Paramirim (PEDROSA SOARES et al, 2001) em Espinhaço Setentrional e Chapada Diamantina.

A região da Chapada Diamantina é dividida pelo lineamento Barra do Mendes-João Correia nas porções Ocidental e Oriental (JARDIM DE SÁ et al 1976), que diferem entre si quanto a intensidade de deformação, grau metamórfico e ao tipo e volume do magmatismo. As rochas da porção Ocidental apresentam estruturas de dobras apertadas, e metamorfismo em fácies xisto verde e grande volume de rochas vulcânicas, enquanto na porção Oriental as rochas são anquimetamorfizadas com dobras abertas e o magmatismo é registrado pela ocorrência de corpos básicos intrusivos (Fig. 11.2).

Depositado sobre o SE ocorre o Supergrupo São Francisco, representado por três mega-sequências onde na base encontram-se os sedimentos glaciogênicos, seguidos por sedimentação de plataforma carbonática e, finalmente, no topo ocorrem sedimentos relacionados ao fechamento e inversão estratigráfica durante o Brasiliano (Misi et al, 2007).

A Gruta do Castelo está situada na porção centro-oriental da Chapada Diamantina, em área delimitada pela Serra do Sincorá (PEDREIRA, 2002), sistema orográfico de 80 km de extensão e direção aproximada norte-sul, caracterizado por um conjunto de relevo de amplas chapadas, encostas com declives acentuados e vales profundos. Segundo este mesmo autor, esta serra é sustentada pelos os metarenitos e metaconglomerados da Formação Tombador do Grupo Chapada Diamantina, sobrepostos aos pelitos da Formação Guiné do Grupo Paraguaçu.

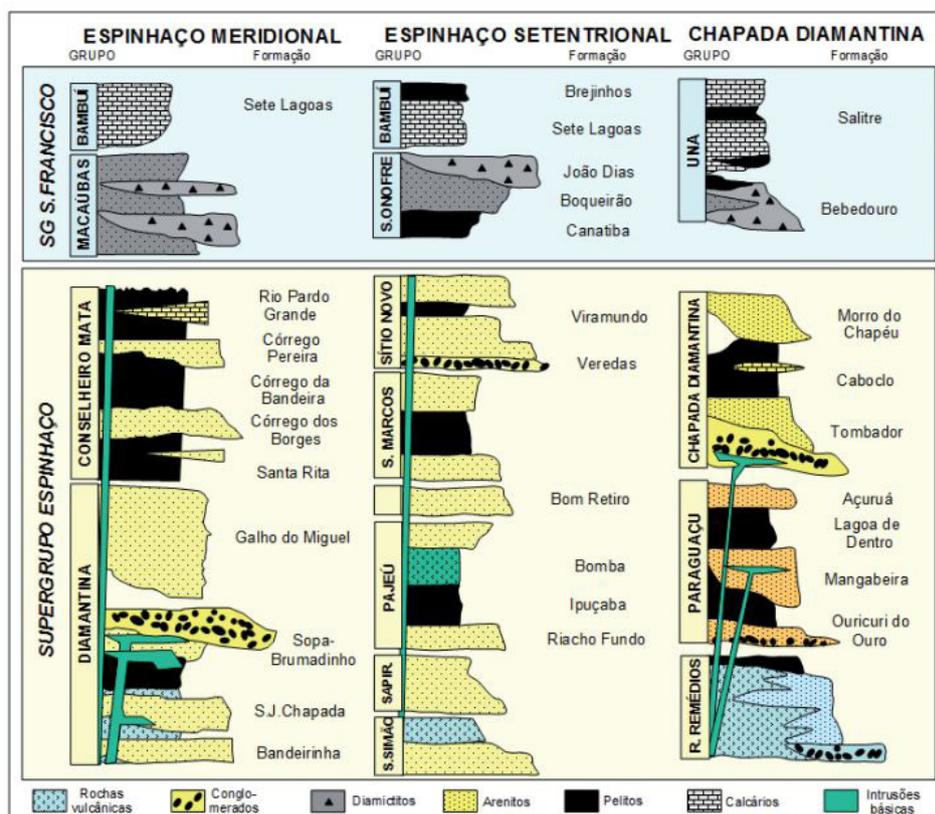


Fig. 11.2: Síntese estratigráfica das sub-bacias do Supergrupo Espinhaço na Bahia. Extraído de HASUI (2012).

Estratigrafia

A descrição estratigráfica e a evolução geotectônica da região da Chapada Diamantina serão apresentados a seguir, principalmente com base nos estudos de PEDREIRA (1994), PEDREIRA (1997) e GUIMARÃES et al (2012), SAMPAIO et al (1994). Será dada maior ênfase às Formações Tombador e Açuruá que compõem o arcabouço geológico da área de estudo.

O Supergrupo Espinhaço

O Supergrupo Espinhaço é dividido em Espinhaço Meridional, Espinhaço Setentrional e Chapada Diamantina. O Espinhaço Meridional está situado na faixa de dobramentos Araçuaí, de idade Brasiliana, na borda leste do Cráton do São Francisco, em Minas Gerais, enquanto Espinhaço Setentrional e Chapada Diamantina situam-se nos limites do cráton, no estado da Bahia. Estas três sub-bacias apresentam ambientes de sedimentação semelhantes, diferenciando-se, principalmente, pelos padrões de deformação. ALKMIN (2012) apresenta uma síntese da estratigrafia nas três sub-bacias, baseando-se nos trabalhos de DANDERFER(2000), UHLEIN (2005) e PEDREIRA (2007), como mostrado na fig. 11.2.

De acordo com Guimarães et al (2012) e Cruz e Alkmin (2017), o Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina apresenta a seguinte estratigrafia da base para o topo: Formação Serra da Gameleira, Grupo Rio dos Remédios, Grupo Paraguaçu; Grupo Chapada Diamantina, e por fim a Formação Morro do Chapéu.

Tabela 11.1: Coluna estratigráfica do Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina.

Era	Período	Região da Chapada Diamantina							
		Litoestratigrafia				Interpretação			
		Supergrupo	Tipo de bacia	Grupo	Formação	Sequência Estratigráfica	Ambiente	Sistema Depositional	
Mesoproterozóico	Ectasiano/ Esteniano	Espinhaço	Sinéclise		Morro do Chapéu	Morro do Chapéu	Transicional	Flúvio-eólico, planície de maré (estuário)	
	Calimiano		Sinéclise	Chapada Diamantina	Caboclo	Tombador/ Caboclo	Marinho	Marinho plataformal raso	
					Tombador		Continental	Complexo aluvial e eólico	
Paleoproterero	Estateriano		Paraguaçu	Rift-sag	Rio dos Remédios	Açuruá	Mangabeira/ Açuruá	Marinho	Marinho raso e litorâneo
						Mangabeira		Continental	Eólico-fluvial
			Ouricuri do Ouro		Lagoa de Dentro/ Oricuri do Ouro	Complexo aluvial e eólico			
		Lagoa de Dentro	Novo Horizonte		Lacustre				
		Novo Horizonte	Serra da Gameleira		Vulcanismo ácido alcalino				
		Serra da Gameleira	Serra da Gameleira		Eólico				

Adaptada de GUIMARÃES et al (2012) e SAMPAIO et al (1994).

Formação Serra da Gameleira

A espessura da Formação Serra da Gameleira (GUIMARÃES et al. 2005) varia entre 200 e 70 metros e aflora apenas na porção sudoeste da Chapada Diamantina em contatos discordantes no topo e na base. De acordo com GUIMARÃES et al (2005; 2012), a Fm. Serra da Gameleira apresenta três associações de litofácies siliciclásticas: a inferior composta por metaquartzoarenito e metargilito; a intermediária por metaconglomerados e metarenito, e a superior com metaquartzoarenito com níveis de metabrecha, metagrauvaca e metarcóseo. As estruturas sedimentares presentes nestas rochas indicam retrabalhamentos eólicos de areias não coesivas depositadas acima do nível freático em ambiente desértico, associados a depósitos de fluxo de detritos e fluxo trativo e depósitos lacustres interpretadas como depósitos eólicos em ambiente desértico.

Interpreta-se que esta sequência deposicional corresponde ao período de sedimentação do estágio pré-rifte da tafrogênese estateriana ocorrida no paleocontinente São Francisco (GUIMARÃES et al., 2008), entre um período de 2,04 Ga e 1,75 Ga correspondente a idade do metamorfismo mais recente registrado no embasamento e a idade das rochas vulcânicas ácidas do Grupo Rio dos Remédios, respectivamente (ALKMIN, 2017).

Grupo Rio dos Remédios

O Grupo rio dos Remédios compreende, da base para o topo, as Formações Novo Horizonte, Lagoa de Dentro e Ouricuri do Ouro, cujos litotipos representam a sedimentação de estágio sin-rifte da bacia onde se depositou o Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina (GUIMARÃES et al 2005). A Fm. Novo Horizonte apresenta espessura média de 600m e é composta por rochas vulcânicas/subvulcânicas ácidas de natureza peraluminosa e alcalina (TEIXEIRA, 2005 apud GUIMARÃES et al 2005) representadas por metadacito, metarriolito, metaquartzo pórfiro e metafenoandesito, com idades de cristalização de zircão (método U–Pb) de 1.752±4 Ma (SCHOBENHAUS et al. ,1994) e 1.748±4 Ma (BABINSKI et al 1994), que remetem ao início da abertura do Rift Espinhaço. Estas rochas registram a ocorrência de quatro eventos magmáticos, ações de fluidos magmáticos e metamórficos por alterações hidrotermais, milonitização e mineralizações de cassiterita, ouro, barita, cristal-de-rocha e quartzo (GUIMARÃES et al 2012).

A Formação Lagoa de Dentro atinge até 850 m de espessura e possui três associações de litofácies siliciclásticas constituídas de metarenitos e metapelitos com lentes de conglomerado, interpretados como depósitos de ambiente lacustre com influência de fluxos de turbidez (GUIMARÃES et al 2012).

A Formação Ouricuri do Ouro cuja espessura alcança 550

m, apresenta contato gradacional com a Fm. Lagoa de Dentro e aflora nos picos mais altos do nordeste do Brasil com 2033 m e 1957 m (Picos dos Barbados e das Almas). Possui cinco associações de fácies siliciclásticas constituídas de: metaconglomerados, metarcoseos e metarenitos líticos arcossianos; interpretadas como depósitos de sistemas de leques aluviais subaéreos com mudança para sistemas de rios entrelaçados de alta energia, com ocasional retrabalhamento eólico (GUIMARÃES et al 2005). Estas duas últimas formações registram o início da deposição sedimentar terrígena durante o ajuste tectônico da bacia Espinhaço e seus limites.

Grupo Paraguaçu

O Grupo Paraguaçu representa um conjunto de rochas metasedimentares com espessura de até 2400 m, amplamente distribuída e lateralmente contínua na porção centro-oeste da Chapada Diamantina (GUIMARÃES, et al 2012). Da base para o topo, compreende as Formações Mangabeira e Açuruá, empilhadas segundo um padrão geral granodécrescente, que indica a mudança de um sistema desértico para deltaico (SAMPAIO et al 1994). No contexto do sistema rift-Espinhaço, este grupo de rochas sugere deposição durante a expansão de uma bacia tipo sag em seu estágio pós-rift (GUIMARÃES, et al 2008).

A Formação Mangabeira que abrange 4 associações de litofácies (Guimarães et al 2012) constituída por em arenitos feldspáticos estratificados, por vezes conglomerático, com gradação para sedimentos argilo-siltosos. A idade mínima desta deposição é inferida pelos diques e sills máficos que truncam o pacote sedimentar e datam de 1514 ± 22 e 1501 ± 9 Ma (BABINSKI et al. 1999; SILVEIRA et al 2013, apud GUIMARÃES et al 2012). A interface entre as formações Mangabeira e Açuruá segundo (SAMPAIO et al 2014), pode ser observada na região do Vale do Pati (área de estudo), através da alternância de arenitos finos e argilitos.

A Formação Açuruá, equivalente a Formação Guiné, é composta por 4 associações de fácies psamíticas e pelíticas indicando dois ciclos de sedimentação granocrescente, e apresenta estruturas laminares, cruzadas e rítmicas de deposição em ambiente marinho raso e litorâneo (GUIMARÃES, et al 2012). Este mesmo autor ilustra que o contato entre esta formação com a Fm. Tombador no topo, é evidenciado pela morfologia do relevo esculpida na região do Vale do Pati a noroeste de Mucugê.

Grupo Chapada Diamantina

As primeiras descrições para o Grupo Chapada Diamantina foram realizadas com base nos afloramentos na região de Len-

çóis-Mucugê por Derby em 1906 e na Serra do Tombador, entre Jacobina e Lajes, por Branner em 1910 (SILVA, 1994). Compreende as Formações Tombador e Caboclo, que repousam em discordância erosiva sobre o embasamento, o Grupo Rio dos Remédios e o Paraguaçu. E apresentam contatos discordantes no topo com a Formação Morro do Chapéu e com as rochas carbonáticas do Supergrupo São Francisco e formações superficiais cenozoicas (GUIMARÃES et al 2012).

A deposição deste Grupo representa o aumento da área da bacia intracratônica e rasa, intrudida por corpos máficos de 1,5 Ga (GUIMARÃES et al. 2005). O onlap regional de sedimentação corresponde a deposição da Formação Tombador, que ocorre principalmente na porção leste do embasamento da região da Chapada Diamantina (CRUZ; ALKMIN 2017).

Formação Tombador

A Formação Tombador apresenta boa exposição e grau de preservação de afloramentos associado a um baixo grau de metamorfismo que permite a identificação de estruturas sedimentares de sistemas deposicionais fluviais e estuarinos que ocorreram na na bacia Espinhaço na região da Chapada Diamantina, no início do Mesoproterozóico (MAGALHÃES et al 2014). De acordo com CASTRO (2003) esta formação apresenta uma porção inferior contendo depósitos eólicos, fluviais, estuarinos, praias e marinhos, e outra superior com depósitos de leques aluviais, fluviais, eólicos, praias e marinhos de onda de tempestade que remete a uma época de tectonismo mais ativo.

O mapeamento da Formação Tombador na região entre Andaraí e o rio Pati, e ao longo do rio Lençóis, realizado por SAMPAIO et al (1994), identificou arenitos de granulação média a grossa na base, conglomerados em uma posição intermediária e com espessura variável, e no topo arenitos mais finos. O autor descreve o contato basal entre a porção inferior da Fm. Tombador com o topo do Grupo Paraguaçu, a leste de Guiné, como abrupto e de mergulhos concordantes.

GUIMARÃES et al (2012) organiza esses litotipos em 3 associações de litofácies e aponta para ocorrência frequente de silicificação nas zonas de falhas e fraturas:

"(i) Associação inferior, composta de metaconglomerados, polimítico e oligomítico (clastos de quartzo, quartzitos verde, cinza e rosa, chert, metarenito, metassiltito), metarenito impuro mal selecionado e metaquartzoarenito. Feições superficiais ruiformes são comuns nestas litofácies, além de estratificações cruzadas, acanalada e tangencial à base e gradação normal;

(ii) Associação intermediária, constituída de metarenito feldspático mal selecionado e metaconglomerado oligo-

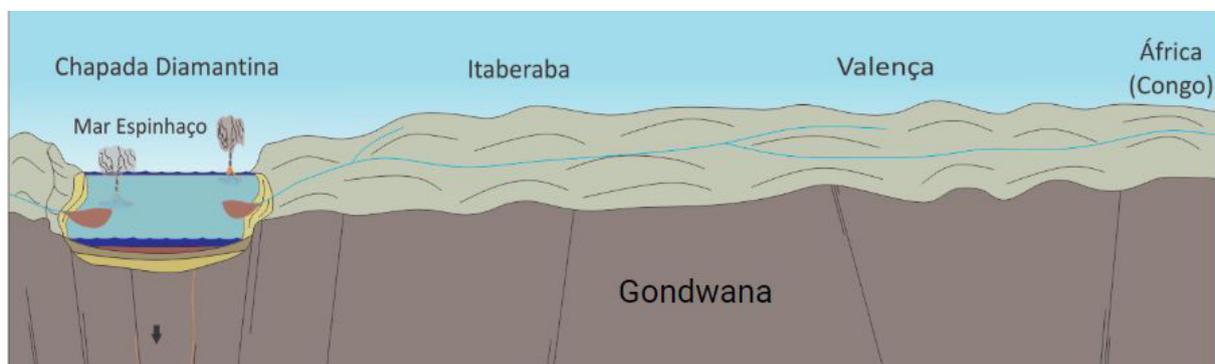


Fig. 11.3: Perfil esquemático de ilustração da bacia intracontinental da Chapada Diamantina no supercontinente Gondwana no Mesoproterozóico. Adaptado de CEZAR; CAMARGO (2018)

mítico (clastos de quartzo leitoso, quartzito e metarenito), com estratificações cruzadas, acanalada e tangencial à base e gradação normal. Esta associação e a anterior se caracterizam por serem portadoras de diamante detritico;

(iii) Associação superior, composta de metaquartzarenito bimodal bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada e tangencial à base de médio a muito grande porte e de níveis de metarenito feldspático e metaconglomerado. Ocasionalmente, na parte superior da associação, as litofácies estão retrabalhadas por ondas.”

Formação Caboclo

A Formação Caboclo é composta principalmente por argilitos e siltitos com estratificação wavy & linsen, e subordinadamente por sílex oolítico, conglomerado e arenito (SAMPAIO et al 1994). Também são descritos laminitos algais e estromatólitos colunares nesta formação (PEDREIRA, 1997). Esta formação é interpretada como depósito de ambiente marinho raso dominado por tempestades em sistemas de planície de maré, barra plataforma e litoral (SILVA, 1994). As idades para essas rochas são de 1140+/-140 Ma (MISI; SILVA, 1996).

Formação Morro do Chapéu

Esta formação de rochas aflora desde a porção norte da região Chapada Diamantina, nas proximidades do município de Morro do Chapéu, até o sul, nas proximidades do município de Mucugê, onde torna-se mais estreita (SILVA, 1994). É composta por conglomerados diamantíferos, arenitos de interface fluvial e estuarina. Exibe contato discordante com as rochas do Grupo Chapada Diamantina, interpretado como erosão regional anterior ao período de deposição (DOMINGUEZ, 1993). Apresenta cinco associações de litofácies siliciclásticas cimentadas principalmente por sílica e óxido de ferro (GUIMARÃES et al 2012). A bacia interior de deposição desta formação teria sido gerada

no final do Mesoproterozóico e preenchida por detritos fluviais de SE NW nos vales escavados sobre a Formação Caboclo até subida do nível do mar formando depósitos com marcas de correntes marinhas em ambiente estuarino (LOUREIRO, 2009).

Supergrupo São Francisco

O supergrupo São Francisco compõe a sucessão sedimentar neoproterozóica do Aulacógeno do Paramirim (CRUZ; ALKMIN 2017). É subdividido da base para o topo nas Formações Bebedouro e Salitre, que constitui um conjunto de rochas carbonáticas e siliciclásticas dentro de estruturas sinformais em Irecê, Una-Utinga e Ituaçu, assentadas sobre o embasamento cristalino, o Grupo Chapada Diamantina e a Formação Morro do Chapéu e recobertas pelas formações cenozóicas superficiais (GUIMARÃES et al 2012).

Bebedouro

O contato inferior da Formação Bebedouro é definido por uma descontinuidade angular regional, e contato o superior com a Formação Salitre, por uma superfície de erosão (CRUZ; ALKMIN 2017). É composta por diamictitos maciços ou estratificados, arenitos, pelitos e níveis de calcilito próximo ao topo. Os diamictitos estratificados afloram próximo ao município de Palmeiras em alternância com areia fina e pelito e a origem destas rochas é interpretada como glacio-marinha ou glacio-deltaica (SILVA, 1994). O intervalo de idade para o evento glacial está entre 1000 e 900 Ma (CRUZ; ALKMIN 2017).

Fm. Salitre

Esta formação é composta de calcirruditos, calcarenitos e dolarenitos, e pelitos terrígenos. As estruturas sedimentares das rochas evidenciam ambiente de alta energia, raso e com exposição subaérea seguida de retrabalhamento por ondas como: marcas de onda, oólitos, intraclastos, e feições orgânicas de laminitos algais (Sampaio et al 1994). A idade de deposição estimada para

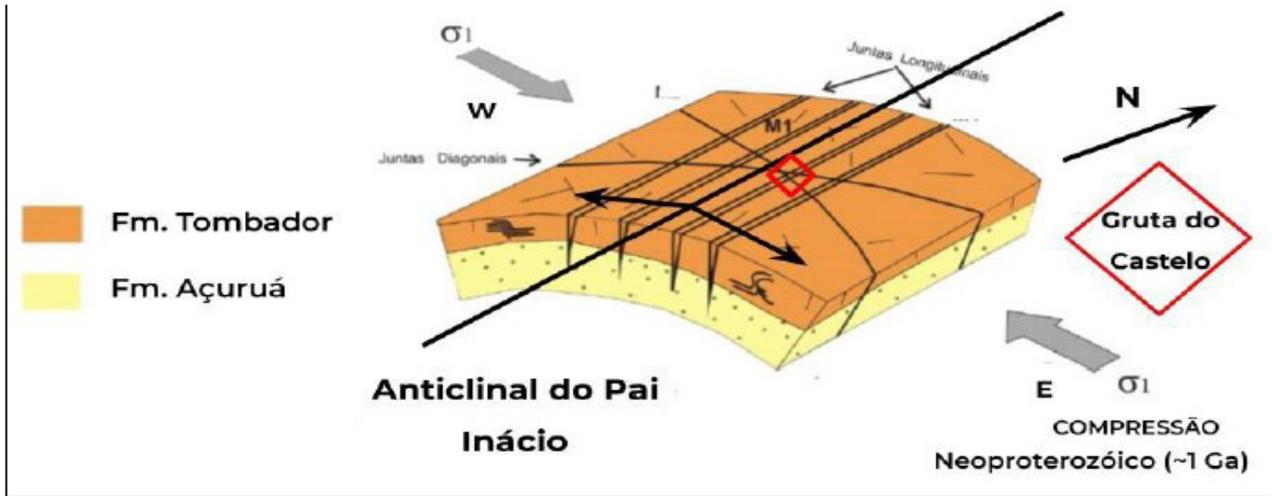


Fig. 11.4: Bloco diagrama ilustrativo da origem do eixo do Anticlinal do Pai Inácio.

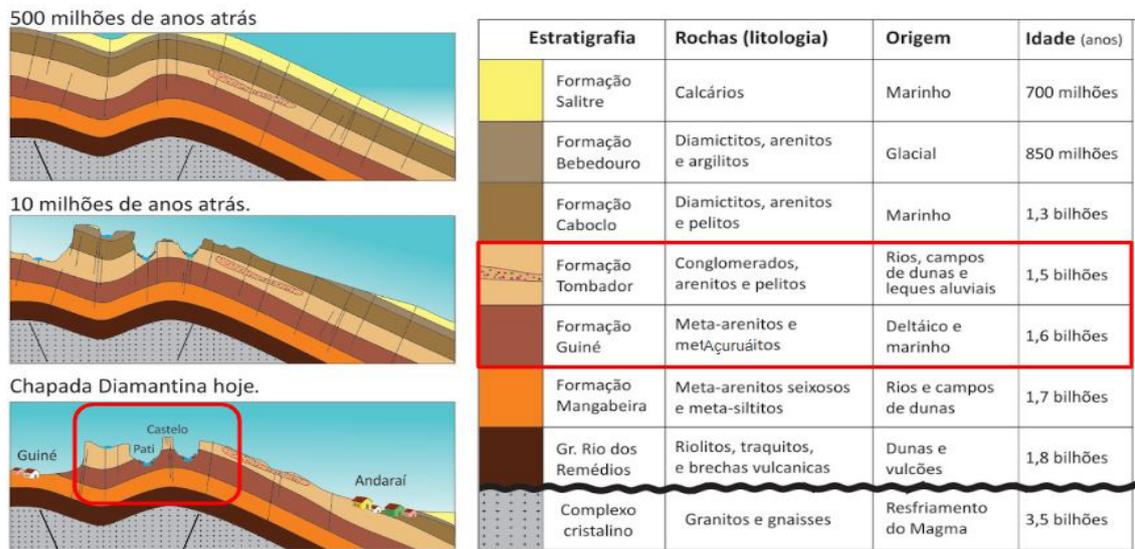


Fig. 11.5: Desenho ilustrativo da evolução do relevo da Chapada Diamantina e coluna estratigráfica regional, com destaque para região do Vale do Pati. Adaptado de CEZAR; CAMARGO (2016)



Fig. 11.6: Situação da Gruta do Castelo em bloco diagrama esquemático da porção norte da região da Chapada Diamantina. Adaptado de CEZAR; CAMARGO (2016).

esta formação é de 700 Ma, e uma intensa migração de fluido durante a deformação Brasileira de idade de 514 ± 33 Ma foi datada em carbonatos estromatolíticos (CRUZ; ALKMIN 2017).

11.3 EVOLUÇÃO TECTÔNICA

A Chapada Diamantina registra mudanças ocorridas ao longo da história geológica desde o período paleoproterozóico, anterior a separação dos continentes sul-americano e africano (GIUDICE, 2012). Neste período o cráton São Francisco, juntamente com o cráton do Congo, eram parte do supercontinente Gondwana (Fig. 11.3), e um sistema de extensão crustal induzida pelo manto terrestre a nível global, iniciou a abertura de diversas bacias na crosta continental, fenômeno conhecido como Tafrogênese Estateriana (~1,75 Ga) (NEVES, 1995). Antes da abertura do sistema de rifts intracontinentais, o soerguimento crustal provocado pelo adelgaçamento da crosta promoveu a deposição de sedimentos eólicos da

Formação Serra da Gameleira, que corresponde a sequência pré-rift do Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina oriental.

No estágio sin-rift, derrames de lavas ácidas e sedimentos terrígenos representantes do Grupo Rio dos Remédios foram depositadas em função da ruptura da crosta. No estágio-rift o rebaixamento da crosta por ajustes tectônicos e deposição continental, provocou a gradativa subida do nível do mar, marcada pelas Formações Mangabeira e Açuruá do Grupo Paraguaçu.

Levantamentos epirogenéticos no sul da Chapada Diamantina determinaram a origem da formação Tombador (PEDREIRA; MARGALHO, 1990), composta por uma sequência de rochas terrígenas depositadas em ambiente fluvial, aluvial e eólico. O regime de quiescência tectônica e o sistema de variações eustáticas do nível do mar provocou a inundação marinha da bacia intracontinental abortada e deposição da Formação Caboclo completando o ciclo de sedimentação do Grupo Chapada Diamantina no calimiano. A descida do nível do mar provocou a erosão e formação de vales na bacia preenchida, onde se depositaram os sedimentos continentais e marinhos da Formação Morro do Chapéu, completando a sequência do Supergrupo Espinhaço que encerra o período Mesoproterozóico.

A inversão da bacia se deu no Neoproterozóico em resposta a propagação das colisões orogênicas de leste para oeste, oriunda da Faixa Araçuaí na borda leste do Cráton São Francisco, gerando um sistema de dobras regionais com de direção NNW-SSE (Fig. 11.4), dentre as quais pode-se destacar o Anticlinal do Pai Inácio (DANDEFER, 1990). Em seguida, um evento glacial ocorrido entre 1000 e 900 Ma, promoveu a deposição da Formação Bebedouro e uma nova subida do nível do mar (Mar Bambuí) depositou a Formação Salitre (CRUZ; ALKMIN 2017).

No final da colisão brasileira com consolidação do Cráton São Francisco, um ajuste tectônico nas Faixas Rio Preto e Riacho do Pontal no norte do Cráton São Francisco promoveu a reestruturação tectônica das rochas do Supergrupo São Francisco e uma acomodação lateral nas rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço com a formação de um sistema de zonas de cisalhamento rúptil e transcorrentes na Chapada Diamantina (DANDEFER, 1990).

A 500 milhões de anos o rebaixamento progressivo do nível do mar promoveu a exposição da cordilheira de rochas que compõe o Supergrupo Espinhaço e deu-se início a denudação do relevo (CEZAR; CAMARGO, 2016) (Fig. 11.5). Atualmente, a região do Anticlinal do Pai Inácio apresenta um relevo arrasado com alguns morros testemunhos alinhados, tais como Morro do Pai Inácio, Morrão (Vale do Capão), Morro Branco do Pati e Morro da Lapinha (Fig. 11.6).

11.4 ARENITOS

Os arenitos equivalem ao produto da consolidação de depósitos de areia (NICHOLS, 2009), fração de diâmetro compreendida entre 0,065 a 2 mm segundo a escala de Wentworth (1922). Segundo PETTIJOHN (1957) o termo arenito representa apenas uma descrição granulométrica e não indica o conteúdo mineralógico, que constitui importante dado para caracterização da proveniência e do grau de maturidade destas rochas. SUGUIO (2002) destaca que a composição mineralógica dos arenitos resulta da interação de uma diversidade de processos intempéricos, erosivos envolvidos desde a área fonte até o local de deposição e processos diagenéticos posteriores a sedimentação. Além da granulometria, que reflete o tamanho, a descrição de outros aspectos texturais como forma (esfericidade e arredondamento), selecionamento, arranjo dos grãos e a natureza do cimento são fundamentais para identificar os ambientes deposicionais dos arenitos (HEINRICH, 1956; SUGUIO, 2002).

Propriedades Fundamentais dos Arenitos

De acordo com KRYNINE (1948), a composição e a textura são propriedades básicas fundamentais que compõem as rochas sedimentares, e as estruturas presentes nestas rochas refletem variações nestas duas propriedades, podendo ser consideradas como terceiro aspecto de análise fundamental. A descrição das rochas sedimentares compõe o estudo da petrografia sedimentar e constitui a base para interpretação de história geológica envolvida na sua formação (GRIFFITHS, 1961).

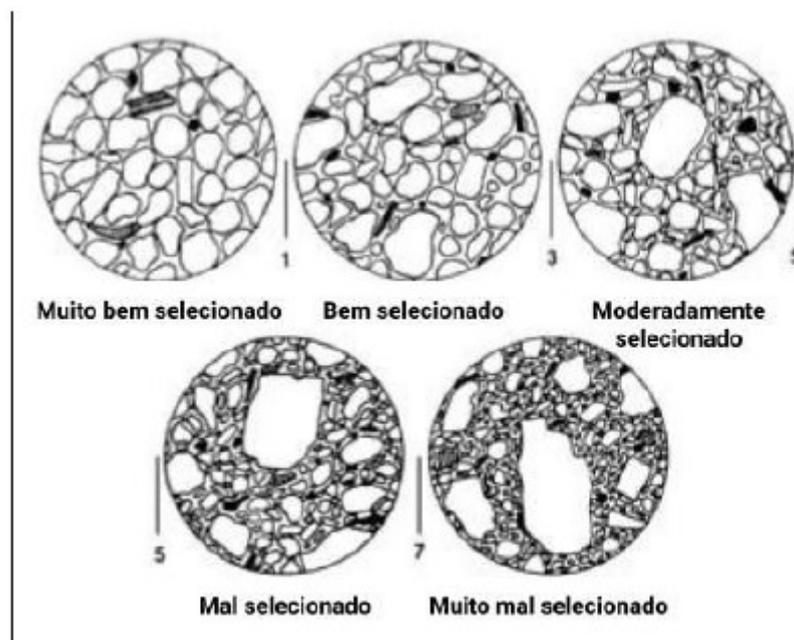
O resumo destas propriedades no contexto dos arenitos, será apresentado a seguir, tendo-se como principais bibliografias:

Tabela 11.2: Escala granulométrica do tamanho dos sedimentos com destaque para o intervalo de tamanho areia.

Escala phi	Escala métrica	Classe de tamanho	Size Class	Outros nomes
<-8	>256 mm	Bloco	Boulder	Matacão
- 6 to - 8	64- 256 mm	Seixo	Cobble	Bloco ou Calhau
- 5 to - 6	32---64 mm	Cascalho muito grosso	Very coarse gravel	Seixo muito grosso
- 4 to - 5	16-32 mm	Cascalho grosso	Coarse gravel	Seixo grosso
- 3 to - 4	8- 16 mm	Cascalho médio	Medium gravel	Seixo médio
-2 to - 3	4-8 mm	Cascalho fino	Fine gravel	Seixo fino
- 1 to - 2	2-4mm	Cascalho muito fino	Very fine gravel	Grânulo
0 to - 1	1-2mm	Areia muito grossa	Very coarse sand	
1 to 0	0.5- 1 mm	Areia grossa	Coarse sand	
2 to 1	0.25- 0.5 mm	Areia média	Medium sand	
3 to 2	125- 250 μ m	Areia fina	Fine sand	
4 to 3	62.5- 125 μ m	Areia muito fina	Very fine sand	
8 to 4	3.9---62.5 μ m	Silte	Silt	Lama
10 to 8	0.98- 3.9 μ m	Argila	Clay	Lama
20 to 10	0.95- 977 nm	Colóide	Colloid	Lama

Adaptado de WENTWORTH (1922).

Fig. 11.7: Padrões de classificação da seleção granulométrica.



Adaptado de LINDHOLM (1988).

PETTIJOHN (1972), FOLK (1980), SUGUIO (2002), PRO-
THERO & SCHWAB (2014), NICHOLS (2009).

Composição

A composição mineralógica dos arenitos é herdada da sua área fonte e modificada pelos processos erosivos (físicos) e intempéricos (químicos) envolvidos no transporte dos sedimentos até

a bacia de sedimentação, e também dos processos diagenéticos (químicos) posteriores. O selecionamento composicional dos grãos durante o transporte decorre da abrasão diferencial e a dissolução das partículas conforme sua resistência física e estabilidade química, respectivamente, enquanto as mudanças diagenéticas pós deposicionais compreendem processos exclusivamente químicos: dissolução, precipitação e alteração de minerais. Desta forma, dois grandes grupos de minerais podem ser identificados nos arenitos, os detriticos que refletem as litologias da área

fonte, e processos de remoção por intemperismo, transporte e diagênese; e os químicos que caracterizam o ambiente deposicional e diagenético (PETTIJOHN, 1972; SUGUIO, 2002).

Minerais Detríticos

De acordo com FOLK (1980) a abundância dos minerais detríticos em uma rocha sedimentar depende da disponibilidade destes na área fonte, da durabilidade mecânica e da estabilidade química.

- **Minerais de sílica:** o quartzo é polimorfo da sílica mais comum nos arenitos, sendo a variedade monocristalina mais abundante nos arenitos puros que o quartzo policristalino. Este apresenta-se como um agregado de cristais de quartzo. O quartzo monocristalino derivado de veios hidrotermais apresentam geralmente vácuos de inclusões fluidas, os de rochas plutônicas e metamórficas de alto grau exibem extinção ondulatória, e os de fontes vulcânicas ou de antigos arenitos apresentam extinção não ondulatória. A calcedônia também é comum nos arenitos não vulcânicos.
- **Feldspatos:** são um dos componentes principais de rochas ígneas e metamórficas, e também são minerais comuns em arenitos, sendo os feldspatos potássicos mais abundantes que os plagioclásios sódicos, pois são mais comuns na crosta continental e mais resistentes à decomposição.
- **Argilominerais e outros minerais placóides** (micas, cloritas, etc.): os minerais micáceos (placóides) apresentam estrutura cristalina em lâminas/placas, e nos arenitos tendem a ocorrer em tamanhos entre silte e areia. Em lâmina delgada é comum exibirem formato alongado, por vezes dobrados entre grãos mais rígidos, devido às pressões de compactação. Os argilominerais são difíceis de identificar pela microscopia óptica devido à pequena granulometria que exibem. São os componentes principais da matriz dos arenitos, e incluem minerais do grupo da caulinita, esmectita, micas, clorita, entre outros.
- **Fragmentos líticos:** fornecem informações importantes sobre a proveniência, pois a presença destes fragmentos no arenito depende do tamanho do grão da rocha fonte. Esta deve apresentar cristais ou grãos de diâmetro areia ou menor para integrar o depósito arenoso. Devido a isso clastos de rochas vulcânicas, ardósias, filitos, folhelhos, xistos e chert são mais abundantes que rochas plutônicas e gnáissicas.
- **Minerais pesados:** compreendem silicatos e óxidos de maior densidade que os minerais mais abundantes dos arenitos. O zircão é o mineral pesado mais comum nos arenitos

devido sua elevada resistência ao intemperismo e transporte, e de fácil distinção em lâmina delgada por apresentar alto relevo, incolor e em formato equidimensional ou alongado. Outros minerais pesados relativamente comuns nos arenitos são rutilo, apatita, esfeno e turmalina. Anfibólio e piroxênio, apesar de menos resistentes ao transporte e intemperismo também podem ocorrer nos arenitos.

Minerais Químicos

- **Carbonatos:** a calcita e a dolomita são as variedades mais comuns nos arenitos, e ocorrem como cimento precipitado quimicamente entre os poros. A siderita (carbonato rico em ferro) também pode ser encontrada tanto como cimento quanto em nódulos de concreções.
- **Sílica autigênica:** diferente da sílica detrítica forma-se durante a diagênese, e se apresenta como um sobrecrecimento de quartzo, opala ou calcedônia no entorno dos grãos, funcionando como cimento nos arenitos.
- **Sulfatos:** assim como os carbonatos, a gipsita, anidrita e barita que compõe este grupo, são comuns integrantes do cimento dos arenitos. Semelhante a siderita, a barita também pode ocorrer como concreções.
- **Sulfetos:** a pirita é o mineral mais encontrado nos arenitos em condições oxidantes enquanto a marcassita predomina em condições redutoras.
- **Outros minerais:** os fosfatos, silicatos de ferro, óxidos e hidróxidos de ferro, zeólitas, entre outros minerais de origem química também podem ocorrer nos arenitos.

Texturas

Segundo KRYNINE (1948), textura representa a inter-relação dos constituintes da rocha, e pode ser definida como o padrão de agrupamento dos três principais elementos texturais: os grãos, a matriz e o cimento. Os grãos são as unidades básicas que representam as partículas maiores enquanto a matriz são as mais finas compreendidas nos espaços intersticiais entre os grãos. O cimento é o precipitado químico autigênico infiltrado entre os grãos e a matriz. Os atributos de textura incluem tamanho, formato, arredondamento, feições superficiais, e arranjo dos grãos. A análise destes atributos permite identificar o ambiente e os processos de deposição, propriedades físicas como porosidade e permeabilidade, distinguir diferentes unidades lito-estratigráficas, entre outras possibilidades de aplicação (PETTIJOHN, 1972).

O termo tamanho tem significado de diâmetro e pode ser

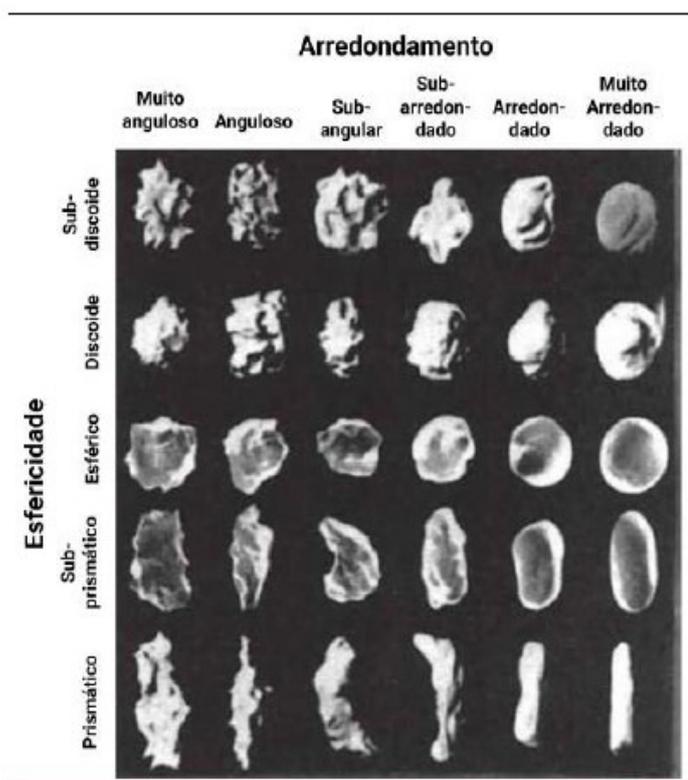


Fig. 11.9: Gráfico de classes de arredondamento e esfericidade dos grãos. Adaptado de PROTHERO & SCHWAB (2014).



Fig. 11.11: Tipos de porosidade secundária. Extraído de SOUZA (2017).

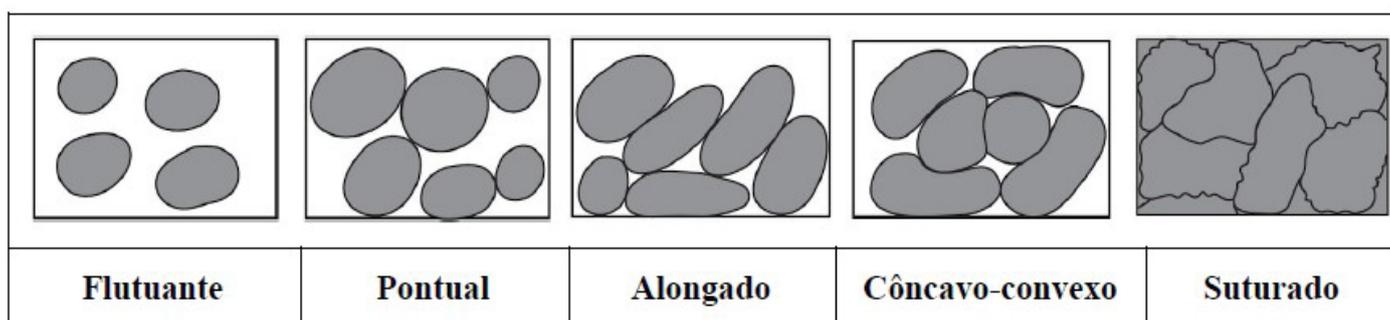


Fig. 12.10: Principais tipos de contato entre os grãos. Adaptado de PETTIJOHN (1972).

definido pela escala de Wentworth (Fig. 11.7). Para o grupo dos arenitos o tamanho da maioria dos grãos deve estar na fração entre, 2 e 0.065 mm, no entanto partículas maiores e menores que este intervalo podem coexistir. A medida do diâmetro dos grãos dos arenitos pode ser feita através do microscópio petrográfico através do qual é possível medir os eixos dos grãos e estimar sua distribuição. SUGUIO (2002) recomenda para isto, o método de Chayes, que se faz pela medida do campo visual do microscópio a um determinado aumento, da contagem da quantidade de grãos sob as linhas de interferência da lente ocular, seguida pela divisão de dobro do diâmetro pelo número de grãos.

Para identificar o agente de transporte e a configuração do depósito é necessário realizar medidas e análises estatísticas para o tamanho dos grãos, como cálculo aritmético do tamanho

médio do grão e grau de seleção aplicação de fórmulas padronizadas (PROTHERO & SCHWAB, 2014). O tamanho médio dos grãos é descrito pela moda, tamanho de partícula que ocorre com mais frequência, pela mediana que representa o ponto médio da distribuição do tamanho dos grãos, e por fim pela média que equivale ao tamanho médio de todos os tamanhos de partículas de uma amostra. O grau de seleção é uma medida da variedade de tamanhos de grãos presentes e da magnitude da dispersão ou dispersão desses tamanhos em torno do tamanho médio (Fig. 11.8). Estes dois parâmetros afetam diretamente a habilidade de transmissão e armazenamento de fluido das rochas, e são de grande utilidade para caracterização hidrogeológica das rochas (BOGGS, 2009).

A forma e arredondamento são atributos úteis para descri-

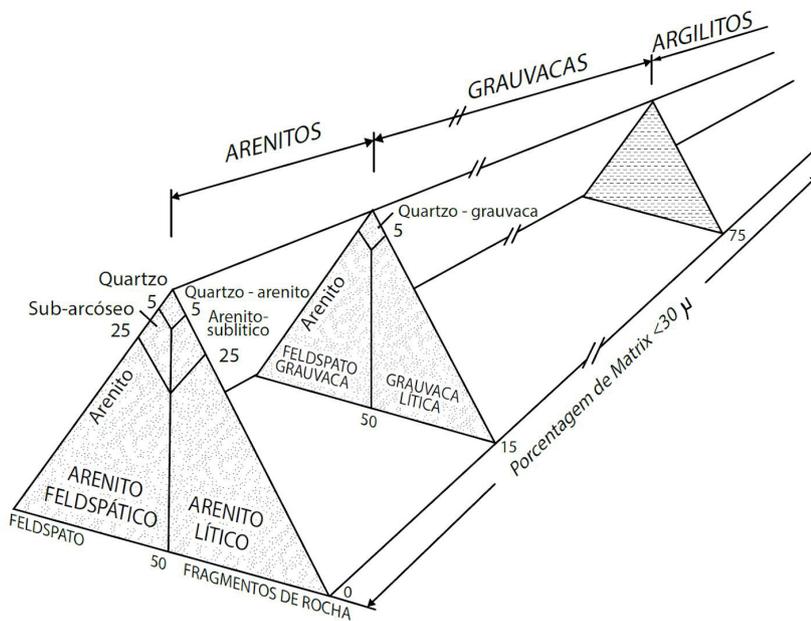


Fig. 11.12: Diagramas triangulares classificação de arenitos terrígenos. Adaptado de PETTIJOHN (1972).

ção e distinção dos tipos de arenitos (PROTHERO & SCHWAB, 2014). O grau de esfericidade é o índice de forma mais utilizado para descrever os grãos de areia (SUGUIO, 2002). Segundo KRYNINE (1948), a forma pode ser definida em termos das dimensões do comprimento, espessura e largura, podendo ter as seguintes denominações equidimensional, alongado ou acicular. O formato de um grão pode representar uma característica típica de uma família de minerais, como por exemplo o formato pla-cóide dos grãos de mica (NICHOLS, 2009). O arredondamento indica o grau de agudez das arestas, e depende diretamente do tamanho do grão, de suas propriedades físicas e história de abrasão (PETTIJOHN, 1972). O arredondamento é medido pelo raio de curvatura das arestas e o tamanho máximo do círculo que pode circunscrever o grão, podendo ser expresso em 6 classes (Fig. 11.9).

O reconhecimento das feições superficiais nos grãos de areia é feita através de exames microscópios ópticos e eletrônicos (SUGUIO, 2003). A dissolução e a reprecipitação de sílica sob condição subaquosa foi reconhecida pelos estudos de KUENEN & PERDOK (1962) apud SUGUIO (2003) como o principal mecanismo de formação das feições superficiais, ao invés da ação eólica durante o transporte. Em regiões tropicais, a dissolução superficial dos grãos de quartzo dos arenitos promove obliteração de texturas superficiais ultramicroscópicas produzidas por ação glacial, eólica e subaquosa e em contrapartida, elevação dos teores de SiO₂ em solução das águas superficiais (SUGUIO, 2003).

O arranjo dos grãos define a orientação/organização e o tipo de contato entre os grãos de um arenito (Fig. 11.10), poden-

do ser isotrópico (estrutura maciça) ou orientado que reflete o alinhamento dos grãos segundo seu formato. Este atributo exerce controle sobre a porosidade e a permeabilidade da rocha (PROTHERO & SCHWAB, 2014). A orientação dos grãos é controlada pela natureza do meio de transporte, o tipo de regime de fluxo, o sentido e a velocidade das correntes. Nos depósitos de areia de praia, por exemplo, a orientação dos grãos é perpendicular enquanto nos depósitos fluviais os grãos se orientam paralelamente ao comprimento do corpo arenoso. No entanto, atividades biogênicas, processos pós-deposicionais e deformacionais podem produzir mudanças na orientação original dos grãos, o que torna este atributo por vezes duvidoso para interpretação sedimentológica (SUGUIO, 2003).

Estruturas Sedimentares

De acordo com PETTIJOHN (1972), o estudo das estruturas sedimentares é apropriado para descrição macroscópica de campo, servindo de guia para determinação de agentes ou ambiente de deposição, de posição estratigráfica, de mapeamento de sistemas de paleocorrentes, bem como indicam condições de fluxo e mudanças químicas pós-deposicionais. Este autor sumariza estas estruturas de acordo com os processos e texturas produzidas em quatro grupos: estrutura de corrente, deformacionais, biogênicas e químicas.

Outra forma de descrever as estruturas sedimentares de corpos sedimentares é feita quanto aos atributos da morfologia externa, definida pela sua extensão (tamanho), forma e limites (KRYNINE, 1948). O tamanho do depósito sedimentar inclui sua extensão horizontal (comprimento, área e largura), espessura e volume. A forma se expressa através das relações entre os diferentes fatores de tamanho: área/volume, largura/espessura. Quanto à geometria dos corpos arenosos, SUGUIO (2003) destaca pelo menos 4 tipos: lençóis ou cobertores, forma de vagem, forma de fita e formas dendroides. Estes últimos apresentam-se sinuosos, ramificados com tributários e distributários, típicos de ambiente fluvial e deltaico.

Porosidade

A porosidade de uma rocha representa a quantidade de espaços vazios em relação ao volume total de uma rocha ou material poroso. A interligação entre os poros existentes entre si e com

a parte externa do maciço rochoso corresponde a porosidade efetiva. Nas rochas sedimentares e nos sedimentos consolidados sedimentologia dois tipos de porosidade principais distinguem-se entre si: a primária que é sindeposicional, e a secundária (Fig. 11.11), pós-deposicional (SUGUIO, 2003). A porosidade intergranular também conhecida como permeabilidade primária é uma característica textural da rocha relacionada diretamente a origem sedimentar, aos processos diagenéticos e/ou metamorfismo de baixo grau (JENNINGS, 1971).

Classificação dos Arenitos

Dentro da classificação geral das rochas sedimentares de FOLK (1968), os arenitos estão no grupo de rochas terrígenas, as quais representam entre 65% a 75 % das seções estratigráficas já descritas (SUGUIO, 2003). Outros termos como: siliciclástico, em referência ao conteúdo de quartzo, feldspato, fragmentos de rochas e outros minerais silicáticos; detrítico que simboliza a natureza fragmentária dos constituintes; e epiclástico que significa derivado da superfície, também podem ser utilizados para descrever o grupo de rochas sedimentares terrígenas (PROTHERO & SCHWAB, 2014).

De acordo com Heinrich (1956) o mecanismo principal de formação das rochas epiclásticas é a acumulação mecânica de material intemperizado (física e quimicamente) proveniente de rochas preexistentes na superfície terrestre (ígneas, metamórficas ou sedimentares), transportado por águas correntes (rios ou mares), vento ou gelo. Ainda segundo este autor, a subdivisão deste grupo de rochas é feita com base em duas características principais: o tamanho e a composição das partículas. Com base na escala granulométrica de Wentworth (1922), que define sete intervalos de diâmetro das partículas, os sedimentos epiclásticos podem ser agrupados em rochas rudáceas/psefíticas, arenáceas/psamíticas e lutáceas/pelítica (HEINRICH, 1956; SUGUIO, 2003).

Conforme observado por Suguio (2002), a diversidade de propostas existentes na bibliografia para classificação de arenitos se baseia em critérios descritivos e/

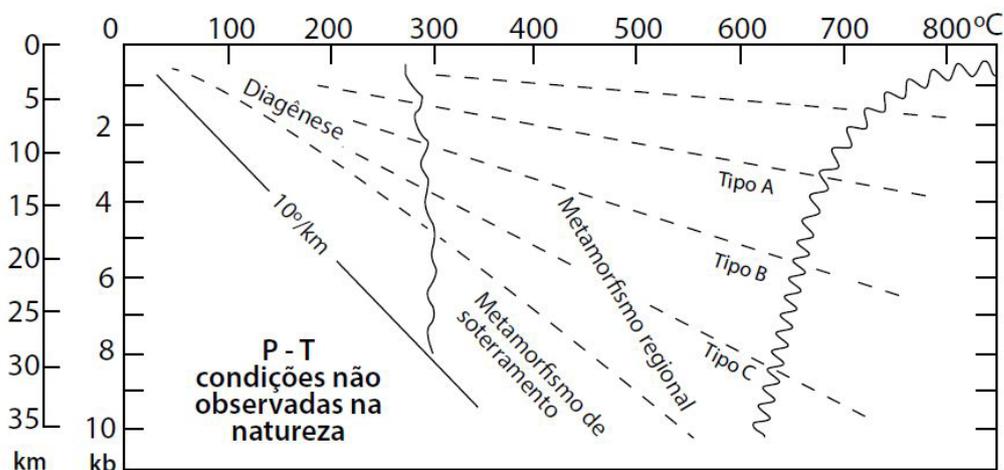


Fig. 11.13: Diagrama esquemático de pressão-temperatura para diagênese e diferentes tipos de metamorfismo. Adaptado de PETTIJOHN (1972).

ou genéticos. Nesse sentido, a petrografia microscópica, técnica que realiza o estudo descritivo da composição mineralógica e textural das rochas para sua classificação sistemática (GROUT, 1932; CAROZZI, 1960; HIBBARD, 1995), aliada a outras técnicas como mapeamento de campo e análises químicas, constitui uma importante ferramenta de auxílio à interpretação petrogenética (HEINRICH, 1956, PETTIJOHN, et al 1972).

Dentre as classificações existentes para rochas arenáceas destaca-se a versão de PETTIJOHN et al (1972) que utiliza dois critérios principais: a proporções de quartzo, feldspato e fragmentos líticos (Q+Fd+FL) de tamanho areia e a porcentagem da matriz argilosa, tendo-se arenitos puros impuros aqueles com menos de 15% de matriz e arenitos impuros/grauvacas aqueles com mais de 15% (Fig. 11.12). Segundo o autor, a proveniência da rocha é o fator de maior influência das características petrográficas de um arenito, e a partir disto apresenta quatro classes para este grupo: quartzo-arenitos, arenitos feldspáticos/arcósios, arenitos líticos/litarenitos e grauvacas. De forma análoga, CAROZZI (1960) em seu estudo sobre petrografia microscópica sedimentar, subdivide as rochas arenáceas em quatro séries de mesma nomenclatura.

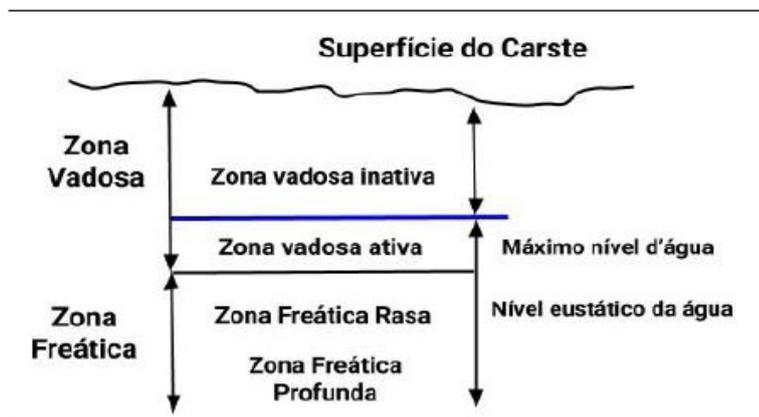


Fig. 11.14. Zonas do sistema hidrogeológico do carste. Adaptado de Bogli (1980)

Quartzo Arenitos

Outras denominações presentes na literatura para esta classe de rochas são, arenitos puros (CAROZZI, 1960) e ortoquartzitos (KRYNINE, 1945). Esta classe de arenito apresenta 95% de grãos de quartzo, geralmente cimentados em continuidade cristalográfica e ótica por quartzo, podendo se tornar quartzitos ao atingir estágios avançados de cimentação (PETTIJOHN, 1972), a qual CAROZZI (1960) descreve como desenvolvimento de textura quartzítica.

Os quartzo-arenito apresentam coloração branca, por vezes rósea ou avermelhada em presença de óxido ferro (menos de 1%) revestindo os grãos. Predominam grãos de quartzo monocristalinos com altos graus de arredondamento e seleção granulométrica, enquanto quartzo policristalino e quartzo com extinção ondulante, menos estáveis ao retrabalhamento, tendem a ser inexistentes nestes depósitos. Outros minerais estáveis como sílex, metaquartzito, e metais pesados como zircão, turmalina e rutilo podem estar presentes nestas rochas (PROTHERO; SCHWAB, 2014). O cimento silicoso é o mais comum, primeiramente na forma de quartzo e mais raramente opala e/ou calcedônia. Em seguida tem-se os carbonatos, sendo a calcita mais abundante que a dolomita. Outros cimentos mais raros são o óxido de ferro, anidrita, barita e celestina (PETTIJOHN, 1972).

A ocorrência dessas rochas está relacionada a áreas tectonicamente estáveis geralmente sob forma de camadas lateralmente extensas, de espessura variável (dezenas a centenas de metros). De acordo com HEINRICH (1956), é possível que quartzarenitos formem-se por intenso intemperismo químico, retrabalhamentos cíclicos, re-selecionamento de outros arenitos, ou uma combinação desses fatores. É difícil identificar se a maturidade textural e composicional desses arenitos resultou de ação éolica ou de ondas em sistema marinho raso (PETTIJOHN, 1972). É comum a presença de estratificação cruzada (pequeno a grande porte), marcas de onda e laminações planas (PROTHERO; SCHWAB, 2014).

Arenitos Líticos ou Litoarenitos

Esta classe exibe coloração acinzentada e é caracterizada pela maior porcentagem de fragmentos de rocha em relação aos grãos de feldspato, e pelo predomínio de cimento secundário precipitado na matriz detrítica primária (CAROZZI, 1960). No grupo dos arenitos estes são os maior variabilidade química e mineralógica. Fragmentos de rochas vulcânicas, metamórficas de baixo grau e sedimentares são as mais frequentes nestes arenitos e apresentam sempre granulometria fina. Os litoarenitos são interpretados como sequências molassas, de rochas supracrustais em áreas fontes próximas à bacia de sedimentação sob regime de soerguimento e/ou aridez, ou depósitos aluviais cra-

tônicos de rios largos derivados das margens ou de áreas fonte distantes; ou turbiditos marinhos em depressões geossinclinais. Os períodos de ocorrência destas rochas mais comuns são o Cretáceo e o Neógeno (PETTIJOHN, 1972).

Grãos de quartzo e fragmentos de rochas pelíticas como siltitos, filitos, xistos e folhelhos em tamanho areia também são abundantes. Mica detrítica laminar tende a se concentrar nos planos de acamamento e podem exibir deformações devido à compactação. Possuem cimento silicoso e/ou carbonático, este último tende a ser substituído por quartzo secundário eudríco. (PETTIJOHN, 1972).

Arenitos Feldspáticos ou Arcósios

Os arcósios se caracterizam pela granulometria bimodal e baixo grau de arredondamento dos grãos, cuja mineralogia predominante é o quartzo e feldspato (maior em volume) que confere à rocha tons avermelhados. Quartzo policristalino e grânulos quartzo-feldspáticos, bem como argilas caulínicas, micas detríticas e cimento carbonático são comuns nos arcósios (PETTIJOHN, 1972). Apesar da baixa estabilidade química do feldspato, este mineral é essencial nos arcósios (mais de 25%) e sua abundância no depósito sedimentar implica condições especiais no ambiente de formação. Estas condições podem ser aridez climática, e soerguimento ou vulcanismo seguido de soterramento rápido (FOLK, 1980).

Os arcósios podem exibir, estrutura maciça produto do intemperismo in-situ e laterização de granitos e gnaisses, ou estratificação cruzada, com maior grau de arredondamento dos grãos e maior porcentagem de quartzo, que sugerem atuação de mecanismos de transporte.

Grauvacas

As grauvacas incluem uma variedade de arenitos cinza-escuros que apresentam um espectro granulométrico contínuo de grãos de mais finos até partículas mais grossas da fração areia. O conteúdo argiloso sendo um componente mais fino no arcabouço é um elemento de distinção entre as grauvacas e os arcósios e também pode ser confundido com a matriz. Esta, por sua vez, possui granulometria silto-argilosa e geralmente exibe agregados microcristalinos de quartzo, feldspato, muscovita, biotita, ilita, clorita e sericita produzidos por mecanismos diagenéticos. Dentre os minerais menos abundantes e acessórios destacam-se: micas detríticas (biotita e mais comumente muscovita), ankerita, pirita (PETTIJOHN, 1972). A variedade granulométrica sugere mecanismos de turbidez envolvidos no transporte, e a relação do tamanho do grão com o grau de esfericidade indica curto período de abrasão, que deve ter predominado sobre o intemperismo

químico atestado pela presença da matriz silto-argilosa primária (CAROZZI, 1960).

As grauvas podem ser divididas com relação a abundância de fragmentos líticos e de grãos de feldspato em grauvas líticas, cujas partículas predominantes são de folhelho, siltito, ardósia, filito ou micaxisto, e grauvas feldspáticas cujo mineral mais comum é o plagioclásio sódico. A variedade composicional dos grãos indica uma diversidade de áreas fonte. As estruturas sedimentares mais comuns nestas rochas são estratificação em gradação granulométrica, dobras convolutas, laminações de corrente, marcas de carga e tendem a apresentar interestratificação rítmica com argilitos (PETTIJOHN, 1972). Grauvas não são bons indicadores climáticos do ambiente de deposição uma vez que sua composição e granulometria variada indicam redeposição de outros depósitos de areia. No entanto, assim como os arcósios é possível interpretar que as condições de transporte, deposição e soterramento do depósito tenha acontecido rapidamente mantendo diversos minerais e fragmentos de rocha facilmente intemperizáveis.

Diagênese

De forma simplificada, a diagênese compreende um conjunto de transformações submetidas ao depósito sedimentar resposta a novas condições físicas e químicas, envolvendo dissolução e reprecipitação de fluidos aquosos presentes nos poros do sedimento (GIANNINI; MELO, 2009). De acordo com SUGUIO (2002), o fenômeno da diagênese se processa segundo as variações de temperatura, pressão, volume e composição de fluidos intersticiais e modificações das propriedades petrofísicas de permeabilidade e porosidade das rochas.

Muitos autores reconhecem a dificuldade de definir um limite arbitrário de temperatura e pressão entre a diagênese e o metamorfismo (PETTIJOHN, 1972; SUGUIO, 2003; PROTHERO, 2014). PETTIJOHN (1972), indica que as diferenças entre esses dois estágios podem ser detectadas através das assembleias minerais, que nas rochas metamórficas são expressas pelas isógradas, fácies metamórficas ou grades petrogenéticas, enquanto as rochas sedimentares tendem a refletir mais a mineralogia original do depósito sedimentar do que efeitos de temperatura e pressão (Fig. 12.13). Na diagênese, a baixa amplitude de variação térmica e pressão não promovem energia cinética suficiente para transformações minerais.

Dentre os principais processos diagenéticos destacam-se: autigênese, cimentação, compactação, desidratação, diferenciação diagenética, dissolução diferencial, recristalização e substituição metassomática (KRUMBEIN; SLOSS (1963) apud SUGUIO, 2003). A evidência mais direta da diagênese

dos arenitos é a relação textural entre os grãos minerais que pode ser observada pela substituição pseudomórfica de um mineral ou agregado cristalino por outro. Secundariamente, mudanças na mineralogia, expressas pela baixa cristalinidade e ausência de inclusões fluidas nos minerais são indícios de cristalização autigênica. As mudanças nas propriedades físicas de porosidade e permeabilidade dos arenitos podem ser atribuídas ao aumento de grãos detríticos por supercrescimento e precipitação de cimentos minerais nos poros e secundariamente pela compactação durante a diagênese. Os cimentos mais comuns nos arenitos são a sílica e o carbonato, e constituem também uma importante evidência diagenética.

11.5 Espeleologia

A palavra espeleologia deriva do radical latino “spelaion” que quer dizer caverna, e do sufixo grego “logos”, que significa estudo. WINGE (2019), define o termo como “estudo científico integrado de cavernas quanto à origem e evolução, incluindo a sistematização da sua morfologia, de suas feições geológicas e hidrológicas, da geoquímica, da biologia e paleontologia”. De acordo com LEINZ & LEONARDOS (1977), espeleologia é sinônimo de cavernologia e corresponde ao “setor da geologia física que trata das cavernas”.

No Brasil, a Espeleologia surge como ciência no século 19, a partir de achados e registros sistemáticos de sítios arqueológicos e paleontológicos em cavernas por Peter Lund e Richard Krone, e se consagra em 1937 com a criação da Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) (GAMBARINI, 2012). Segundo a SEE (1991), a Espeleologia possui íntima relação com o desenvolvimento de outras áreas do conhecimento, como: topografia, geologia, geografia, biologia, ecologia, arqueologia, paleontologia entre outras, e se concretiza a partir da análise de aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos do ambiente cavernícola e seu entorno.

Por caverna, entende-se uma abertura natural na superfície de dimensões suficientes para permitir a entrada do homem e que se estende além da zona fótica (MORGAN; DAVIES, 1991). Esta descrição restringe o significado de caverna a uma perspectiva antropocêntrica, e não contempla a totalidade do universo espeleológico, que inclui por exemplo, condutos centimétricos habitados por troglóbios, formas de vida especializadas a ambientes subterrâneos (hipógeo), ou por onde passam imensos volumes de água (AULER; PILO 2013). A palavra gruta também é utilizada como sinônimo de caverna para representar cavidades pequenas a médias, ricas em ornamentação de espeleotemas (depósitos químicos) (BOGLI, 1980).

Do ponto de vista físico ou geológico, uma caverna registra relações existentes entre a rocha encaixante (mineralogia e es-

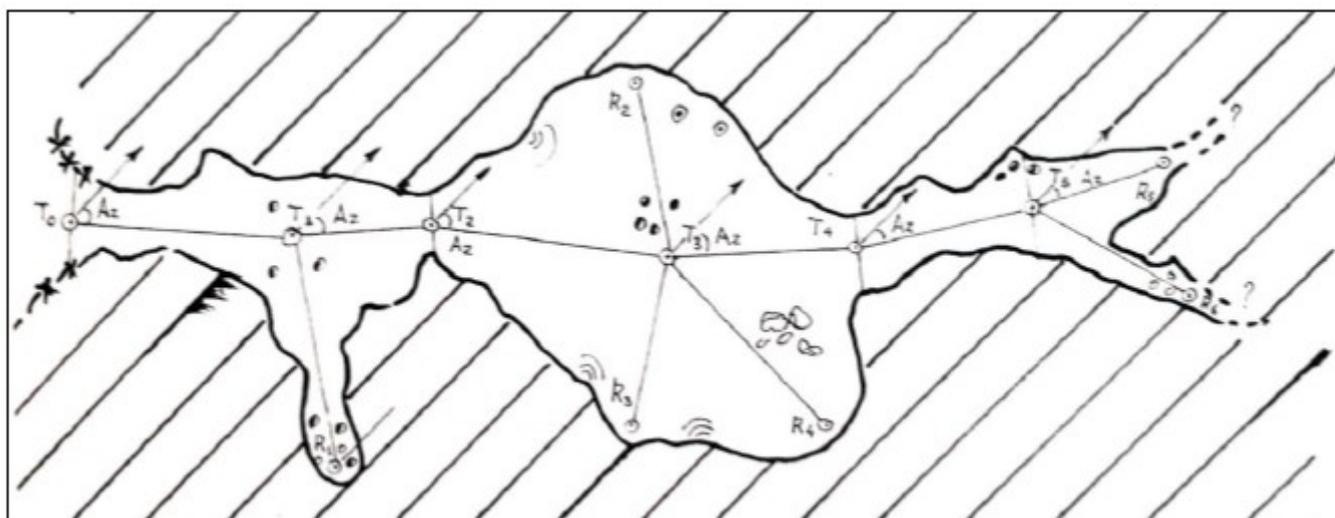


Fig. 11.15: Exemplo de planta baixa. Extraído de SEE (1991).

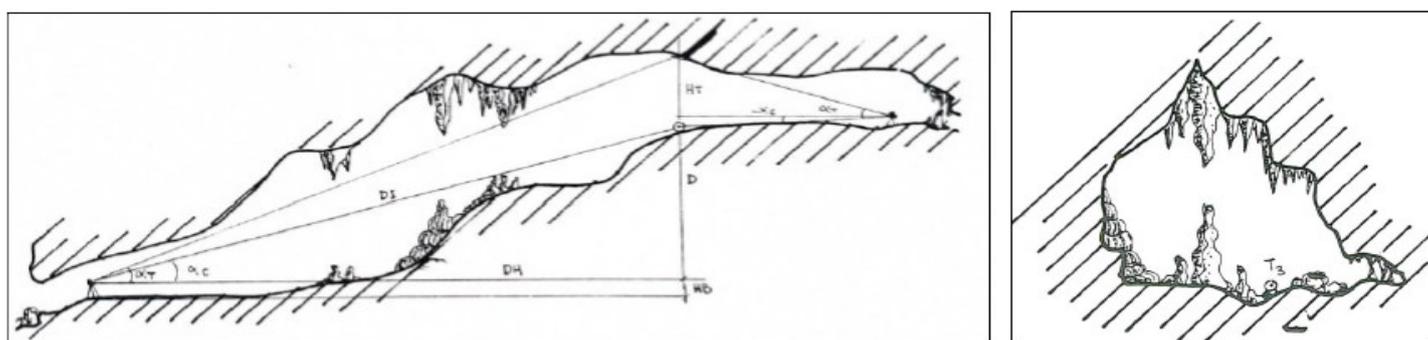


Fig. 11.16: A esquerda, exemplo de perfil ou corte longitudinal. A direita, corte transversal ou seção. Extraído de SEE (1991).

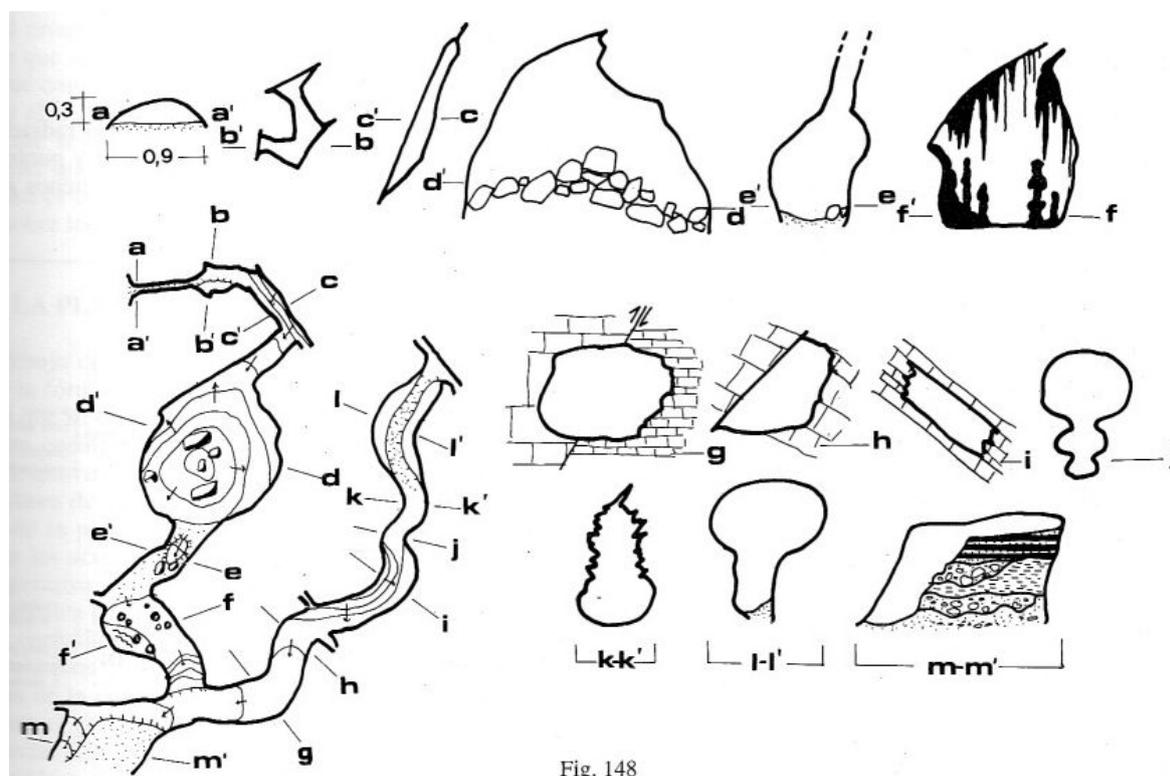


Fig. 148

Fig. 11.17: Exemplo de diferentes tipos de seções. Extraído de MARTINEZ & RIUS (1992).

trutura) e os fatores intempéricos, onde a água atua como agente primordial de desenvolvimento do sistema cárstico através da dissolução (HARDT, 2015). Além das cavernas, outros tipos de feições geomorfológicas como rios subterrâneos, vales cegos, paredões, colinas em forma de torres e dolinas, poljes são formas determinadas pela dissolução das rochas constituindo o relevo cárstico (PILÓ, 2003; HARDT, 2009).

As cavernas se formam onde o fluxo de água subterrânea é forte o suficiente para remover a camada dissolvida e manter a água insaturada em contato com a rocha, dando origem a um sistema de condutos que facilitam a circulação descendente de fluidos (GUN, 2003). De acordo com o autor, o desenvolvimento dessa permeabilidade organizada do ponto de vista hidrogeológico é um dos princípios da espeleogênese, e se aplica na compreensão adequada da evolução e comportamento dos sistemas cársticos.

Carste

O termo carste deriva da palavra eslava Krs, que significa penhasco ou pedra e faz referência a uma região entre a Eslovênia e a Itália cujo relevo cárstico se desenvolve em rochas carbonáticas, e foi descrito cientificamente pela primeira vez (JENNINGS, 1971, FORD; WILLIAMS, 2007). Apesar de ter sido consagrado neste tipo de rocha, o termo carste faz referência a todas as formas de relevo produzidas pela dissolução independente da escala, das feições superficiais ou do tipo de rocha (WHITE, 1988). Apesar de o relevo cárstico ser comum às rochas carbonáticas devido a sua elevada solubilidade, muitos estudos demonstram que nas rochas siliciclásticas, anteriormente consideradas insolúveis, tais como arenito, quartzito, granitos e gnaisses este tipo de relevo também pode se originar (HARDT, 2009).

Segundo ANDREYCHOUK e colaboradores (2009), o carste abrange um sistema de processos e fenômenos em desenvolvimento na subsuperfície e superfície terrestre, resultante da interação de águas naturais com rochas sob condições favoráveis de dissolução. Nesta mesma linha, KLIMCHOUK; FORD (2000). e HARDT et al (2009), sugerem que o termo deva ser analisado de forma ampla, como um sistema de transferência de massa integrado entre a circulação de água e o meio.

A definição de carste considera a dissolução como processo primordial para o aumento da porosidade e da permeabilidade das rochas, que resulta no aumento da transmissividade de grandes volumes de água subterrânea e variações no sistema de drenagem (JENNINGS, 1971). Segundo este autor, as cavernas são elementos frequentes e complexos da geomorfologia subterrânea cárstica produzidas pela dissolução localizada de espaços vazios.

A porção subterrânea do carste configura o endocarste, con-

ceito surgido a partir da intensificação das atividades de exploração espeleológica após a segunda guerra mundial (HARDT, 2010). A porção superficial e subsuperficial desse sistema representam respectivamente o domínio do exocarste e do epicarste, e todo este conjunto espacial da geomorfologia cárstica que se interrelacionam entre si, são distintos por parâmetros morfológicos e constituição material (PILÓ, 2000). De acordo com FORD; WILLIAMS (1989), além da solubilidade, a litologia e a estrutura das rochas são outros fatores condicionantes para o desenvolvimento do relevo cárstico.

A circulação hídrica por sua vez, constitui outro fenômeno fundamental no desenvolvimento do sistema cárstico pois controla as condições físico-químicas do meio onde ocorre a dissolução. Através da interação entre o fluxo hídrico superficial e o nível de água subterrânea local, o sistema hidrogeológico cárstico (Fig. 11.14) pode ser dividido em três zonas principais: vadosa inativa, vadosa ativa e freática (BOGLI, 1980). A zona vadosa se caracteriza pela presença constante de ar. Apesar de na não haver corrosão e erosão na zona vadosa inativa, é o local onde se formam importantes depósitos químicos (espeleotemas) e biogênicos. A zona vadosa ativa depende do aumento no nível de base da água geralmente em períodos de alta pluviosidade, sendo a interface entre a zona inativa e a freática. Na zona freática os poros estão todo preenchidos por água que alimenta o sistema de circulação de água subterrânea que está integrado ao nível de base local.

Carste em rochas areníticas

O carste em rochas areníticas, incluindo arenitos e quartzitos, têm sido retratado desde a década de 80, principalmente na Austrália, Venezuela, África do Sul, Brasil e Inglaterra (MARTINI, 1979; 2004 ; JENNINGS, 1983; YOUNG, 1988; MULLAN, 1989; WRAY, 1997a; 1997b; CORREA, BATISTA, 1997; DOERR, 1999, YOUNG & YOUNG; 1992; MECCHIA, PICCINI; 1999, SILVA 2004, AULER; 2004; 2015, PICCINI, MECCHIA, 2009; HARDT, PINTO 2009; HARDT; PINTO , 2009; FABRI, 2011, FABRI et al. 2013).

Nos arenitos, o desenvolvimento do carste é controlado não somente pela intensidade de intemperismo, mas também pelo tempo e pelo volume de água que flui através da rocha (YOUNG e YOUNG, 1992). Segundo estes autores a dissolução da sílica é um importante processo intempérico tanto nos arenitos feldspáticos e com cimento argiloso como também em arenitos quartzosos. Os estudos de WRAY (1997) nos arenitos da bacia de Sydney na Austrália confirmam que a dissolução da sílica sob condições superficiais é um processo crítico na formação do relevo cárstico nestes litotipos. Este mesmo autor defende que o termo pseudo-carste é inadequado para designar essas formas de relevo já que o processo base para origem da morfologia cárstica

em arenitos é a dissolução através do intemperismo.

O padrão climático, geomorfológico, estratigráfico e estrutural de uma área são os principais condicionantes para ocorrência de cavernas em arenito (MONTEIRO; RIBEIRO 2001). Na Chapada dos Guimarães, por exemplo, onde o clima varia entre árido e úmido, são descritas feições de tabuleiros testemunhos com escarpas verticais, depressões fechadas, arcos de pedra formados por arenitos silicificados, formações tipo “casco de tartaruga”, dissolução nas cimeiras dos altos estruturais formando karmenzitas, e outras formas de relevo ruiforme incluindo cavernas, cujos direcionamento e feição de condutos refletem o padrão de diáclase no maciço rochoso (Hardt. et al 2009). Um exemplo do controle litológico no desenvolvimento do carste em rochas areníticas é o estudo de caso na Serra do Ibitipoca em Minas Gerais (SILVA, 2004), onde a formação das cavernas tem relação com processo de dissolução dos minerais essenciais e acessórios da rocha.

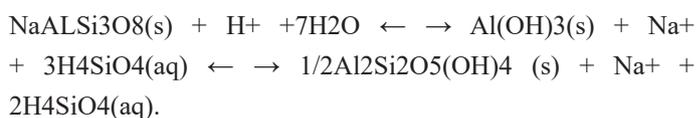
Devido a condições de longa exposição e intenso intemperismo de região tropical e subtropical do Brasil é comum a ocorrência de feições cársticas em rochas não carbonáticas (HART, 2009). O intemperismo químico do cimento matricial nos arenitos através da ação da água vem sendo indicado como principal mecanismo de modelamento do relevo em arenitos desde o século vinte (TURKINGTON; PARADISE. 2005). A dissolução ao longo dos limites dos grãos em arenitos e dos cristais em quartzitos, aumentando a porosidade total da rocha e tornando-a menos coerente, mecanicamente suscetível a fraturamento e erosão física é denominado arenização (MARTINI, 1979 apud WRAY 1997). Outro processo que integra o intemperismo químico e a erosão mecânica que se aplica bem às rochas constituídas por aluminossilicatos é a fantomização, onde o primeiro estágio seria marcado pela remoção das espécies minerais mais solúveis por remoção química e o segundo pela remoção das partículas não dissolvidas por erosão (DUBOIS, et al 2014). O processo de fantomização difere da arenização pela natureza composicional da rocha, se mono ou poliminerálica (WRAY; SAURO, 2017)

Intemperismo químico nos arenitos

A compreensão do desenvolvimento de feições cársticas em arenitos e quartzitos depende do entendimento das reações químicas envolvidas na mobilidade do silício (Si), principal constituinte das rochas siliciclásticas e o elemento químico mais comum na superfície da Terra (WRAY & SAURO, 2017). O intemperismo químico envolve reações de rochas e minerais com os agentes da água e do ar na superfície da terra, a partir de processos de dissolução, hidratação, oxidação, hidrólise, entre outros, que ocorrem simultaneamente em resposta às mudanças no equilíbrio químico (Krauskopf, 1972). A hidrólise é o processo intempérico predominante nos silicatos, principal grupo de constituintes minerais

dos arenitos. Em função das diferentes taxas de dissolução dos cátions formadores da estrutura cristalina dos silicatos a hidrólise atua de forma lenta, e tende a tornar a solução mais básica do que no início da reação, tendo como principais produtos: cátions e ácido silícico em solução e por vezes minerais argilosos como resíduos sólidos. No entanto, esta condição básica/alcalina não se observa usualmente no carste de arenito (GUN,2003).

Segundo HART, PINTO (2009) a dissolução incongruente torna a evolução das feições do carste mais lenta e menos nítida, tendo-se a formação de condutos apenas após a dissolução da sílica em meio aquoso e estruturalmente condicionado. Ao longo do tempo o volume de água de captação influencia a carga de sílica em solução (YOUNG; YOUNG, 1992). Quando o fluxo é alto a concentração de sílica diminui e o hidróxido de alumínio tende a se formar enquanto em em fluxo baixo, a porcentagem relativa entre sílica e alumínio tende a aumentar e tem-se a formação de caulinita. A seguir, a reação de dissolução do feldspato demonstra a formação de gibssita ou caulinita como minerais secundários, e a liberação de sílica na solução aquosa, que por sua vez pode precipitar como sílica amorfa, opala-A ou formar novos minerais de argilas.



11.6 GEOESPELEOLOGIA

A geoespeleologia compreende o estudo do conjunto de processos envolvidos na gênese de cavernas, ou espeleogênese (BOGLI 1968, apud SUGUIO 2011). Segundo este autor, estudo geológico é fundamental para identificação de áreas favoráveis a formação de cavernas e relevos cársticos. Um exemplo prático disto é a exigência de estudos geoespeleológicos nas etapas de aquisição de Licença Prévia no processo de licenciamento ambiental (EIA/RIMA) de empreendimentos, devendo ser analisados: o contexto paisagístico de inserção das cavernas, a litologia, a estrutura, a morfologia, a hidrologia, e a sedimentação clástica, química e orgânica, incluindo o potencial paleontológico (PILÓ; AULER 2013).

A Petrografia, a Geologia Estrutural, a Estratigrafia e Geologia de Campo são conhecimentos indispensáveis para identificar os diversos elementos geológicos presente em uma caverna e sua rocha hospedeira (TEIXEIRA-SILVA; SANTOS, 2017). Estes e outros conhecimentos mais específicos a cada tipo de rocha fornecerão subsídio teórico para interpretação da evolução da cavidade no espaço-tempo até sua morfologia atual, ou seja

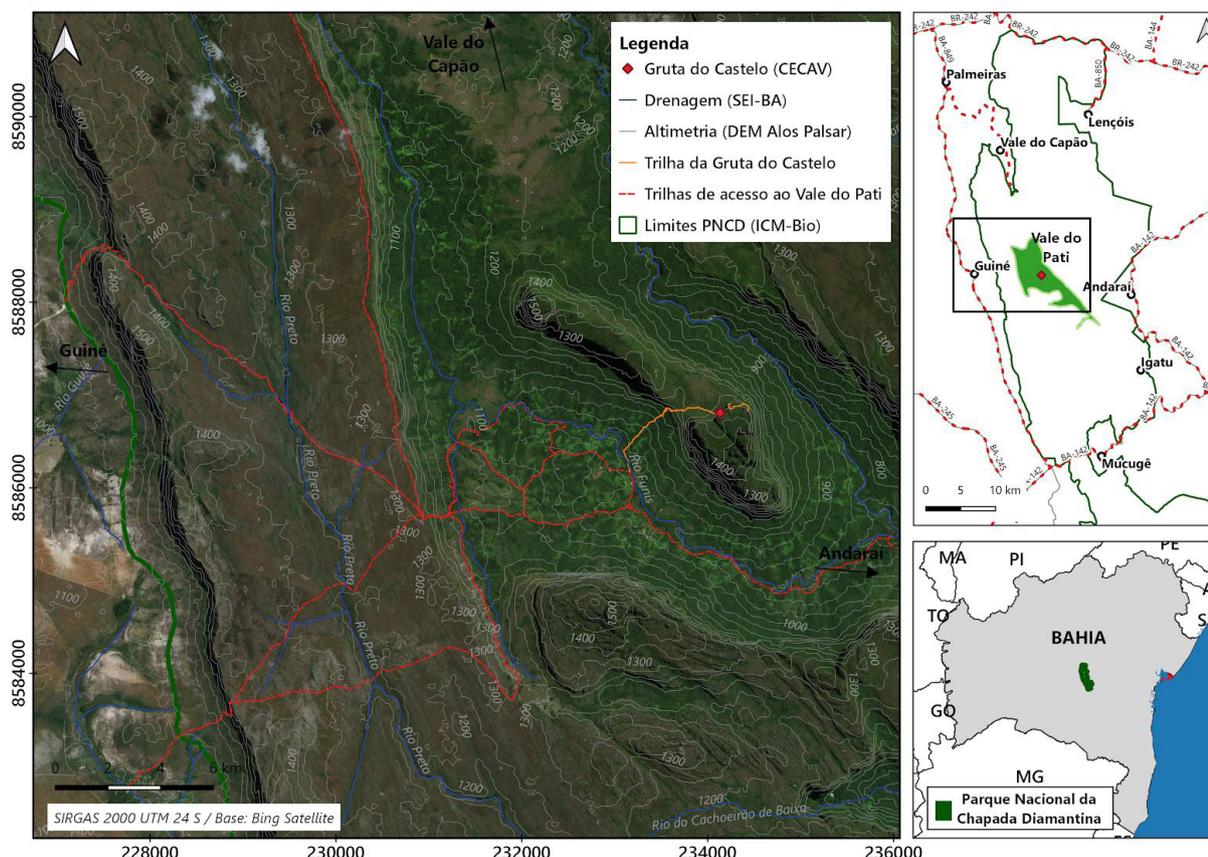


Fig. 11.18: Mapa de localização e acesso ao Vale do Pati com destaque para a localidade de Guiné.



Fig. 11.19: Perfil da Serra do Sincorá visto da estrada não pavimentada entre Palmeiras e Guiné.

compreender a sua espeleogênese.

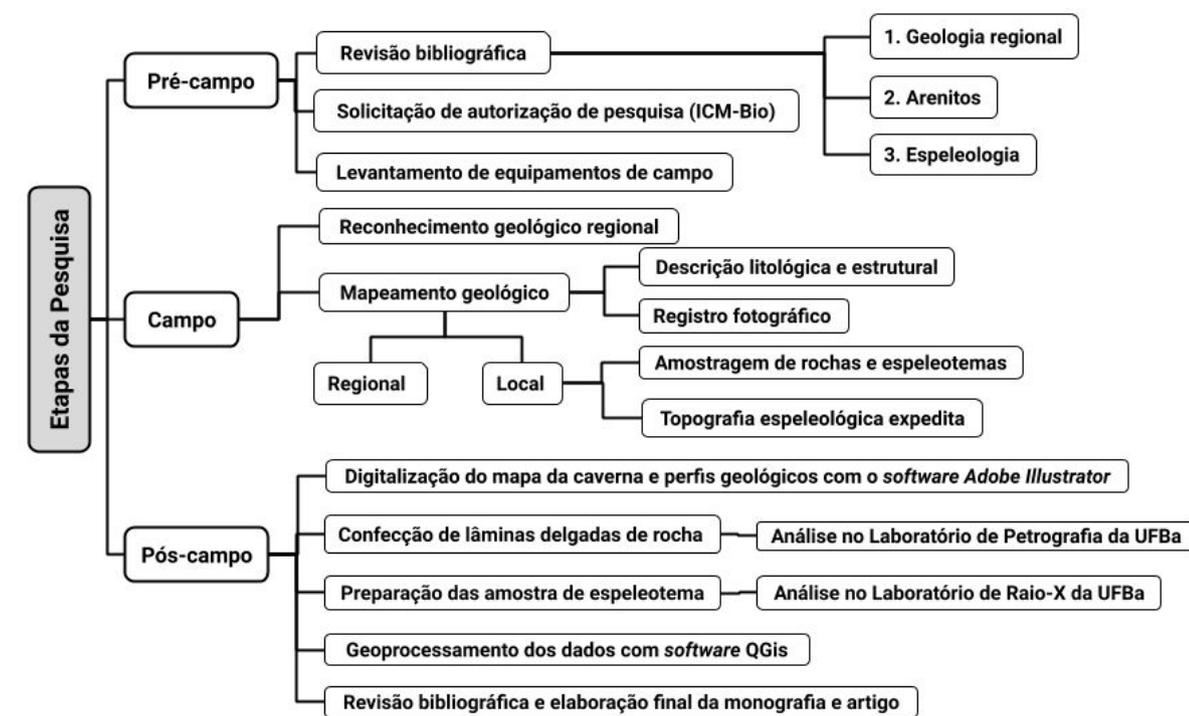
Espeleogênese

A natureza dos processos espeleogenéticos é tão diversa que é necessário analisar cada classe genética de caverna separadamente e estabelecer critérios de classificação com base nas suas características e funções essenciais, como por exemplo as cavernas formadas por dissolução, compreendidas como elementos cársticos (GUN, 2003, p.1421). Segundo o autor, a evolução de sistemas de condutos para cavernas de dissolução são divididos, pelos modelos espeleogenéticos mais atuais, em 3 fases: iniciação, gestação e desenvolvimento/crescimento rápido, as quais

resultam de mecanismos induzidos por equilíbrio químico, cinética de dissolução e dinâmica de fluxo entre água e a rocha.

O estágio inicial da espeleogênese é marcado pelo desenvolvimento da porosidade secundária, que viabiliza transmissão lenta de fluidos através do maciço rochoso, condicionada por qualquer divergência física, litológica ou química presente das fácies de uma sequência de rochas, em camadas ou horizontes quimicamente propícios a dissolução (GUN, 2003, p.944). Nas rochas sedimentares, os processos diagenéticos podem promover mudanças discretas na permeabilidade das rochas antes mesmo da formação de porosidade secundária por estruturas tectônicas pós deposicionais, e tem grande importância no desenvolvimento de estruturas espeleogenéticas (GUN, 2003, p.1422).

Fig. 11.20: Fluxograma de etapas, materiais e métodos da pesquisa.



O segundo estágio se instala à medida que a dimensão do sistema de vazios interconectados aumenta tornando o fluxo laminar, e se completa quando o fluxo torna-se turbulento. O incremento nas taxas de dissolução geradas pelo aumento do fluxo de descarga desencadeia o terceiro estágio, o qual inicia quando a condição de sub-saturação do fluido se mantém e a ampliação dos condutos passa a ser independente da descarga do volume de descarga. Neste último estágio o sistema de condutos evolui para passagem de cavernas e para vazios destruídos ou abandonados (GUN, 2003 p.1422.)

A medida que as cavernas se dissociam do seu ambiente de formação, instala-se o estágio de estagnação dominado pelo processo de fragmentação e preenchimento por sedimentos químicos e clásticos. Esta configuração de sistema parcial ou totalmente fossilizado, chama-se paleocarste. A deterioração e obliteração estão presentes no ciclo de existência de uma caverna e suas causas podem estar relacionadas a diversos fatores de evolução do relevo como incisão erosiva e denudação por soergimento da superfície da Terra. De acordo com GUN (2003, p.1194), paleocarste é um fenômeno que ocorre em todos os continentes desde o início do proterozóico ao holoceno.

Espeleotemas e minerais de caverna

Os espeleotemas são os depósitos de minerais precipitados formados sob controle da circulação hídrica no sistema cárstico e do microclima interno da cavidade influenciado pela sua geometria, pelas propriedades do aquífero e dos microclimas externos

(FAIRCHILD, et al 2006). O termo refere-se a forma que o mineral ocorre em uma caverna, independente da sua composição, tendo-se cerca de quarenta tipos de espeleotema já catalogados (GUN,2003, p. 1093).

Minerais de caverna são um tipo mineral secundário que derivam da reação físico-química dos minerais da rocha e deposição em cavidades naturais subterrâneas a partir de condições específicas do ambiente cavernícola (GUN, 2003. p. 1093). De acordo com o esquema de classificação de mineralógica do Dana e os minerais de caverna mais comuns podem ser subdivididos em: carbonatos, sulfatos, fosfatos, óxidos e hidróxidos, silicatos, haletos e nitratos. Os tipos de reações de deposição destes minerais podem ser subdivididos em cinco categorias: dissolução ou precipitação, reações ácido e base, transições de fase, hidratação ou desidratação, e redução ou oxidação (CULVER; WHITE, 2005, p. 383). A radiografia, fluorescência de raio-x, espectrometria de massa, microsonda eletrônica, microsonda de varredura, isótopos estáveis são um conjunto de técnicas para investigar a mineralogia de depósitos de caverna (ONAC; FORTI, 2011).

Topografia Espeleológica

A palavra topografia deriva do grego, topos quer dizer “região” ou “lugar”, e graphen “descrição” (DOMINGUES, 1979). Diferente da Geodésia que se destina a representar toda a superfície da Terra e por isso considera em sua simbolização o formato elipsoidal do globo, a Topografia tem por objetivo a representa-

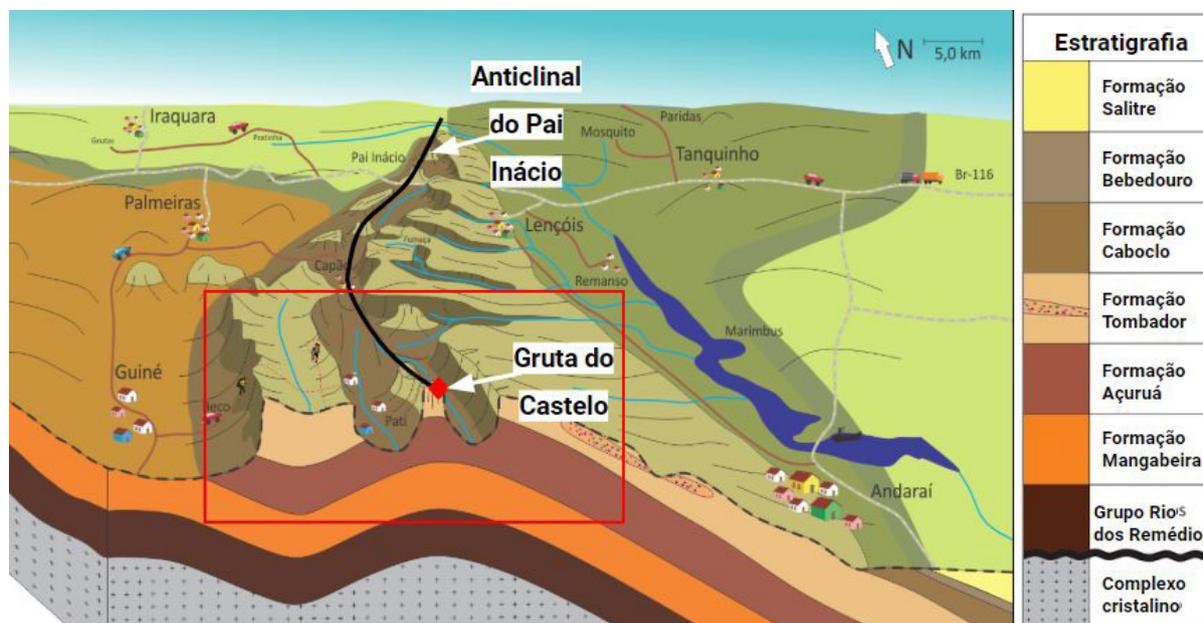


Fig. 11.21: Contexto geológico regional da porção norte da Chapada Diamantina com destaque para a região do Vale do Pati e a Gruta do Castelo. Adaptado de CEZAR; CAMARGO (2016).

ção detalhada de parte da superfície da Terra através de determinações espaciais de pontos por geometria e trigonometria plana.

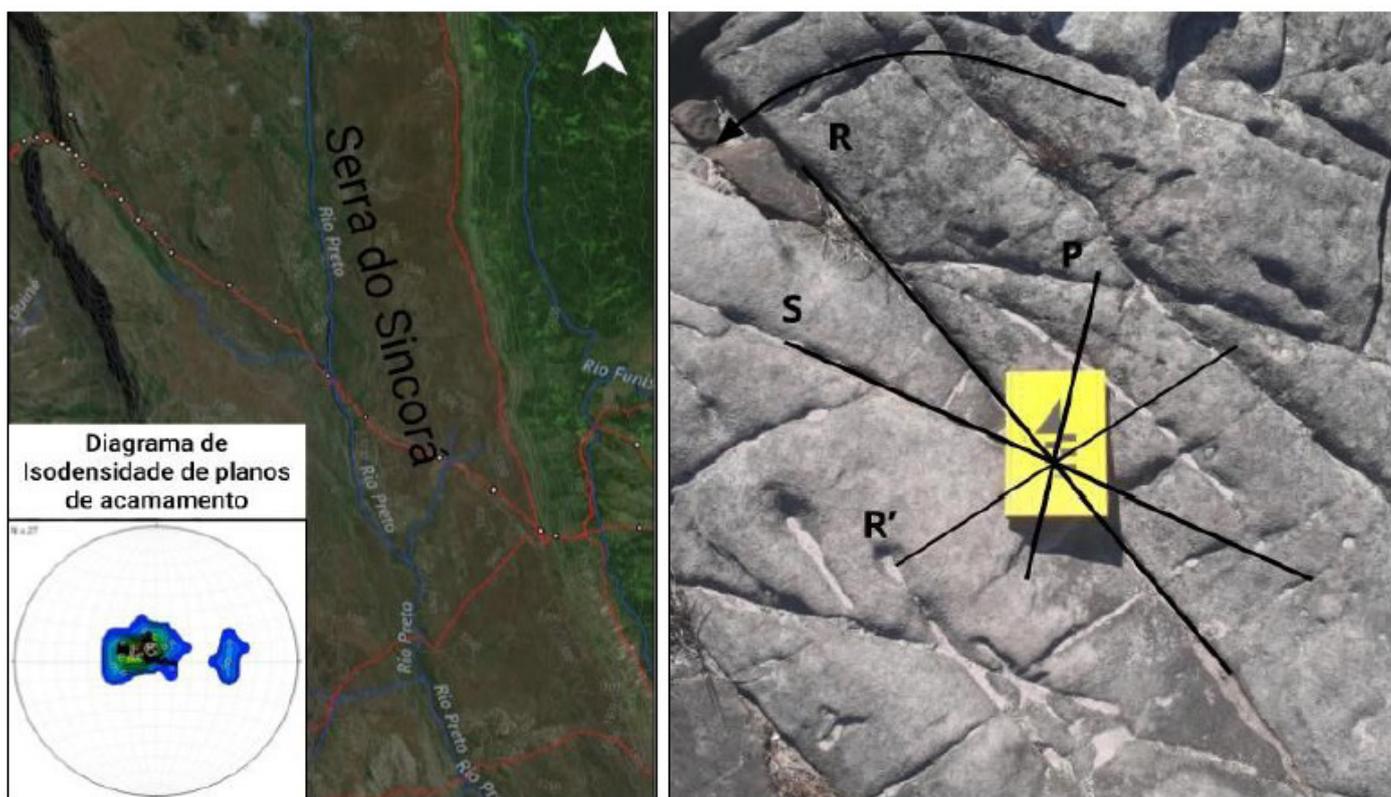
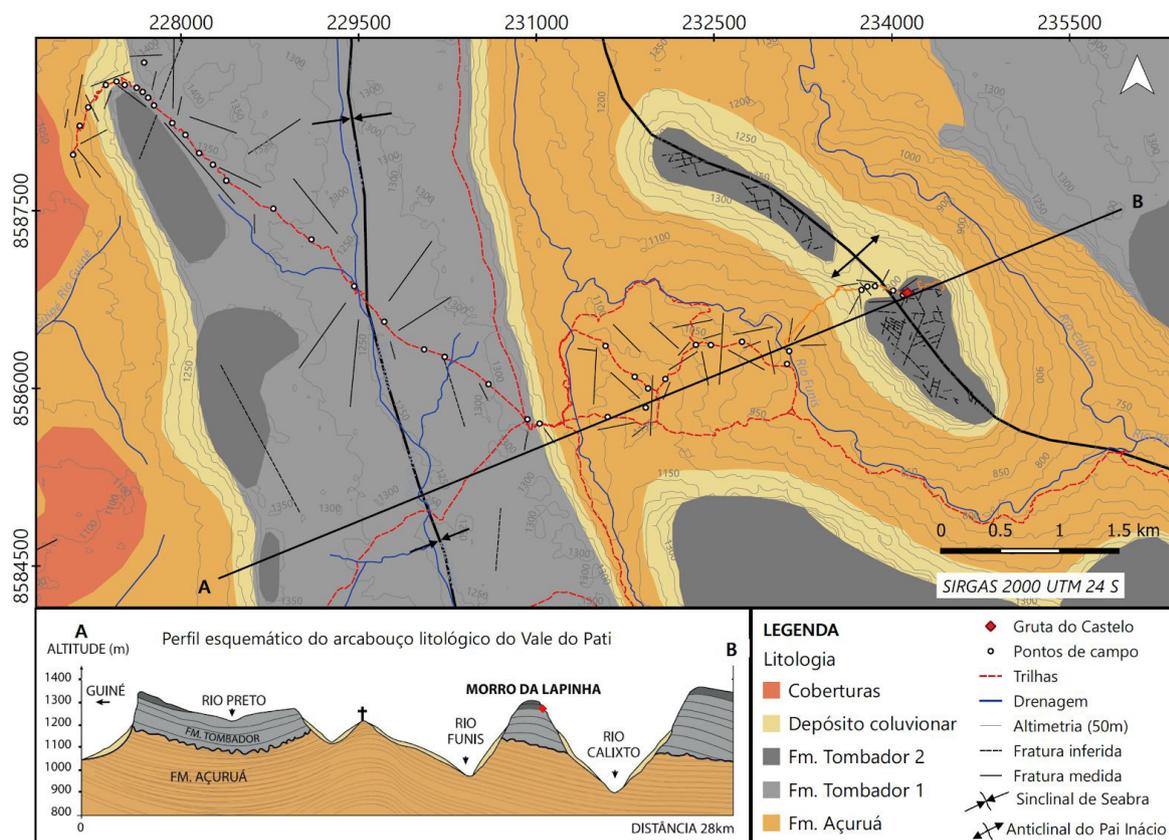
A topografia espeleológica tem por finalidade a representação gráfica de cavidades subterrâneas, através das medidas dos parâmetros quantitativos como profundidade, distância e volume destes espaços (MARTINEZ & RIUS, 1992). O mapeamento de uma caverna envolve duas fases: campo, onde são coletados os dados espeleométricos (medidas de extensão e desnível) para confecção de croquis; e de escritório, onde os dados são importados em programas de vetorização automática e os croquis são digitalizados (SEE, 1991). O mapa espeleológico resultante possibilita compreender a forma, as proporções, as direções dos condutos, o relevo interno, o (RUBIOLLI, 2013). De acordo com este autor, os principais aspectos a serem considerados durante a topografia espeleológica são: precisão, morfologia subterrânea, dificuldade de acesso e limitação de tempo, dificuldades internas da equipe.

De acordo com a metodologia de prospecção e exploração da SEE (ASSUNÇÃO, BRANGANTE-FILHO 2015), antes da etapa de campo para topografia espeleológica deve-se fazer o reconhecimento prévio do posicionamento geográfico da cavidade, vias de acesso e altimetria da área através de imagens de satélites, mapas topográficos e/ou ortofotos. Dentro da cavidade é importante adquirir uma boa percepção da morfologia por meio da exploração dos condutos a fim de definir o percurso de levantamento topográfico de forma precisa e eficiente. O conhecimento das fragilidades e riscos presentes nas cavidades permite a adequação da técnica a métodos e dispositivos a cada situação (MARTINEZ & RIUS, 1992).

A topografia de uma cavidade é a base para o desenvolvimento de estudos científicos, e no caso de cavernas de uso turístico são fundamentais para o plano de manejo e monitoramento de intervenções e estado de conservação.



Fig. 11.22: Mirante da rampa do Vale do Pati. Coordenadas UTM (X/Y): 230923/8585739. Elevação: 1297m.



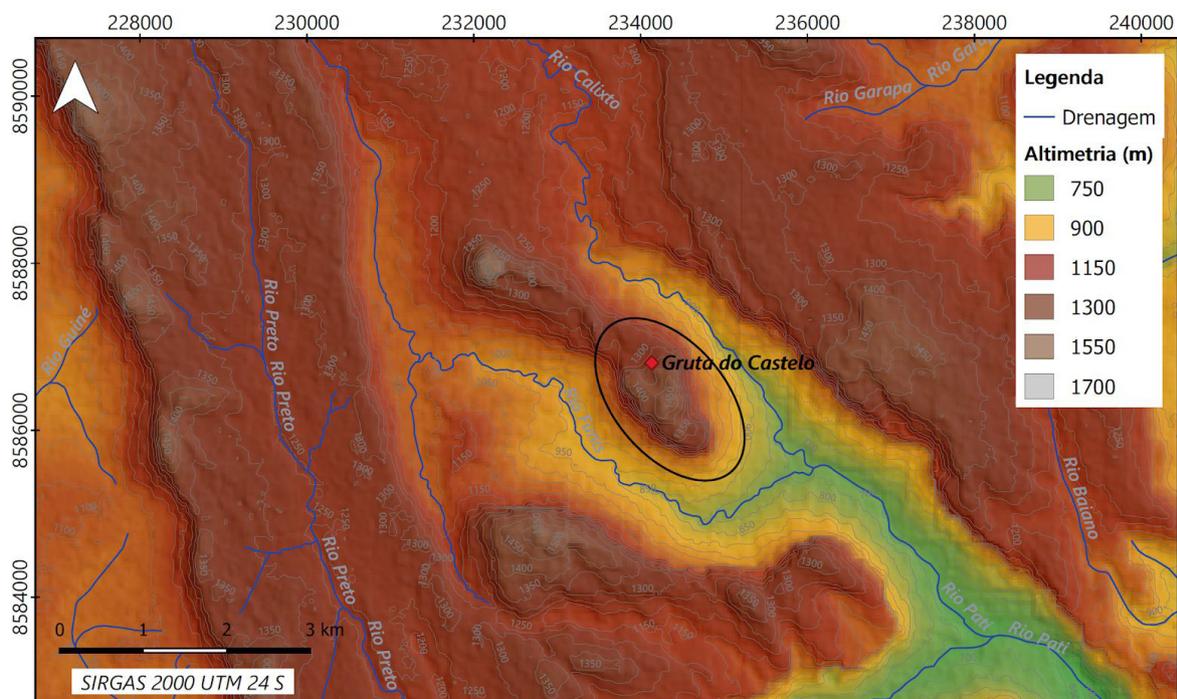


Fig. 11.26: Mapa do relevo da região do Vale do Pati com destaque para o Morro da Lapinha.

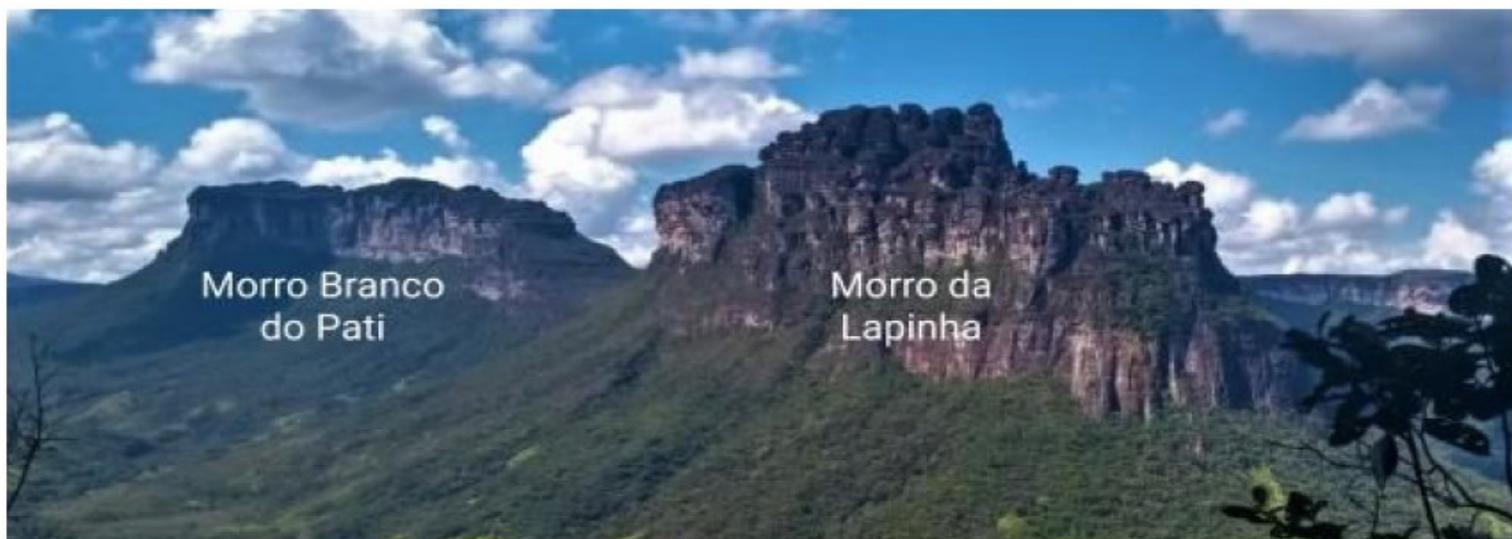


Fig. 11.27: Morro da Lapinha (direita) e Morro Branco (esquerda). Vista do mirante da fenda da Prefeitura. Fonte: Rayssa Harf.

11.7 Conceitos e definições básicas

A topografia espeleológica envolve dois conceitos fundamentais: espeleometria e espeleografia (MARTINEZ & RIUS, 1992). O primeiro reúne o conjunto de técnicas de medição quantitativa para construção do esqueleto do desenho, tais como poligonais, irradiações, triangulação. O segundo é a representação gráfica da cavidade, que por seu caráter subjetivo pode variar de acordo a percepção do indivíduo e do aspecto observado.

O levantamento topográfico inicia no estabelecimento de bases ou estações topográficas de modo que se possa medir a distância em relação ao contorno da caverna naquela base, ou seja, paredes, piso e teto, e a um referencial inicial, como por

exemplo uma entrada. A localização geográfica da entrada determinada pelas medidas de latitude, longitude e altitude é o ponto de georreferenciamento de todos os outros pontos da caverna (DEMATTEIS, 1975).

A parte prática da topografia espeleológica exige a compressão de alguns termos técnicos (RUBIOLLI, 2013). Bases ou estações topográficas são pontos de observação escolhidos como referenciais para composição da linha poligonal. A depender da metodologia escolhida para o levantamento, estes pontos podem ser fixos a elementos da própria cavidade como blocos, paredes, teto e espeleotemas, ou “flutuantes” a quando a medição é feita sem marcação física das bases.



Fig. 11.28: Entrada principal da Gruta do Castelo vista de dentro para fora. Foto da base A54 para A57.



Fig. 11.29(esquerda): Ponte de pedra próximo a saída da dolina visada da base A27 para A24. **Fig. 11.30** (direita): Entrada da Fenda visada da base A44 para A43.



Fig. 11.31: Entrada principal da Gruta do Castelo com a identificação da amostragem de rocha para petrografia.

A visada entre as duas bases é definida pelas medidas de distância em metros, da direção em azimute e da inclinação em graus. A sequência desses segmentos que interligam as bases, é denominada de linha de trena e constitui o arcabouço da topografia. O azimute é o ângulo de visada em relação ao norte magnético que se projeta no plano horizontal de representação gráfica da planta, e pode variar de 0 a 359°. A inclinação é o ângulo projetado no plano vertical em relação ao plano horizontal da base visada, e pode variar entre -90°(declive) a +90°(aclive), tendo-se 0° como a leitura de uma visada horizontal.

O desenho do mapa de uma caverna é a representação esquemática em escala reduzida de sua planta baixa, seu perfil longitudinal e seus cortes transversais (MARTINEZ & RIUS,

1992). A planta baixa é a projeção ortogonal em um plano horizontal onde são representadas as bases topográficas e as demais feições conforme o tema do estudo (Fig. 11.15). Perfil ou corte longitudinal é o plano vertical que contém o eixo de desenvolvimento da caverna, onde se representam o teto e o solo, através do qual é possível dimensionar o desnível de uma caverna (Fig. 11.16, esquerda). Cortes frontais ou seções são cortes perpendiculares ao eixo de desenvolvimento da caverna, através da qual é possível ver o contorno da galeria compreender sua formação (Fig. 11.16, direita). As seções devem ser feitas em pontos estratégicos para evidenciar alguma feição de interesse como: formas pequenas (a), irregulares (b), estreitas (c), sações amplos (d) chaminés (e), concreções (f), falhas (g), fraturas (h), camadas



Fig. 11.32(esquerda): Metarenito róseo com estratificação planar de médio porte e estruturas tipo tafoni na entrada principal da caverna. Camadas das amostras PAR02 e PAR03. **Fig. 11.33** (centro): Metarenito róseo com estratificação planar de grande porte com mergulho para sudoeste próximo a dolina. **Fig. 11.34** (direita): Afloramento das rochas do teto da gruta entre a entrada principal e o Mirante do Castelo.



Fig. 11.35 (esquerda): Afloramento de metarenito arroxeados com manchas circulares de cor bege e escorrimento superficial de caulim branco. Camada da amostra PAR01. **Fig. 14.36** (direita): Estratificação planar centimétrica em metarenito arroxeados na entrada principal da Gruta do Castelo.

(i), formas de erosão (j, k e l) estratigrafia do sedimento (m), etc (Fig. 12.17).

11.8 Instrumentos, métodos e graus de precisão

A escolha do método e dos instrumentos para topografia varia de acordo com o grau de importância e dificuldade que a caverna apresenta (MARTINEZ & RIUS, 1992). Dentre os instrumentos mais básicos para topografia tem-se: a bússola para medir as direções de azimute, o clinômetro para medidas de inclinação em graus positivos ou negativos, a trena para medição das distâncias

lineares, as planilhas de anotação de dados e a prancheta/caderno com papel milimetrado para os croquis.

Os métodos mais conhecidos para medida dos ângulos horizontais são: poligonal, radiação e triangulação (ASSUNÇÃO; BRAGANTE-FILHO, 2015). Na poligonal, os diversos ângulos são representados por segmentos de linha. Pode ser aberta ou fechada, quando é possível conectar duas entradas da cavidade pelo exterior, que implica em um erro menor que a primeira. A radiação consiste na medida de pontos em torno de um ponto central e seu erro é de fácil identificação de erro. A triangulação, método mais trabalhoso porém bastante preciso, se faz pela

Tabela 11.7: Fotomicrografias de lâminas de rocha do teto da Gruta do Castelo em luz plana com a objetiva de 10x de aumento.

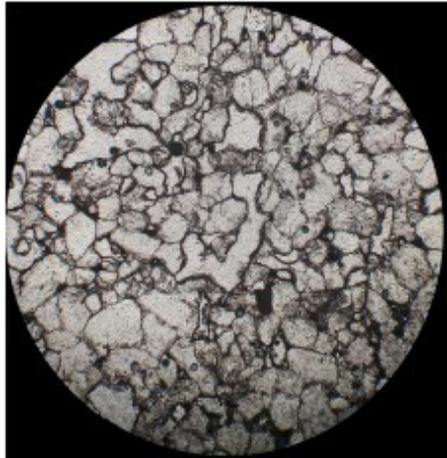
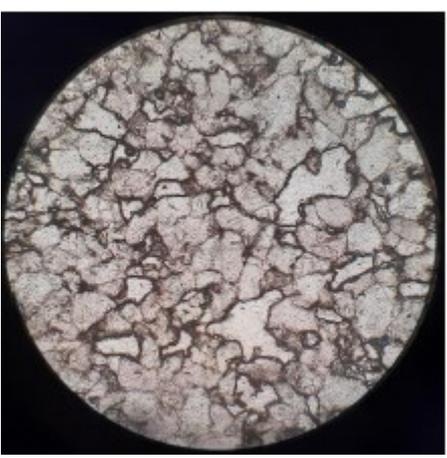
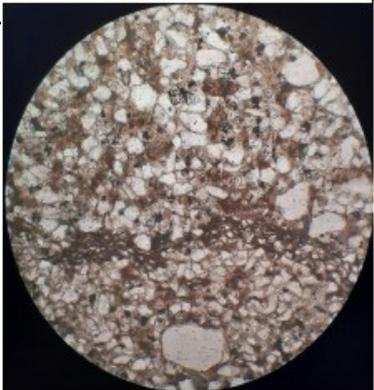
PAR02	PAR03	Composição(%):
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Quartzo: 45 -50 ➤ Feldspato: 25 - 20 ➤ Plagioclásio: 5 ➤ Fragmentos líticos: 5 ➤ Óxido de ferro: 5 ➤ Matriz: 2 - 3 ➤ Outros minerais: 5 ➤ Poros: 8 - 7

Tabela 11.5: Fotomicrografias de lâminas de rocha das paredes da Gruta do Castelo em luz plana com a objetiva de 10x de au-

DAD04	DAD05	DAD01
		
Composição(%): <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quartzo: 35 ➤ Feldspato: 12 ➤ Plagioclásio: 3 ➤ Fragmentos líticos: 8 ➤ Óxido de ferro: 5 ➤ Matriz: 15 ➤ Outros minerais: 2 ➤ Poros: 20 	Composição(%): <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quartzo: 35 ➤ Feldspato: 20 ➤ Plagioclásio: 5 ➤ Fragmentos líticos: 8 ➤ Óxido de ferro: 5 ➤ Matriz: 15 ➤ Outros minerais: 2 ➤ Poros: 10 	Composição(%): <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quartzo: 35 ➤ Feldspato: 25 ➤ Plagioclásio: 5 ➤ Fragmentos líticos: 8 ➤ Óxido de ferro: 10 ➤ Matriz: 12 ➤ Outros minerais: 3 ➤ Poros: 2

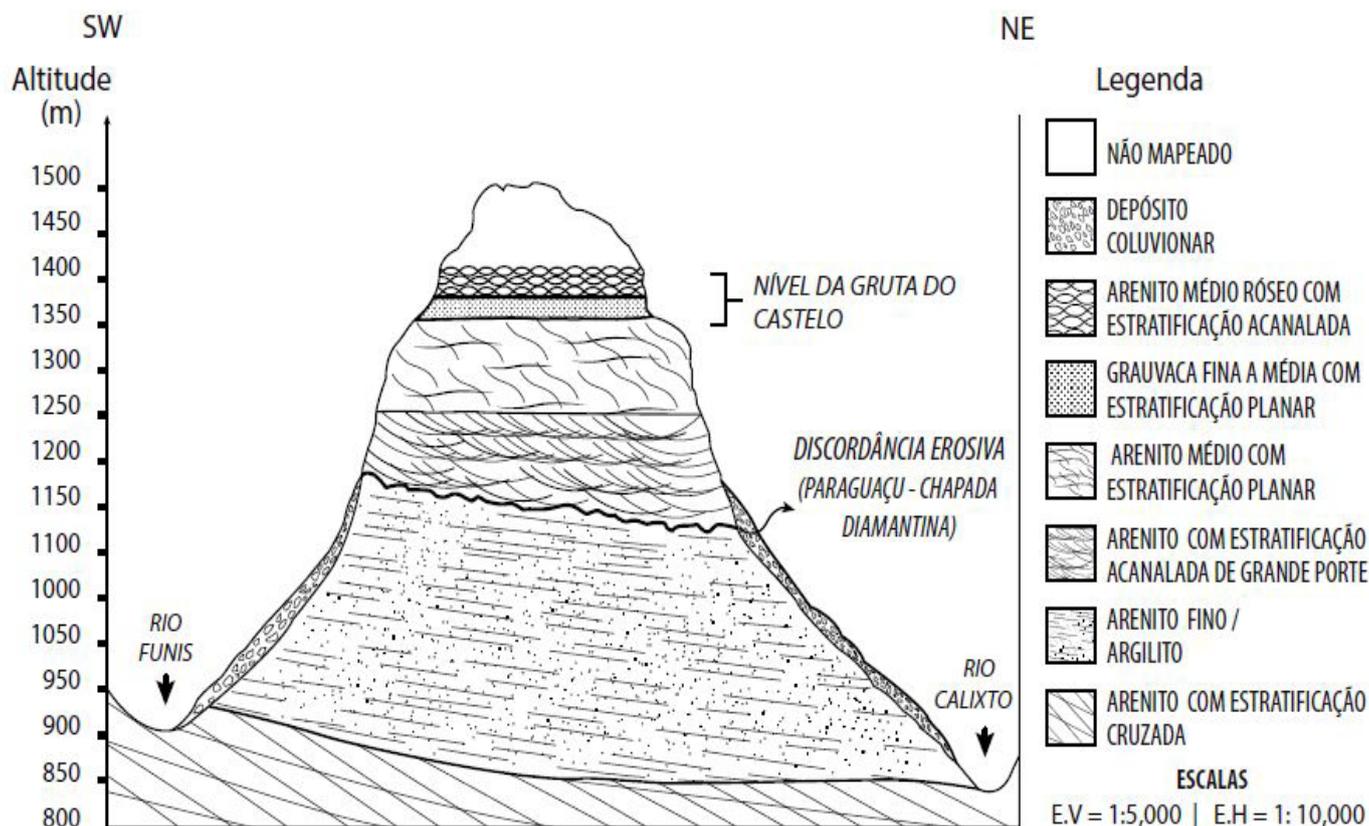


Fig. 11.37: Perfil litoestratigráfico esquemático do Morro da Lapinha. Elaborado pela autora.

da construção de uma rede de triângulos medindo-se os lados e os ângulos interiores.

MARTINEZ & RIUS (1992) classificaram os levantamentos em três grandes tipos: croquis topográficos para as cavidades de pouca importância e/ou muita dificuldade; topografias normais valores médios de importância e dificuldade que implicam em maior precisão; e topografias de precisão devido à importância alta da cavidade. O método mais utilizado no Brasil para classificação do grau de precisão da topografia de cavidades é o sistema British Cave Research Association (BCRA), conforme as tabelas a seguir.

Tabela 11.3: graus de precisão BCRA para linha de trena.

Grau	Descrição
1	Esboço de baixa precisão, sem medições tomadas em campo.
2	A ser usado, somente se necessário (ver nota 7), para descrever um esboço com precisão intermediária entre os Graus 1 e 3.
3	Levantamento magnético de baixa precisão. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 2,5^\circ$ e distâncias medidas com precisão ± 50 cm; erro de posição da base menor que 50 cm.

4	A ser usado, somente se necessário (ver nota 7), para descrever um levantamento que, apesar de mais preciso que o Grau 3, não tenha alcançado os requisitos do Grau 5.
5	Levantamento magnético. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 1^\circ$, distâncias medidas com precisão de 1 cm e erro de posição da base menor que 10 cm.
6	Levantamento magnético com precisão maior que a de Grau 5 (ver nota 5).
X	Levantamento topográfico utilizando-se teodolito ou Estação Total ao invés de bússola (ver notas 6 e 10).

Notas sobre a tabela 14.3:

1. A tabela acima é um sumário e deve ser utilizada apenas para facilitar a memorização; as definições dos graus de topografia mencionados acima devem ser usadas apenas em conjunto com estas notas.
2. Em todas as situações é necessário que se use o “espírito” destas definições, sem que se as siga ao “pé-da-letra”.
3. Na obtenção do Grau 3 é necessário o uso do clinômetro.
4. Na obtenção do Grau 5 é essencial que os instrumentos estejam calibrados. Todas as medidas devem ser toma-

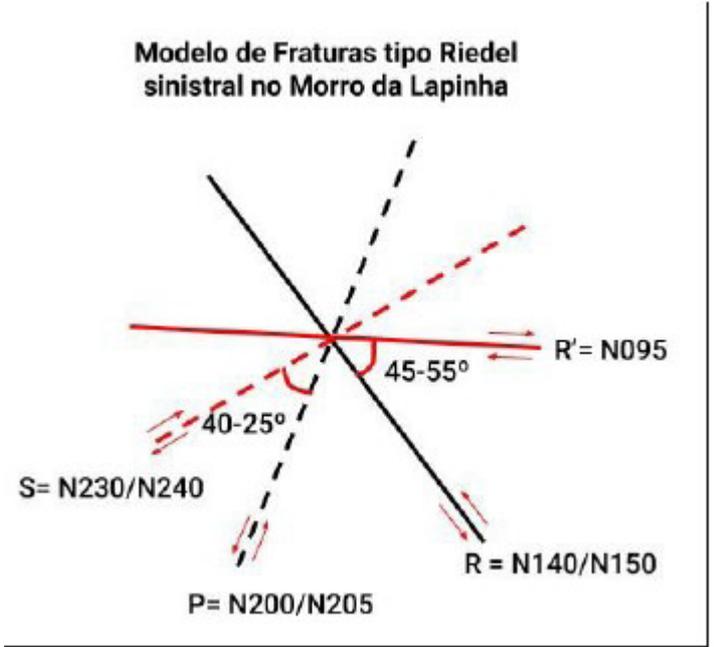
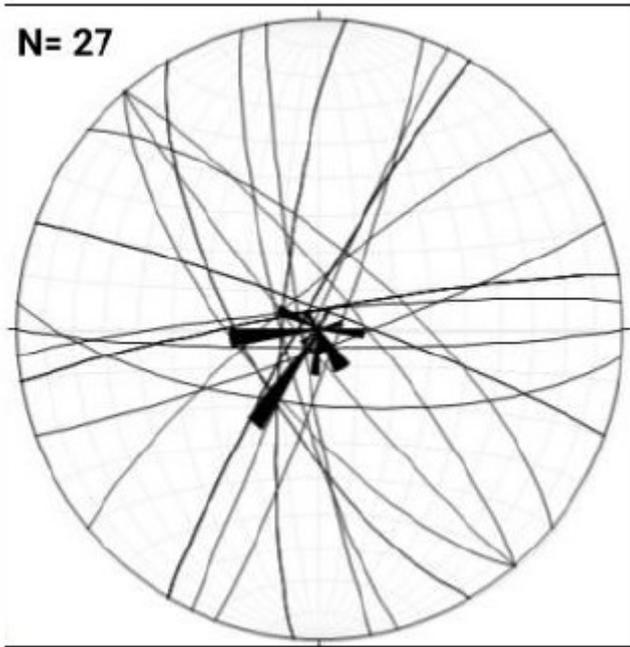


Fig. 11.40 (esquerda): Diagrama de rosetas de fraturas no Morro da Lapinha. Fig. 14.41 (direita): Modelo de fraturas tipo Riedel sinistral no Morro da Lapinha .

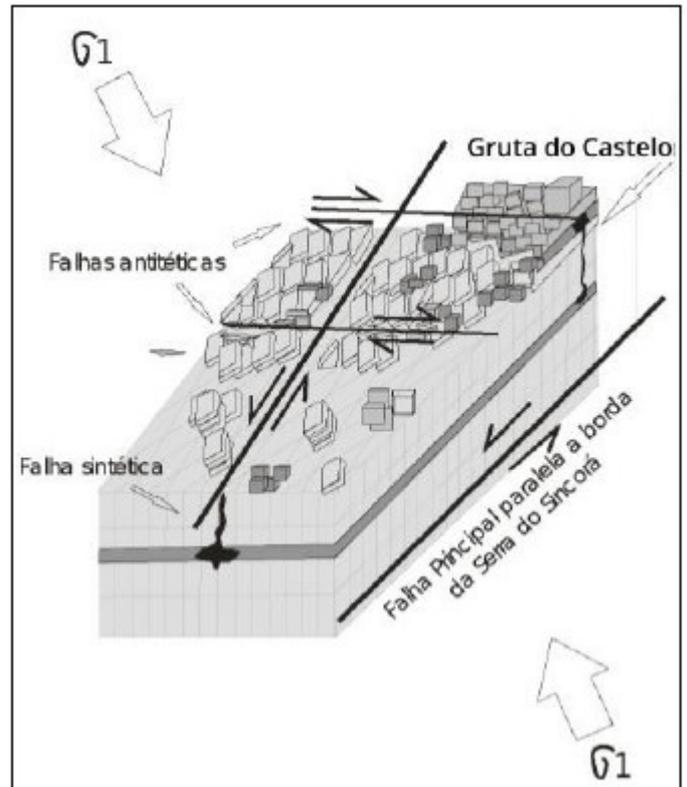
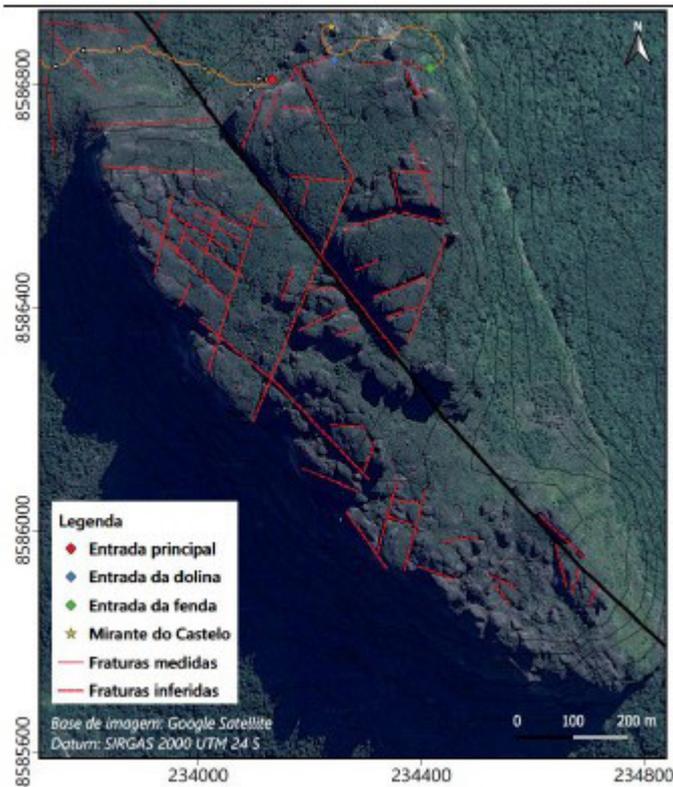


Fig. 11.42 (esquerda): Imagem satélite do topo do Morro da Lapinha com destaque para o sistema de juntas e fraturas em vermelho. Fig. 11.43 (direita): Bloco diagrama ilustrativo do modelo espeleogenético da Gruta do Castelo condicionado pelo sistema de fraturas em sistema Riedel e camadas de rocha mais susceptíveis à dissolução.



Fig. 11.41: Espeleotema tipo pingente de sílica no teto do Salão da bifurcação da gruta próximo a base A13. **Fig. 11.42:** Espeleotema tipo couve-flor no teto próximo a base A9.



Fig. 11.43: (esquerda): Espeleotema tipo coralóide de sílica. Amostra ES-09 (quartzo e kanemita) 4cm. **Fig. 11.44:** (centro): Espeleotema tipo concreção de sulfato e sílica. Amostra ES-07 (gipsita, suzukita e quartzo) menor que 2cm de espessura. **Fig. 11.45:** (direita): Espeleotema tipo coralóide de sulfato e sílica. Amostra ES-08 (walthierita, paracelsian e quartzo).



Fig. 11.46: (esquerda): Espeleotema tipo coralóide com crescimento de baixo para cima na parede do conduto da fenda. **Fig. 11.47:** (direita): Espeleotema tipo concreção globular nas paredes do conduto da fenda.



Fig. 11.48: (esquerda): Espeleotema tipo concreção de gipsita presente entre os blocos do conduto da fenda (Entre as bases A9 e A8) **Fig. 11.49:** (direita): Espeleotema tipo microtravertino em degrau na parede da gruta próximo a saída da fenda.



Fig. 11.50: (esquerda): Espeleotema tipo coralóide de fosfato e sílica. Amostra ES-04 (lithiophosfatita e moganita) 5cm. **Fig. 11.51:** (direita): Espeleotema tipo crosta de sulfato com crescimento zonado de 3cm de espessura. Amostra ES-03 (gipsita).



Fig. 11.52: (esquerda): Espeleotemas tipo concreção botrioidal no piso do salão próximo a passagem para o conduto da fenda. **Fig. 11.53:** (direita): Espeleotema tipo coralóide sobre blocos abatidos próximo a coluna do salão.

	das de um ponto inserido em uma esfera com diâmetro de 10 cm e centrada na base topográfica.
5.	Uma topografia de Grau 6 exige que a bússola e o clinômetro sejam lidos no limite possível de sua precisão, $\pm 0,5^\circ$. Erros de posição da base topográfica devem ser menores que $\pm 2,5$ cm, o que torna necessário o uso de tripés ou outra forma de se fixar o ponto, em todas as bases topográficas.
6.	Uma topografia de Grau X deve incluir no desenho notas descritivas dos instrumentos e das técnicas utilizadas, além de uma estimativa da provável precisão da topografia quando comparada com as topografias de Grau 3, 5 ou 6.
7.	Os Graus 2 e 4 são usados somente quando, durante o processo da topografia, as condições geofísicas tenham prejudicado a obtenção dos requisitos para o Grau superior mais próximo e a retopografia seja inviável.
8.	Organizações espeleológicas estão autorizadas a reproduzir as Tabela 1 e 2 em suas publicações, não sendo necessária permissão da BCRA para isso. Entretanto, as tabelas não podem ser reproduzidas sem estas notas.
9.	O Grau X é apenas potencialmente mais preciso que o Grau 6. Não se deve esquecer que o teodolito/Estação Total é um instrumento de precisão complexo, cujo manejo requer treinamento específico e prática regular a fim de que não sejam inferidos sérios erros durante a sua utilização.
9.	Para obtenção do Grau 5, na plotagem do desenho, as coordenadas da topografia devem ser calculadas e não desenhadas a mão com régua, escalímetro e transferidor.

Extraído de RUBIOLLI (2013).

Tabela 11.3: graus BCRA para registro de detalhes de conduto.

CLASSE	
A	Detalhes das galerias baseados na memória.
B	Detalhes das galerias estimados e anotados na caverna.
C	Medidas de detalhe realizadas apenas nas bases topográficas.
D	Medidas de detalhe realizadas nas bases topográficas e entre elas, de modo, representar mudanças morfológicas na galeria.
Notas sobre a Tabela x:	
1. A precisão dos detalhes dos condutos deve ser similar à precisão da linha de trena.	
2. Normalmente, apenas uma das seguintes combinações deve ser usada na graduação da topografia: 1A; 3B ou 3C; 5C ou 5D; 6D; XA, XB, XC ou XD.	

Extraído de RUBIOLLI (2013).

Trabalhos de escritório

A fase posterior ao levantamento de campo é o tratamento dos dados em escritório, que envolve transcrição da planilha de dados para meio digital e utilização de softwares para verificação dos erros de fechamento de poligonais, gerar um arquivo vetorial da linha de trena da caverna e calcular o grau de precisão da topografia (RUBIOLLI, 2013). Alguns softwares recomendados para essa função são: AutoCad, Survex, Compass, Smaps e On Station, entre outros.

11.9 Topografia espeleológica e caracterização geológica

A Gruta do Castelo está localizada no Morro da Lapinha, turisticamente conhecido como Morro do Castelo, situado na região do Vale do Pati (Fig. 1), porção centro-norte do Parque Nacional da Chapada Diamantina (BA). O acesso ao Vale do Pati é realizado por trilha a pé ou com animais de tração, a partir de três localidades principais: Guiné (distrito de Mucugê), Vale do Capão (distrito de Palmeiras) e Andaraí. Esta região está inserida no sistema orográfico da Serra do Sincorá (PEDREIRA, 2002), descrita como um sítio de grande beleza paisagística modelada pelo relevo tabular de encostas íngremes e amplas chapadas onde afloram as rochas siliciclásticas da Formação Tombador (Fig. 11.19).

As cavernas são elementos frequentes e complexos da geomorfologia subterrânea cárstica produzidas pela dissolução localizada de espaços vazios (JENNINGS, 1971). Segundo este autor, a definição de carste envolve a dissolução como processo primordial para o aumento da porosidade e da permeabilidade das rochas, que resulta no aumento da transmissividade de grandes volumes de água subterrânea e variações no sistema de drenagem. Além da solubilidade, a litologia e a estrutura das rochas são outros fatores condicionantes para o desenvolvimento do relevo cárstico. A circulação hídrica por sua vez, constitui outro fenômeno fundamental no desenvolvimento do sistema cárstico pois controla as condições físico-químicas do meio onde ocorre a dissolução (FORD; WILLIAMS, 1989). Devido à baixa solubilidade das rochas siliciclásticas na superfície da terra longos períodos de exposição ao processo de carstificação é um fator fundamental para desenvolvimento do carste nesta classe de rochas (ANDREYCHOUK, et al 2009).

O nome da gruta faz referência a feição do relevo ruíniforme presente no topo do Morro da Lapinha observado facilmente a partir da trilha de Andaraí para o Vale do Pati. Antes do turismo, o Morro da Lapinha era conhecido como Morro das Cabras, pois era refúgio das cabras que S. José Joaquim de Oliveira criava no início do século XX (informação verbal).

O objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento topográfico em escala de 1:200 e descrever as características geológicas da Gruta do Castelo quanto a litologia, as estruturas e os espeleotemas, a fim de levantar hipóteses sobre os principais fatores que contribuíram para sua espeleogênese, além de recomendar ações de preservação dos seus atributos.

11.10 - MATERIAIS E MÉTODOS

Os primeiros passos para realização deste trabalho foram a partir de excursões de cunho pessoal ao Vale do Pati no ano de 2015, motivada pelo sentimento de descoberta de novos horizontes, que permitiu o reconhecimento do potencial científico da Gruta do Castelo como elemento singular da geodiversidade e o despertar da consciência para a necessidade de ações de preservação deste sistema único, dinâmico e frágil. O desenvolvimento da pesquisa científica procedeu em três etapas conforme ilustrado no fluxograma a seguir (Fig. 11.20).

A revisão bibliográfica contemplou o contexto geológico regional, com enfoque na Formação Tombador onde a Gruta do Castelo está situada; as propriedades básicas e as classificações dos arenitos, tipo de rocha onde a cavidade se desenvolve; e por fim o carste, a geospelologia e a topografia espeleológica como desdobramentos da espeleologia.

A Gruta do Castelo está situada em uma unidade de conservação federal tipo Parque Nacional, onde a realização de trabalhos de pesquisa científica necessitam de uma autorização do Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade, autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente encarregada da preservação do patrimônio natural do Brasil. A solicitação da “Autorização para atividades com finalidade científica” é feita através do SISBIO, sistema de atendimento à distância que permite a solicitação de autorizações para a realização de pesquisa em unidades de conservação federais e cavernas (SISBIO, 2019). Para obter a autorização de desenvolvimento de pesquisa científica na Gruta do Castelo, o projeto de pesquisa de monografia com o detalhamento da metodologia e objetivos do trabalho de campo a ser desenvolvido foi submetido no sistema e aprovado.

Durante a etapa de campo foi o reconhecimento geológico regional e o mapeamento geológico regional e local, que incluiu a topografia expedita da Gruta do Castelo em escala 1:200. O reconhecimento geológico regional do Vale do Pati ocorreu entre 2015 e 2019, por meio da observação dos elementos geológico nas trilhas turísticas de acesso à região destacadas em vermelho na fig. 11.18. Dentro deste período está incluído um ano de residência no local. O mapeamento geológico regional e local foram realizados por meio do georreferenciamento de pontos

com descrição litológica e estrutural, o primeiro ao longo da trilha do Beco de Guiné e o segundo da trilha de acesso a Gruta. O mapeamento local incluiu adicionalmente topografia espeleológica expedita, amostragem de rocha para análise petrográfica e de espeleotema para análise de raio-x.

O georreferenciamento dos pontos de descrição foi feito com auxílio de GPS Garmin 64s, lupa de 20x de aumento para reconhecimento petrográfico macroscópico e bússola para medidas de estruturas. A descrição dos tipos de rochas foi realizada com o auxílio de lupa de 20x de aumento e a medição de estruturas de acamamento sedimentar, fraturas e falhas com uma bússola geológica tipo Brunton. O perfil geológico esquemático da região e o perfil litoestratigráfico do Morro da Lapinha onde está situada a Gruta do Castelo foi produzido através do cruzamento dos dados de campo com o modelo digital de elevação do terreno do satélite ALOS Palsar.

O levantamento topográfico expedito da caverna foi realizado por uma equipe de dois membros, dividindo as funções de medir e registrar os ângulos e distâncias com o auxílio de uma bússola tipo Brunton acoplada a um tripé e uma trena a laser Bosch GLM50. Os dados topográficos foram anotados em planilha impressa, e a representação gráfica da caverna foi feita em papel milimetrado na escala de 1:200 com auxílio de transferidor e régua. O croqui final foi produzido em mais duas visitas de campo de dois dias cada, com o objetivo de aumentar o nível de detalhe das feições internas da gruta. O grau de precisão da topografia segundo o método British Cave Research Association (BCRA) é 3D, que consiste em levantamento magnético aproximado, com precisão de medidas de ângulos horizontais e verticais de $2\frac{1}{2}^\circ$; distâncias com precisão de 0,5 m; e erro no posicionamento das bases menor que 0,5 m. O erro mínimo do GPS para a georreferenciamento entrada principal na da Gruta (base A57) foi de 8m e com a partir da captação de sinal de 6 satélites.

A amostragem de rocha (total de 5 amostras) na Gruta do Castelo foi feita a partir de fragmentos naturais buscando ter o máximo de controle sobre o posicionamento da amostra no perfil estratigráfico com o objetivo de causar o menor impacto possível na cavidade. O inventário de espeleotemas foi realizado a partir da descrição dos locais de ocorrência e registro fotográfico, com coleta de 13 fragmentos em locais já impactados pela atividade turística, para investigar a diversidade mineralógica.

No pós-campo, o raio x dos espeleotemas foi realizado no Laboratório de DRX da UFBA, com o equipamento Rigaku, Modelo D/Max 2A com registro dos dados no Software Datascan - MDI/ASC. A preparação das amostras de espeleotema para análise de raio-x consistiu na seleção de fragmento homogêneo, para pulverização com o auxílio de almofariz e pistilo de quartzo. O material pulverizado foi então aplicado sobre lâmina apropriada para ser introduzida no aparelho de emissão dos raios-x.

Os resultados da difratometria foram interpretados com o auxílio do software Match! (Phase Identification from Powder Diffraction) e da consulta aos bancos de dados disponíveis na internet tais como mindat.org, webmineral, mineralienatlas.de.

A confecção da lâmina delgada de rocha foi realizada pela equipe técnica do laboratório da CPRM-BA em parceria com o Instituto de Geociências. As lâminas foram analisadas com o microscópio petrográfico Motic do Laboratório de Petrografia da UFBA, em luz plana e polarizada com lente ocular de 10x e objetivas de 2,5x, 10x, 20x e 50x.

Os croquis da topografia espeleológica foram vetorizados com o software Adobe Illustrator com redução da escala para 1:300 do mapa e perfis, e aumento de 1:150 para os cortes. O mapa geológico da região do Vale do Pati em escala de 1:25.000 (tamanho A3) produzido neste trabalho, resulta da interpolação de dados de campo e o shapefile de litologia do banco de dados da CPRM disponível, através do software QGis. As estruturas inferidas do mapa foram extraídas da imagem do Google Satellite que apresenta uma melhor resolução espacial para a região, com base nos dados de campo. Os diagramas de roseta e de isodensidade de planos foram realizados com o software Stereonet.

11.11 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Contexto geológico regional do Vale do Pati

A região do Vale do Pati está inserida no contexto geológico da Chapada Diamantina Oriental (CDO) (SILVA, 1994), que representa um domínio tectônico-estrutural do Supergrupo Espinhaço na Bahia caracterizado por rochas anquimetamorfisadas, localmente intrudidas por corpos máficos, com dobras abertas e boa preservação de estruturas sedimentares (JARDIM DE SÁ et al 1976). Essas rochas teriam sido depositadas em um sistema de bacias cratônicas do tipo rift abortado, de direção N-S, geradas por processos extensionais no embasamento cratônico durante a tafrogênese Estateriana (1,75 Ga) (DUSSIN & DUS-SIN, 1995, DOMINGUEZ, 1993).

No domínio da CDO, o Supergrupo Espinhaço apresenta a seguinte estratigrafia, da base para o topo: Grupo Rio dos Remédios, Formação Mangabeira e Açuruá do Grupo Paraguaçu; Formação Tombador e Caboclo do Grupo Chapada Diamantina, e por fim a Formação Morro do Chapéu (GUIMARÃES, et al. 2012). A figura 11.21 ilustra em bloco diagrama esquemático a região do Vale do Pati e a Gruta do Castelo no contexto geológico da porção norte oriental Chapada Diamantina.

O contato entre o Grupo Paraguaçu e o Grupo Chapada Diamantina é evidenciado pelas diferentes formas de relevo esculpadas na região (Fig.11.22), e é interpretado como uma dis-

cordância erosiva regional ocorrida a 1.6 bilhões de anos atrás devido a mudança do nível de base regional, e marca a transição de um ambiente marinho raso e litorâneo para continental eólico e fluvial (GUIMARÃES, et. al 2005).

A Formação Tombador apresenta boa exposição e bom grau de preservação de afloramentos, associados a um baixo grau de metamorfismo que permite a identificação de estruturas sedimentares de sistemas deposicionais fluviais e estuarinos presentes na bacia

Espinhaço na região da Chapada Diamantina, no início do Mesoproterozóico (MAGALHÃES et al 2014). A origem desta formação está relacionada a soerguimentos epirogenéticos ocorridos no sul da Chapada Diamantina (PEDREIRA; MARGALHO, 1990).

Três associações de litofácies siliciclásticas com frequente silicificação entre zonas de falhas e fraturas, compõem este conjunto de rochas (GUIMARÃES et al 2012). SAMPAIO et al 1994, identificou para Formação Tombador a presença arenitos de granulação média a grossa na base, conglomerados em uma posição intermediária e com espessura variável, e no topo arenitos mais finos (SAMPALIO et al 1994).

O mapeamento geológico da regional do Vale do Pati (Fig. 14.23) permitiu a identificação de metassedimentos síltico-argilosos intercalados com metarenitos da Formação Açuruá entre 900 e 1200 m de altitude; e de metarenitos e metaconglomerado da Formação Tombador, entre altitudes de 1200 a 1500 m. Os metaconglomerados tem ocorrência restrita ao longo da drenagem do Rio Preto e foi incluída na Formação Tombador 1 onde predominam arenitos grossos a conglomeráticos. A Formação Tombador 2 constituída de metarenitos fino a médio afloram em cotas altimétricas a partir de 1350m ao longo da Serra do Sincorá e do Morro da Lapinha e Morro Branco do Pati.

Os elementos estruturais presentes na porção oriental da Chapada Diamantina entre o município de Lençóis e Mucugê, são o sinclinal de Irecê e o anticlinal do Pai Inácio (SILVA, 1994). No Vale do Pati, estas estruturas são representadas respectivamente pelo canal fluvial do rio Preto no planalto dos Gerais do rio Preto, e pelo alinhamento do Morro Branco do Pati e do Morro da Lapinha, onde está localizada a Gruta do Castelo. A origem destas estruturas remonta a uma deformação inicial (D1) ocorrida no período Neoproterozóico, produzida pelo o deslizamento flexural das coberturas por um campo de tensão leste-oeste, formando principalmente dobras abertas regionais com orientação NNW-SSE (MAIA, 2010).

O diagrama de isodensidade dos planos de acamamento na Serra do Sincorá confirma a estrutura de dobra com eixo do plano axial simétrico e em mergulhos predominando entre 5 e 20° (Fig. 11.24). O conjunto de juntas e fraturas presentes nos

lajedos do Gerais do rio Preto encaixam-se no sistema de fratura de cisalhamento de Riedel (Fig. 11.25). Neste modelo as fraturas NNW-SSE e NW-SE seriam respectivamente as sintéticas (R) e antitéticas (R') primárias. Estas estruturas teriam sido geradas em um estágio posterior de deformação (D2) no fanerozóico, transpressional com cinemática predominantemente sinistral de acordo com o modelo de evolução tectônica da região (MAIA, 2010).

11.11.1 Contexto geomorfológico regional do Vale do Pati

O relevo do Vale do Pati é caracterizado por um conjunto de formas tabulares com elevação entre 1150 e 1700 m (Fig. 14.26), com altimetria média das vertentes de 300 m, produzidas pela dissecação diferencial ao longo de planos de fraturas, falhas e de descontinuidades estratigráficas. A porção mais baixa das encostas, com altitudes entre 900 e 700 m, é coberta por rampas de colúvio da acumulação gravitacional intercalada com a deposição aluvial do sistema de drenagem. Este padrão de modelados integra a unidade geomorfológica da Chapada Diamantina, que representa a porção nordeste da região geomorfológica da Serra do Espinhaço (IBGE, 2009), localmente conhecida como Serra do Sincorá.

O Morro da Lapinha representa uma forma de relevo residual conhecida como morro testemunho ou mesa, que se caracteriza por ser uma área elevada limitada por escarpa de relevo tabuliformes formados em rochas sedimentares (IBGE, 2009). Entre aproximadamente 1350m de altitude até o topo a 1500m, o morro apresenta um conjunto de formas de relevo ruiforme em patamares sub horizontais composto por torres e fendas que dão a aparência de um castelo em ruínas, origem do nome popular pelo qual é reconhecido pelos visitantes (Fig. 11.27). Este morro constitui uma importante área de recarga e de nascentes que alimentam dois dos principais rios do Vale do Pati, o rio Funis, a oeste, e o rio Calixto, a leste, os quais integram o sistema de drenagem do rio Paraguaçu.

11.11.2 Topografia espeleológica da Gruta do Castelo

A Gruta do Castelo possui aproximadamente 350m de projeção horizontal e três condutos de acesso principais interligados por um salão onde encontra-se uma coluna de rocha que preserva a estratigrafia do maciço. A geometria dos condutos em planta varia entre retilíneo e ramificado nas direções W-E e SW-NE com alguns locais com feições meandantes (Fig. 11.28).

A entrada principal está a 1346 m de altitude com abertura em forma semicircular com ~15 m de diâmetro (Fig. 11.28), entalhada no paredão rochoso seguindo o plano de acamamento

das rochas que possuem mergulho de 10° para SE. Uma falha de direção NE-SW com mergulho de 70° para NW cruza o eixo de desenvolvimento desta entrada que segue para interior do maciço em conduto de direção W-E até a nascente de água que brota em conduto superior, de direção NW-SE, a 8 m de altura do piso.

O corte 1, próximo à base A52, ilustra o padrão retangular de desenvolvimento do conduto e presença de depressão preenchida por blocos abatidos e sedimento. Entre a nascente de água até a coluna do salão principal, o piso da cavidade é coberto predominantemente por sedimento fino e pilhas de guano, com presença de blocos abatidos apenas próximo às paredes da caverna e no entorno da coluna de pedra. A área do salão principal possui a maior diversidade de estruturas e depósitos minerais distribuídas no teto, paredes, piso e sobre os blocos.

A entrada da dolina tem altitude semelhante a entrada principal e tem direção aproximada N-S. Esta entrada apresenta um conjunto de imensos blocos abatidos sob uma ponte de pedra de direção NW-SE, entre as bases A23 e A24 (Fig. 12.29).

Do salão principal para o conduto que dá acesso a entrada da Fenda, a passagem é estreita conforme ilustrado no corte 2 (entre as bases A48 a A14), com altura menor que 1,5m e largura menor que 3m (base A12). Este conduto apresenta um desnível de aproximadamente 15 m em relação ao salão principal. Logo após a estreita passagem, o conduto se amplia e adquirindo largura aproximada de 15m na base A10. Este conduto é marcado pela espessa pilha de blocos ao longo de todo o conduto, com alguns pontos de maior acúmulo de sedimento fino e concreções entre os blocos.

Próximo entrada da fenda, entre as bases A6 e A4, a água volta a surgir em pequena calha de drenagem que infiltra por entre os blocos e sedimento. Esta entrada possui cerca de 40 m de desnível com relação a entrada principal e a dolina, e é marcada por uma fratura vertical aberta até a superfície (Fig. 11.30) de direção NW-SE, de onde goteja água constantemente próximo as bases A3 e A58. O acesso esta entrada tem declividade negativa de 35° da base A0 para A43, e o piso é completamente constituído de blocos e fragmentos de rocha, que são constantemente mobilizados para baixo durante a passagem de visitantes.

11.11.3 Caracterização geológica da Gruta do Castelo

Os registros fotográficos e a descrição dos diferentes tipos de rocha, feições geomorfológicas e espeleotemas coletados ao longo do desenvolvimento do projeto de pesquisa em campo, serão apresentados juntamente com as análises petrográficas e estruturais realizadas no pós-campo, para caracterização geológica da Gruta do Castelo.

11.11.4 Litologia

A Gruta do Castelo se desenvolve nos metarenitos de topo da Formação Tombador, os quais apresentam variação na estrutura sedimentar que pode ser observada em escala macroscópica, e na composição que foi diagnosticada em análise microscópica petrográfica. A localização das amostras petrográficas na entrada principal da gruta é ilustrada na figura 11.31.

No teto da Gruta predominam camadas de metarenitos róseos com estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, entre 50 cm a 2,5m (Figs. 11.32, 11.33 e 11.34). As camadas inferiores onde a gruta encontra-se desenvolvida são de metarenitos arroxeados com estratificação planar de pequeno a médio porte, por vezes mosqueados com pintas de cor bege (Figs. 11.35 e 11.36). Outras estruturas sedimentares observadas nestas camadas foram interestratificação espinha de peixe e dobras convolutas.

A análise microscópica das lâminas desses dois conjuntos de rocha permitiu a identificação de diferenças principalmente na composição mineralógica dos grãos, na porcentagem de matriz e na porcentagem de poros. Todas as rochas apresentam grau de arredondamento dos grãos no intervalo entre subanguloso a subarredondado. Também é possível identificar a presença de óxido de ferro em forma pequenos de grânulos e por vezes sob forma finas películas como cimento revestindo os grãos em todas as amostras em diferentes proporções. Os cristais de quartzo (Qz), feldspato (Fd) e plagioclásio (Pl), presentes em diferentes proporções em todas as amostras, são incolores e foram identificados pela observação de suas propriedades óticas: a extinção ondulante (Qz) e as extinções paralelas (Fd e Pl). Os fragmentos líticos também são incolores e apresentam-se como um aglomerado de cristais com contatos cristalinos onde é possível identificar diferentes tipos de extinção para o mesmo grão. Feições de corrosão superficial dos grãos também foram observados em diferentes intensidades para todas as amostras.

As amostras PAR02 e PAR03, provenientes do teto da caverna, apresentam maiores teores de quartzo, e porcentagem de matriz 6 vezes menor com relação às camadas sobrejacentes (Tabela 11.4). O tamanho dos grãos varia entre 0,1 a 0,3 mm com predomínio da fração de areia média (maior que 0,2 mm). Os poros tem tamanho médio de 0,4 mm, sendo comum o maior acúmulo de óxido de ferro na superfície dos grãos dos poros.

As rochas apresentam bom selecionamento dos grãos cujos contatos são predominantemente côncavo-convexo, e por vezes suturado pelo sobrecrecimento de sílica amorfa na superfície dos grãos de quartzo. Fragmentos de minerais azuis e avermelhados com relevo alto foram observados mas não identificados. Apesar da existência de porosidade as rochas apresentam elevada coesão, provavelmente promovida pelo cimento silicoso e ferruginoso além da boa compactação.

As amostras PAR04, PAR05 e PAR01, apresentam semelhanças na composição e tamanho dos grãos, sendo as feições de corrosão superficial e a quantidade de poros os principais ele-

mentos que as diferencia (Tabela 14.5). O tamanho dos grãos varia entre 0,1 a 0,4 mm com maior predomínio da fração de areia fina (0,1- 0,2 mm). O selecionamento dos grãos é moderado e é comum a presença de níveis de silte cimentado com óxido de ferro. A presença da matriz amarronzada, provavelmente constituída por argilominerais, em teores de 12 a 15% confere contatos pontuais e alongados entre os grãos.

A amostra PAR04, que está no contato entre as amostras do teto e as sobrejacentes, apresenta feições de dissolução em estágio mais avançado exibindo a matriz em tons beges e poros de até 4 mm de tamanho. A amostra PAR05 também apresenta a matriz em tons mais pálidos e caracteriza um grau intermediário de alteração, enquanto a amostra PAR01 seria o exemplar com maior grau de integridade e teor de óxido de ferro como massas pretas cimentando os grãos de quartzo microcristalinos.

De acordo com a classificação de PETTIJOHN (1972), que considera as proporções de quartzo, feldspato e fragmentos líticos de tamanho areia e a porcentagem da matriz argilosa, as amostras do teto (PAR02 e PAR03) estão na classe dos metarenitos feldspáticos enquanto as amostras do corpo da caverna (PAR04, PAR05 e PAR01) estão na classe das metagrauvacas feldspáticas (Tabela 11.6). A diferença de porcentagem na matriz exerce grande influência sobre a formação da porosidade secundária da rocha uma vez que os argilominerais são mais facilmente intemperizáveis que os outros constituintes.

Tabela 11.6: Classificação das amostras segundo a classificação para arenitos de PETTIJOHN (1972).

Amostra	Composição Mineralógica (%)			% Matriz	Classificação (Pettijohn, 1972)
	Qz	Fd	FL		
PAR-02	56,3	37,5	6,2	2	Metarenito feldspático
PAR-03	60	33,3	6,7	2	Metarenito feldspático
PAR-04	51,5	36,8	11,7	15	Metagrauvaca feldspática
PAR-05	51,6	36,7	11,7	15	Metagrauvaca feldspática
PAR-01	47,9	41,1	11	12	Metagrauvaca feldspática

O perfil litoestratigráfico esquemático do Morro da Lapinha (Fig. 11.37) ilustra que existe um recuo acentuado a 1350 m de altitude, principalmente na vertente a leste formando um degrau de aproximadamente 50 m de desnível. Este recuo está relacionado com a diferença de susceptibilidade ao intemperismo químico existente entre o metarenito feldspático e a metagrauvaca, ocasionando maior dissolução desses estratos e colapso das camadas de topo ao longo de planos de acamamento e fraturas.

14.11.5 Estruturas

O Morro da Lapinha é interpretado como o eixo do Anticlinal do Pai Inácio de direção NNW-SSE, megadobra gerada no primeiro estágio de deformação (D1) compressional relacionada a um campo de tensão E-W e a um mecanismo de deslizamento flexural ao longo da Serra do Sincorá (MAIA, 2010). As estruturas de acamamento S0 medidas em campo para este morro apresentam mergulhos entre 5° e 15° graus para SE. Este caimento concorda com o desenvolvimento da caverna para dentro do maciço rochoso a partir do conduto principal.

As medidas de fraturas e falhas nos afloramentos do Morro da Lapinha e no interior da Gruta do Castelo (total de 27 medidas), ilustradas no diagrama de rosetas (Fig. 11.38), evidencia duas direções de fraturamento principais (Fig. 11.39): NNW-SSE (R ou sintética), W-E (R' ou antitética), e duas secundárias SW-NE (P ou sintética secundária), e WSW-ENE (S ou antitética secundária). No topo do morro, uma extensa fratura de direção paralela ao eixo do anticlinal e outras pode ser facilmente observada em imagem satélite como ilustra a figura 11.40.

Este conjunto de juntas e fraturas encaixa-se no sistema de fratura de cisalhamento Riedel (Fig. 11.41) regional, que teriam sido geradas durante um evento progressivo transpressional sinistral. A erosão teria ocorrido de forma mais proeminente a partir das falhas sintéticas sinistrais de direção NNW-SSE, as quais são mais penetrativas que as antitéticas. Com a dissecação do relevo, as cavernas formadas segundo os lineamentos NNW-SSE, já teriam sido destruídas por processos de abatimento com formação de dolinas e uvalas e, localmente poljes (planícies de abatimento), como observado ao sul do topo do Morro da Lapinha (Fig. 11.40).

11.11.6 Espeleotemas e minerais de caverna

Os espeleotemas observados na Gruta do Castelo são do tipo: coralóides, couve-flor, pingentes, concreções/crostas, sedimento fino (argila) e microtravertino (Fig. 11.49). A análise de raio x dos espeleotemas revelou que a constituição mineralógica dos espeleotemas varia entre 3 classes minerais principais: silicatos, fosfatos e sulfatos (Tabela 11.7). Das 13 amostras analisadas em raio-x, 2 apresentaram quantidade material amorfo elevado para o método de detecção, o que também indica que parte dos espeleotemas ainda apresenta maturidade cristalográfica baixa para determinação mineral através do método de raio-x.

Os coralóides e couves-flor apresentam diferentes formas, cores e tamanhos (1 mm a 40 cm), e estão amplamente distribuídos no teto, nas paredes e sobre os blocos abatidos desde o

salão principal em direção às saídas para o mirante e para a fenda (Fig. 11.42, 11.43, 11.45, 11.46, 11.50, 11.53). Os pingentes apresentam entre 30 e 40 cm de comprimento e estão localizados no salão principal que divide os condutos da gruta, e apresentam crescimento em direção à estreita passagem do conduto que dá acesso a entrada da fenda, o qual apresenta uma forte corrente de ar (Fig. 11.41).

Pelo menos três tipos diferentes de concreções foram observados na gruta. Concreções de minerais em hábito em fibroso, com formato de flor ocorrem principalmente entre os blocos abatidos no conduto A/B (Fig. 11.48). A análise deste material revelou ser o mineral gipsita. Também neste conduto há outro tipo de concreção em forma de glóbulos, constituído de material argiloso em cores avermelhadas nas paredes da caverna (Fig. 11.44 e 11.47).

Um terceiro tipo de concreção ocorre no piso da caverna na área do salão principal, próximo a entrada para o conduto B. Esta apresenta formato botroidal e o resultado da análise mineralógica da amostra ES10 correspondente a essa variedade, indica ser constituído de quartzo. A formação deste espeleotema pode estar relacionada com a percolação de água no piso do salão principal e do gotejamento esporádico da parede com inclinação negativa em direção ao piso. A existência de quartzo em espeleotemas, devido à baixa solubilidade deste mineral, é compreendida como mineral residual da alteração de argilominerais e outros silicatos mais facilmente intemperizáveis da rocha encaixante.

Em várias porções do salão principal no entorno da coluna até a saída para o mirante, o sedimento do piso apresenta-se cimentado em forma de crostas com estrutura zonada (Fig. 11.51). A amostra ES-03, correspondente a este tipo de espeleotema, é formada por gipsita, um mineral da classe dos sulfatos, cujos mecanismos de formação podem ser por evaporação, substituição-solução e efeito do íon comum e água saturada (HILL; FORTI, 1997). Outro mineral que ocorre em situações semelhantes na caverna é a brushita (amostra ES-13), cujo hábito placóide e fibroso e as cores pálidas, se assemelham a gipsita. A brushita é um mineral fosfático comum em cavernas, e tem sua origem relacionada a interação de guano de morcego em soluções ácidas enriquecidas (abaixo de 6) em ambientes úmidos (HILL; FORTI, 1986).

Entre as bases A51, A17 e A13, o piso da cavidade é amplamente coberto por material fino, pulverulento, em cor branca e brilhante. tingido de preto e cinza pelo guano presente. A análise do material revelou ser constituído por taranakita, que é um mineral da classe dos fosfatos que ocorre em cavernas como resultado da reação entre guano de morcegos, fonte do fósforo e o

sedimento argiloso do piso (ES-11), fonte do alumínio presente em sua estrutura (HILL; FORTI, 1986).

Tabela 11.7: Tabela de análise mineralógica (Raio-X) dos espeleotemas da Gruta do Castelo (Vale do Pati).

Amostra	%	Fases Minerais	Fórmula Química
ESO01	96	Gipsita	CA(SO4)•2H2O
	4	Amorfo	-
ESO02	>35	Amorfo	-
ESO03	96	Gipsita	CA(SO4)•2H2O
ESO04	43	Lithiophosphatita	Li3 PO4
	22	Moganita	SiO2
	35	Amorfo	-
ESO05	95	Quartzo	SiO2
	5	Amorfo	-
ESO06	96	Quartzo	SiO2
	4	Amorfo	-
ESO07	25	Gipsita	CA(SO4)•2H2O
	24	Sukukiita	BaVSi2O7
	17	Quartzo	SiO2
	36	Amorfo	-
ESO08	35	Walthierita	Ba0.5Al3(SO4)2(OH)6
	22	Alunita	NaSi2O5•3H2O
	16	Paracelsian	Ba(Al2Si2O8)
	27	Amorfo	-
ESO09	66	Quartzo	SiO2
	26	Kanemita	NaHSi2O5•3(H2O)
	8	Amorfo	-
ESO10	91	Quartzo	SiO2
	9	Amorfo	-
ESO11	24	Analcima	NaMg3Al16Si32
	22	Buddingtonita	NH4AlSi3O8
	16	Aragonita	CaCO3
	28	Amorfo	-
ESO12	49	Taranakita	K3Al5(HPO4)6(PO4)2•18(H2O)
	40	Hamborgita	Be2(BO3)(OH)F
	11	Amorfo	-
ESO13	68	Charmarita	Mn4Al2(OH)12CO3•3 H2O
	22	Brushita	Ca(HPO4)•2H2O
	8	Gipsita	Ca(SO4)•2H2O
	2	Amorfo	-
CLASSES MINERAIS		Silicatos	Carbonatos
		Sulfatos	Boratos
		Fosfatos	

A ocorrência de minerais de sulfato e fosfato são consideradas comuns em cavernas carbonáticas e em rochas que contém gipsita como mineral formador, enquanto cavernas de arenito não são consideradas ambientes favoráveis para deposição de

sulfatos devido ao baixo conteúdo desta substância na rocha hospedeira. No entanto, estas classes minerais também foram encontradas nas cavernas em quartzo-arenito da região da Gran Sabana na Venezuela, e sendo consideradas um registro único do ambiente químico e biológico que favoreceu o acúmulo por milhões de anos e a preservação deste material de origem provavelmente externa (SAURO et al. 2014).

11.12 CONCLUSÕES

O levantamento topográfico espeleológico da Gruta do Castelo foi fundamental para a espacialização dos seus atributos. A escala de 1:200 escolhida para o mapeamento proporcionou o detalhamento de feições importantes e de elevado potencial científico para compreensão da gênese e evolução da caverna ao longo do tempo geológico. A planta da cavidade permitiu o reconhecimento de lineamentos estruturais que condicionam a formação da caverna, enquanto os perfis ilustram o desnível existente entre as entradas da caverna, este pode decorrer da movimentação vertical de blocos ao longo de planos de falha.

O mapeamento geológico de campo permitiu identificar que as rochas da Formação Tombador apresentam elevado grau de coesão e baixa porosidade, que confirmam o baixo grau metamórfico retratado na bibliografia. Nos metarenitos da Gruta do Castelo as estruturas sedimentares como estratificação planar acanalada métrica, estratificação planar centimétrica, estratificação tipo espinha de peixe, além de marcas onduladas de corrente podem indicar um ambiente de deposição fluvial ou marinho.

O estudo das características petrográficas dos metarenitos permitiu o reconhecer que a diferença no percentual de matriz nos metarenitos que compõe o arcabouço da Gruta do Castelo é um fator fundamental para o desenvolvimento da cavidade. Isto acontece pois os constituintes minerais da matriz são mais solúveis que os grãos da rocha, tornando a metagrauvaca feldspática mais susceptíveis ao intemperismo que o metarenito feldspático. A maior dissolução desses estratos pode ter contribuído para desenvolvimento da porosidade terciária ideal para o fenômeno da carstificação e espeleogênese.

A diferença de espessura das estratificações sedimentares desses dois tipos de rocha também pode ter tido influência na circulação hídrica, uma vez que estas estruturas são planos de porosidade secundária da rocha. No metarenito grauavaca feldspático, há maior densidade dos planos de estratificação que contribuem para maior infiltração da água rocha. A circulação de água nos planos de estratificação também pode ter atuado como fator condicionante para o desenvolvimento da porosidade terciária (de dissolução) nas camadas de metarenito grauavaca feldspático.

O baixo percentual de matriz, a existência de porosidade

secundária e feições de corrosão superficial dos grãos das camadas de metarenito feldspático do teto, somado com a presença de níveis mosqueados e concreções de óxido de ferro na gravaca feldspática sobrejacente pode ser indicio de um fluxo de lixiviação de argilas e óxido de ferro das camadas do teto para as camadas de baixo. O óxido de ferro pode ter contribuído para o aumento da resistência mecânica da rocha aos eventos de erosão envolvidos na formação da gruta.

A combinação das litologias, ou variações faciológicas das unidades da Formação Tombador, aliado aos lineamentos estruturais, visíveis tanto em escala regional quanto em afloramentos, seria responsável pelo relevo exposto no Morro da Lapinha. Neste contexto, a Gruta do Castelo representaria um testemunho do relevo pretérito, ainda não exumado. O modelo também sugere que, havendo condições que favoreçam a dissolução/erosão de unidades geológicas não aflorantes mas expostas a fluxo freático, cavernas poderiam estar sendo formadas.

A existência de água corrente no interior da gruta é um aspecto de grande relevância para compreender o seu desenvolvimento e configuração atual, uma vez que a água é o principal agente na formação de cavernas. As direções do sistema de drenagem atual são paralela a passagem e a abertura do conduto da fenda. A feição meandrante presente neste conduto, a grande quantidade de blocos abatidos no piso podem ser indicio de períodos de fluxo de alta pressão, erosão de sedimento e colapso de blocos.

O declive acentuado do salão para o conduto da fenda e a direção de fraturas transversais ao eixo da passagem sugere que pode ter havido movimentação vertical em respostas aos ajustes isostáticos por erosão. As direções dos desenvolvimento dos condutos são E-W e SW-NE, e concordam com as estruturas rúpteis do sistema de cisalhamento tipo riedel sugerido para a evolução tectônica da região da Serra do Sincorá. O controle estrutural também é evidenciado no padrão retangular das seções da entrada principal.

A grande presença de blocos angulosos no piso da cavidade confirma o fenômeno de abatimento de blocos condicionado pelo cruzamento de planos de fraturas e acamamento sedimentar na espeleogênese da gruta. A maior espessura das camadas e o grande espaçamento no sistema de fraturas pode ter contribuído para estabilizar o teto.

Os tipos de espeleotemas e minerais encontrados na Gruta do Castelo contrapõem às expectativas existentes para cavernas desenvolvidas em rochas siliciclástica, cuja variedade tende a ser menor, com predomínio de pequenas ocorrências de coralóides de sílica (Auler & Piló, 2019). Além dos coralóides, a caverna apresenta pingentes, microtavertinos, e concreções de sulfatos e fosfatos, as quais podem ter origem relacionada a reações das águas percolantes com depósitos de guano no piso da cavidade.

Neste caso a Gruta do Castelo pode representar um importante registro fóssil de atividade biológica pretérita.

Outra hipótese para origem dos minerais fosfatos e sulfatos seria a presença de camadas de rocha carbonática da Formação Caboclo, no topo da caverna, e a origem desses íons ser produto da lixiviação destas aprisionamento no sedimento da gruta. A Fm. Caboclo é interpretada como depósito de ambiente marinho raso dominado por tempestades em sistemas de planície de maré, barra plataformal e litoral (SILVA, 1994), diferente da Fm. Tombador que representa um sistema de deposição continental fluvial e estuarino (MAGALHÃES et. al 2014), onde não é documentada presença de material carbonático no arcaibouço das rochas. Para confirmar esta hipótese é necessário mapear os estratos que estão acima da cota de 1400 m acima da Gruta do Castelo e verificar se o litotipo das camadas continuam sendo a Fm. Tombador como é interpretado atualmente.

O posicionamento altimétrico da Gruta do Castelo, a uma cota de 1340 m de altura em um morro testemunho, atribui à cavidade um isolamento geográfico significativo para sua gênese. O relevo ruiforme do topo do Morro da Lapinha e a Gruta do Castelo são registros do relevo cárstico preservado nos metarenitos da Fm. Tombador. A escassez de registro de cavernas neste litotipo nesta região pode ser indicativo da raridade de condições de preservação destas estruturas no contexto local e regional. Outra possibilidade para esta escassez é o desconhecimento do potencial de formação de cavernas em rochas siliciclásticas associados a um elevado grau de dificuldade para acessar as áreas de afloramento deste litotipo na região. Prospecções espeleológicas com a utilização de drones para mapeamento poderiam fornecer importantes informações para compreender melhor a raridade da Gruta do Castelo na Chapada Diamantina.

11.12 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se o monitoramento contínuo da atividade turística na Gruta do Castelo para garantir a preservação dos seus atributos naturais, principalmente os depósitos químicos e de guano presentes no piso das cavidades, e das áreas de surgimento e infiltração de águas superficiais. Outra razão para este monitoramento é por se tratar de uma área de difícil acesso, tornando a logística de atendimento de socorro a possíveis acidentes cara e complexa.

Para o efetivar a conservação se faz necessária uma campanha de educação patrimonial incluindo com os moradores locais da região do Vale do Pati, incluindo guias turísticos, agências de turismo, escolas e associações. Ações de fortalecimento, resga-

te e criação de senso de identidade local serão necessárias para desenvolver a cultura do cuidado e proteção ao meio ambiente. Investir na história e cultura local pode ser um bom caminho para reavivar a integração da comunidade, e desenvolver o senso coletivo.

Uma sugestão de ação direta de intervenção ao uso do turístico da Gruta, é criação de uma guarita de orientação em local estratégico de convergência de fluxo de pessoas, onde fosse possível fazer o registro e controle do número de pessoas, como por exemplo no início da trilha de acesso a Gruta, na margem direita do rio Funis, subindo pelo lajedo. Um painel explicativo poderia ser elaborado a respeito da necessidade de preservação dos atributos naturais da gruta (físicos e bióticos) e sua relevância em nível local, regional e global.

Dentre as orientações específicas pode-se incluir: não é permitido acampamento e fogueiras no interior e área de influência da Gruta; não é permitido coletar nem mover os materiais presentes na cavidade, incluindo espeleotemas (minerais depositados); não é permitido a coleta de água na nascente da gruta, que também não deve ser consumida por risco de contaminação da área de captação superficial, e pela fragilidade e instabilidade da estrutura da caverna devido a erosão promovida pelo fluxo de água corrente no interior da gruta. A superfície do maciço rochoso neste ponto apresenta-se bastante friável, e a coleta de água promove destruição das feições geomorfológicas superficiais naturais formadas pela erosão hídrica, através do atrito das mãos nesta superfície e o pisoteio na microbacia criada pelo acúmulo do gotejamento intenso. Estas feições tem elevado potencial didático para ilustrar os processos naturais que originaram a formação da cavidade e são bastante relevantes também do ponto de vista científico geológico, hidrológico e biológico.

No mesmo sentido, algumas orientações proibitivas que poderiam estar incluídas, são:

o uso de bastões/stikers para garantir a preservação do sedimento e das concreções minerais; o descarte de resíduos de qualquer natureza durante todo período de visita desde a trilha de acesso até o ambiente interno e ao redor da Gruta, para evitar o desenvolvimento de uma cadeia alimentar que altere o equilíbrio biológico natural da caverna. Recomendações sobre a utilização de calçado fechado para o acesso também deverão ser feitas para diminuir o risco de lesões devido intensas irregularidades do terreno revestido de blocos e matacões angulosos. As regiões topograficamente mais rebaixadas a gruta são áreas mais vulneráveis a por causas abatimentos e que devem ser evitadas.

Estipular o número máximo de pessoas por dia e por grupo para travessia da gruta também é de extrema necessidade para garantir a efetividade das ações de preservação. Para isso será necessário a realização de estudos de capacidade de carga da gruta com respeito aos seus atributos naturais. Esta ação também

contribuirá na redução da suspensão de partículas no ar causado pelo intenso pisoteio durante a travessia e sua redeposição sobre os espeleotemas prejudicando sua conservação.

Em períodos de alta pluviosidade, sugere-se que o acesso a gruta seja restritivo a períodos de estiagem, devido à grande probabilidade de deslizamento de solo e blocos de rocha pelo encharcamento e do solo principalmente nas entradas da gruta que apresentam declive acentuado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F. M. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 7, 1997. p.349-364.
- ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y; EZHOV, Y; LYSENIN, G., 2009. Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types. Poland: University of Silesia/ Ukrainian Academy of Sciences/ Tavrishesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology.
- ASSUNÇÃO, P.H.S.; BRAGANTE-FILHO, M.A. Atual metodologia de mapeamento de cavernas realizada pela Sociedade Excursionista e Espeleológica – SEE. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN
- AULER A. S. & PILÓ, L. B. Geologia de cavernas e sua interpretação à luz da legislação ambiental espeleológica. Cap. 2. In: *Espeleologia e licenciamento Ambiental*. ICM-BIO (2019). p. 40 -76.
- BABINSKI, M., BRITO-NEVES, B.B., MACHADO, N., NOCE, C.M., UNLHEIN, A., SCHMUS, W.R.V., 1994. Problemas da metodologia U/Pb de vulcânicas continentais: caso do grupo rio dos remédios, Supergrupo Espinhaço, no estado da Bahia, In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 38, Balneário Camboriú. Resumos Expandidos, vol. 2, pp. 409–410.
- BARBOSA, J.S.F.; SABATÉ, P. Colagem Paleoproterozóica de Placas Arqueanas do Cráton do São Francisco na Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, 2003. p.7-14.
- BENTO, R.V., 2005. Datações U– Pb em rochas magmáticas intrusivas no Complexo Paramirim e no Rifte Espinhaço: uma contribuição ao estudo da evolução geocronológica da Chapada Diamantina. III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, pp. 159–161.
- BOGGS, S., Jr. *Petrology of Sedimentary Rocks*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, 2009.

- BOGLI, A. W. H. *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Springer. 1978. 284 pag.
- CAROZZI, A. V. *Microscopic Sedimentary Petrography*. New York and London: John Wiley & Sons, Inc., 1960.
- CEZAR, R. V. CAMARGO, V. A. *História Natural da Bahia. Caminhos do Brasil. Coleção Viagem de Conhecimento. Volume 2*. 2018. 132 p.
- CEZAR, R. V. CAMARGO, V. A. *História Natural da Chapada Diamantina. Caminhos do Brasil. Viagem de Conhecimento. Volume 1*. 2016. 128 p.
- CORRÊA NETO, A.V.; BATISTA FILHO, J. *Espeleogênese em Quartzitos da Serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. Anuário do Instituto de Geociências, vol. 20, 1997. p.75-97.*
- CRUZ, S. C. P.; ALKMIN, F. F. *The Paramirim Aulacogen. In: HEILBRON, Monica; CORDANI, Umberto G.; ALKMIM, Fernando F. São Francisco Craton, eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent. Regional Geology Reviews [S.l: s.n.], 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-01715-0.*
- CRUZ, S.C.P; DIAS, V.M; ALKMIM, F.F.. *A interação tectônica embasamento/coertura em aulacógenos invertidos: um exemplo da Chapada Diamantina Ocidental. Revista Brasileira de Geociências, Rio de Janeiro, v. 37, n. 4, 2007. p.111-127 .*
- DEMATTEIS, G. *Manual de la espeleologia*. Barcelona: Editorial Labor S.A. 1975.
- DOERR, S.H. *Karst-like landforms and hydrology in quartzites of the Venezuelan Guyana shield: Pseudokarst or “real” karst? Zeitschrift fur Geomorphologie, 1999. p.1-17.*
- DOMINGUES, F. A. A. *Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos* Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1979.
- DOMINGUEZ, J.M.L. (1993). *As coberturas do Cráton do São Francisco: Uma abordagem do ponto de vista da análise de bacias. In: Dominguez, J.M.L. and Barbosa, J.S.F. (eds) O Cráton do São Francisco, SGM, p.137–155.*
- DUSSIN, I.A., DUSSIN, T.M., 1995. *Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. Geonomos 3, p.19–26.*
- FABRI, F.P. *Estudo das cavernas quartzíticas da região de Itambé do Mato Dentro*. Belo Horizonte, 2011. 179f. *Dissertação de Mestrado em Geografia – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, BH-MG.*
- FABRI, F.P.; AUGUSTIN, C.H.R.R. *Fatores e processos envolvidos no desenvolvimento de formas cársticas em rochas siliciclásticas em Minas Gerais, Brasil. Geografias, vol. 9, nº 1, 2013.*
- FAIRCHILD, I.J., FRISIA, S., BORSATA, A and Tooth, A.F. 2006. *Speleothems. In: Geochemical Sediments and Landscapes (ed. Nash, D.J. and McLaren, S.J.), Blackwells, Oxford (in press).*
- FILHO, W. (orgs.) *CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. Anais.Campinas: SBE, 2015. p . 2 7 5 - 2 8 0 . Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_275-280.pdf>. Acesso em: 01/10/2019.*
- FOLK, R. L. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, Texas: Hemphill Pub. Co, 1980. Disponível em <http://hdl.handle.net/2152/22930>.
- FORD, D.; WILLIAMS, P. *Karst geomorphology and hydrology*. London: Unwin Hyman, 1989.
- GAMBARINI, Adriano. *Cavernas no Brasil: beleza e humanidade*. São Paulo: Metalivros. 2012.
- GIANNINI, P. C. F.; MELO, M. S. *Decifrando a terra. Cap. 9 Do grão à rocha sedimentar: erosão, deposição e diagênese.*
- GIUDICE, D. S.; *Geodiversidade e lógicas territoriais na Chapada Diamantina – Bahia. CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. Salvador, 2012.*
- GRIFFITHS, J. C. *Measurement of the Properties of Sediments. The Journal of Geology 69, nº 5: p.487-98, 1961. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3005619> 6.*
- GROUT, F. F. *Petrography and Petrology: a textbook*. New York and London: McGraw-hill book company, Inc., 1932.
- GUIMARÃES, J.T.; ALKMIN, F.F.; CRUZ, S.C.P. *Supergrupos Espinhaço e São Francisco. In: BARBOSA, J.S.F. (Coord.) Geologia da Bahia: pesquisa e atualização. Salvador: CBPM, 2012. (Série Publicações Especiais, 2).*
- GUIMARÃES, J.T.; R.A.SANTOS; MELO, R.c. (Org.). *Geologia da Chapada Diamantina Ocidental: projeto Ibitiara Rio de Contas. 64. ed. Salvador: Cprm, 2008. (ARQUIVOS ABERTOS).*
- GUN, John. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. New York: Fitzroy Dearborn. 1970, 2003.
- HARDT, R.; PINTO, S.A.F. *Carste em rochas não carbonáticas. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol 10, Especial, nº 2, 2009. p .99-105.*
- HARDT, R.; RODET, J.; WILLEMS, L.; PINTO, S.A.F. *Exemplos Brasileiros de Carste em Arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP). Espeleo-Tema, vol. 20,*

- n° 1-2, 2009. p.7-23.
- HARDT, RUBENS. Breve inventário do Patrimônio Espeleológico. Patrimônio espeleológico brasileiro em rochas ferruginosas: propostas para sua conservação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais.
- HASUI, Y. Cráton do São Francisco. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M., Bartorelli, A., *Geologia do Brasil*, primeira edição. São Paulo, Beca Editora, 2012 b. Capítulo 11-a, p. 200-228.
- HEINRICH, E. WM. *Microscopic Petrography*. New York, Toronto and London: McGraw-hill book company, Inc., 1956.
- HIBBARD, M.J. *Petrography to Petrogenesis*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs 1995.
- HILL, C.A., FORTI, P. *Cave minerals of the world* (2st ed.). National Speleological Society, Huntsville, 1997.
- HILL, C.A., FORTI, P. 1986, *Cave minerals of the world* (1st ed.). National Speleological Society, Huntsville, 238 p.
- IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Manual técnico de geomorfologia*. 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 ; n. 5)
- ICMBIO. *Anuário estatístico do patrimônio espeleológico brasileiro 2018*. CECAV. Brasília. 2018. 17p.
- ICMBIO. *Espeleologia e Licenciamento Ambiental / Jocy Brandão Cruz e Luís Beethoven Piló*. Brasília: ICMBio, 2019. 262 p. ; Il. Color. ISBN 978-65-5024-005-9
- INDA, H. A. V. et al. O Cráton do São Francisco e a Faixa de Dobramentos Araçuaí. In: SCHOBENHAUS, C. et al *Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais: escala 1:2.500.000*. Brasília: DNPM, 1984.
- J.F., MELO, R.C., BENTO, R.V., 2005. Datações U– Pb em rochas magmáticas intrusivas no Complexo Paramirim e no Rife Espinhaço: uma contribuição ao estudo da evolução geocronológica da Chapada Diamantina. III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, pp. 159–161.
- JARDIM DE SÁ, E.F., BARTELS, R.L., BRITO NEVES, B.B., MCREATH, I., 1976. Geocronologia e o modelo tectono-magmatico da Chapada Diamantina e Espinhaço Setentrional, Bahia. In: XXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto, SBG. Anais, vol. 4, p. 205-257.
- JENNINGS, J. N. *An Introduction to Systematic Geomorphology*. v. 7. Australian National University press. Canberra. 1971. 272 p.
- JENNINGS, J.N. Sandstone pseudokarst or karst? In: Young, R. W.; Nanson, G. C. *Aspects of Australian Sandstone Landscapes*. Wollongong: Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication n°1., 1983. p. 21- 30.
- KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C.; PALMER, A. N.; DREYBRODT, W. *Speleogenesis: Evolution of karst aquifers*. Huntsville: National Speleological Society, 2000.
- KRYNINE, P. D. The Megascopic Study and Field Classification of Sedimentary Rocks. *The Journal of Geology* 56, no. 2, 1948. p. 130-65. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/30070803>.
- LEINZ, V., LEONARDOS, O. H. *Glossário geológico: com a correspondente terminologia em inglês, alemão e francês*. 2 ed. São Paulo. Editora Nacional. 1977.
- LINDHOLM R.C. (1988) *Sedimentary rocks, field relations*. In: *General Geology. Encyclopedia of Earth Science*. Springer, Boston, MA.
- MACEDO, J. M. B., LEMOS, M. A. M. *Introdução ao estudo da gênese dos minerais da argila. Estudos, ensaios e documentos n.85*. Lisboa: Junta de investigações do ultramar. 1961.
- MAGALHÃES, A.J.C., RAJA GABAGLIA, G.P., SCHERER, C.M.S., BÁLLICO, M. B., GUADAGNIN, F., BENTO FREIRE, E., SILVA BORN, L.R., CATUNEANU, O. 2016. Sequence hierarchy in a Mesoproterozoic interior sag basin: from basin fill to reservoir scale, the Tombador Formation, Chapada Diamantina Basin, Brazil. *Basin Research*, n° 26, p.393–432.
- MAGALHÃES, A.J.C., SCHERER, C.M.S., RAJA GABAGLIA, G.P., BÁLLICO, M. B., CATUNEANU, O. 2014. Unincised fluvial and tide-dominated estuarine systems from the Meso-proterozoic Lower Tombador Formation, Chapada Diamantina basin, Brazil. *Journal South American Earth Science*, 56, 68–90.
- MAIA C. M. *Caracterização Estrutural, Geométrica e Cinemática, das formações Tombador e Açuruá na região sul do município de Lençóis, Chapada Diamantina-BA*. 2010. Monografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia-UFBA, Salvador, 2010. p 103.
- MARTÍNEZ & RIUS, A. *Topografía Espeleológica*. Ed. Federación Española de Espeleología. Barcelona, 1992.
- MARTINI, J. Karst in the Black Reef Quartzite near Kaapsehoop, Transvaal. *Ann. Geol. Surv. South Africa*, vol. 13, 1979. p. 115-128.
- MARTINI, J. Silicate Karst. In: GUNN, J. (ed.): *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. New York: Taylor and Francis

- Group, 2004. p.1385–1392.
- MC DOUGALL MINERALS. Webmineral. General Charnarite-2H Information. Disponível em: <<http://webmineral.com/data/Charnarite-2H.shtml#.XdHdkCTPzIU>>. Acesso, 20 de agosto de 2019.
- MECCHIA, M.; PICCINI, L. Hidrogeology and SiO₂ geochemistry of the Aonda Cave System, Auyan-Tepui, Bolivar, Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, vol. 33, 1999.
- MISI, A. & SILVA, M.G. 1996. Chapada Diamantina Oriental - Bahia: geologia e depósitos minerais. Salvador, Superintendência de Geologia e Recursos Minerais (Série roteiros geológicos).p.1-11.
- MONTEIRO R. C.; RIBEIRO L. F. B. Espeleogênese de Cavernas Areníticas: algumas considerações aplicadas à Província Espeleológica da Serra de Itaqueri, Estado de São Paulo, BRASIL. *Speleo Brazil 2001*
- MORGAN, I. M. & DAVIES, W. E. *Geology of caves*. Washington: U.S. Government Printing Office. 1991. (General Interest Publication)
- MULLAN, G.J.. 1989. Caves of the Fell Sandstone of Northumberland. *Proc. Univ. Bristol Speleol. Soc.*, 18: p.430-437.
- NEVES, B. B. A tafrogênese estereotípica nos blocos paleoproterozóicos da América do Sul e processos subsequentes. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 3, n.2 p. 1- 21, 1995.
- NICHOLS, G. *Sedimentology and Stratigraphy*. 2nd ed. Wiley-Blackwell, 2009.
- ONAC. B. P.; FORTI P. State of the art and challenges in cave minerals studies. *Studia UBB Geologia*, 2011. 56 (1), p.33-42.
- PEDREIRA, A. J. “Serra do Sincorá, Bahia”. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio085/sitio085.htm>. 2001.
- PEDREIRA, A. J. 2002. A Chapada dos Diamantes - Serra do Sincorá, Bahia. Publicado na Internet em Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil no endereço: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio085/ChapadaDosDiamantes.htm>
- PEDREIRA, A. J. O Supergrupo espinhaço na Chapada Diamantina no Centro-oriental, Bahia: Sedimentologia, Estratigrafia e Tectônica. [ed.] Universidade de São Paulo, USP, Instituto de Geociências. São Paulo : Tese de Doutorado em Geoquímica e Geotectônica, 126p. 1994.
- PEDREIRA, Augusto J.; MARGALHO, Rui de S. F. X. Margalho (Orgs.). *Mucugê (folha SD.24-V-C-II): estado da Bahia: texto explicativo*. Brasília: CPRM; DNPM, 1990. 112 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- PETTIJOHN, F. J. *Sedimentary Rocks*. 2nd. ed. Bombay, Calcutta & Madras, Oriente Longmans Private Ltd, 1957.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. & SIEVER, R. *Sand and Sandstone*, 1st ed. New York: Springer-Verlag, 1972.
- PICCINI, L.; MECCHIA, M. Solution weathering rate and origin of karst landforms and caves in the quartzite of Auyan-tepui (Gran Sabana, Venezuela). *Geomorphology*, vol. 106, 2009. p.15-25.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. Introdução a espeleologia. IV Curso de espeleologia e licenciamento ambiental. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), 2013. p. 7 -22.
- PROTHERO, D. R. & SCHWAB F. *Sedimentary Geology: An Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigraphy*. 3rd edition. New York: W. H. Freeman and Company, 2014.
- RIUS, A. M. *Topografia Espeleológica*. (1992). Federación Española de Espeleología, 1992.
- RUBBIOLI E. Topografia e espeleometria de cavidades naturais. IV Curso de espeleologia e licenciamento ambiental. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), 2013. p. 53-66.
- SAMPAIO D. R., DA COSTA E. D. A., NETO M. C. A. Diamantes e carbonados do alto Rio Paraguaçu: geologia e potencialidade econômica. CBPM, Série de Arquivos Abertos, 8, Salvador, 23p.
- SAURO, F., TISATO, N., DE WAELE, J., BERNASCONI, S., BONTOGNALI, R. R. T., GALLI, E., 2014. Source and genesis of sulphate and phosphate-sulphate minerals in quartz-sandstone cave environment. *Sedimentology* 61 (5), 1433–1451.
- SILVA, A. J. de C. L. PEDREIRA da. Supergrupo espinhaço na Chapada Diamantina no Centro-oriental, Bahia: Sedimentologia, Estratigrafia e Tectônica. [ed.] Universidade de São Paulo Instituto de Geociências. São Paulo : Tese de Doutorado em Geoquímica e Geotectônica. 1994.
- SILVA, Claudio Mauricio Teixeira; SANTOS, Thiago Faleiros. Apostila de geoespeleologia em cavidades especiais. Mini-curso C3. 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia, 2017.
- SILVA, S.M. *Carstificação em Rochas Siliciclásticas: Estudo de caso na Serra do Ibitipoca, Minas Gerais*. MG. 2004. 143f.

- Dissertação de Mestrado em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, BH-MG.
- SOUZA, Arnóbio Silva de. Estudo petrográfico e petrológico da Formação Tombador, Mesoproterozóico da Chapada Diamantina, Bahia. 2017. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: O relevo cárstico e a geospeleologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011. p. 278-292.
- SUGUIO, Kenitiro. Geologia Sedimentar. 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2003.
- TALLMAN, S. L. Sandstone types: their abundance and cementing agents. *The Journal of Geology*. vol. 57, nº 6, 1949. p. 582-591. Disponível em: < <http://www.jstor.org/stable/3005634> >
- TEIXEIRA, Wilson; FAIRCHILD, Thomas R.; TOLEDO, Maria Cristina Motta de; TAIOLI, Fabio. Decifrando a Terra. [S.l: s.n.], 2009.
- TEIXEIRA-SILVA; SANTOS T. F. Apostila de geospeleologia em cavidades especiais. Minicurso C3 . Congresso Brasileiro de Espeleologia. Ouro Preto - MG, 2017.
- TURKINGTON A. V., PARADISE, T. R. Sandstone weathering: a century of research and innovation. Elsevier: *Geomorphology* 67 (2005) p. 229–253
- WEBMINERAL. General Charmarite-2H Information. Disponível em: <<http://webmineral.com/data/Charmarite-2H.shtml#.XdHdkCTPzIU>>. Acesso, 20 de agosto de 2019.
- WEBMINERAL.General Charmarite-2H Information.Disponível em: <<http://webmineral.com/data/Charmarite-2H.shtml#.XdHdkCTPzIU>>. Acesso, 20 de agosto de 2019.
- WENTWORTH C. K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, vol. 30, no. 5, 1922, pp. 377–392. JSTOR, www.jstor.org/stable/30063207.
- WHITE, W. B. *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. Publisher Oxford University Press. 1988. 480 pg.
- WINGE, M. Glossário geológico ilustrado. CPRM: SIGEP, 2019. Acesso em: 26 de agosto de 2019. < <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/> >
- WRAY, R.A.L. A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones. *Earth-Science Reviews*, vol. 42, 1997. p. 137- 160.
- WRAY, R.A.L. Quartzite dissolution: karst or pseudokarst? *Cave and Karst Science*, 24: 1997. p. 81-86.
- YOUNG R.W; YOUNG, A.R.M. *Sandstone Landforms*. Berlin: Springer-Verlag, 1992.
- YOUNG, R.W. Quartz etching and sandstone Karst: Examples from the East Kimberleys, northwestern Australia. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, vol. 32, 1988. p. 409-423.

APÊNDICE A - TABELA DE PONTOS DE CAMPO

Ponto	Litotipo	Grupo	Formação	Altitude (m)	Coord. (x)	Coord. (y)	Descrição	S0	Fraturas Dip/Dir	Veio
mc01	Arenito	Paraguaçu	Açuruá	932	233134	8586316	Lajedo de metarenito fino na travessia do rio funis para iniciar a trilha do Castelo	120/22	275/80, 180/85	
mc02	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1259	233744	8586832	Blocos de arenito muito fino com estratificação plano-paralela. Feições de almofada. Solo argiloso bege por vezes alaranjado.	105/15		
mc03	Arenito/ Siltito	Chapada Diamantina	Tombador	1270	233794	8586861	Intercalação de arenito fino, siltito e argilito com estratificação planar (alaranjado/ arroxeado)	175/15	260/85, 230/85, 300/85, 275/80, 040/70, 185/75	
mc04	Argila / Silte	Chapada Diamantina	Tombador	1273	233858	8586864	argila branca			
mc05	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1288	234012	8586827	Floresta entre blocos arredondados de arenito			
mc06	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1322	234094	8586790	Arenito fino com estratificação plano-paralela, cor róseo/bege	145/05	230/80, 355/85	
mc07	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1340	234109	8586810	Arenito com estratificação tipo humocky/cru zada	105/10	240/70	
mc08	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1342	234123	8586809	Pingo água da gruta do Castelo			
vp01	Siltito / Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1101	227087	8587974	Início da trilha do Beco de Guiné. Sopé oeste da serra do Sincorá. Blocos e matacões de arenito com estratificação e tafoni. Solo argilo-arenoso arenoso com cascalho. Vegetação arbustiva. Afloramento de argilito/siltito com muscovita com cores: amarelo.	085/25	235/40, 338/80, 240/85	
vp02	Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1124	227143	8588219	Cobertura sedimentar cascalhosa (angulosa) avermelhada (Laterita) sobre rocha argilosa com cores variegadas (vermelho, amarelo, roxo e bege). Superfície da rocha com estruturas de gretas de ressecamento.	115/10	248/48	
vp03	Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1161	227214	8588375	Rocha com estratificação plano paralela/ ritmica (mm/cm). Fratura preenchida por oxido de ferro	070/20	285/48	
vp04	Siltito / Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1249	227363	8588564	Aumento do porte e densidade da vegetação. Diminuição do tamanho dos blocos e matacões (até 2m)	110/15		155/10
vp05	Arenito	Paraguaçu	Açuruá	1262	227453	8588593	Arenito media (cinza) com muscovita. Estratificação plano-paralela centimétrica. Apresenta níveis com camadas oxidadas (cor alaranjada)	122/16	220/75, 350/80, 120/90	
vp06	Quartzito / Metarenito	Chapada Diamantina	Tombador	1316	227522	8588564	Depósito de blocos e matacões (até 4m) de metarenito/quartzito roseo e acizentado.			
vp07	Quartzito / Metarenito	Chapada Diamantina	Tombador	1333	227623	8588540	Blocos assentados na trilha. Quartzitos brechados (veios de cor preta e branca).			
vp08	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1340	227674	8588504	Arenito médio brechado, de cor cinza a cinza azulado. Presença de veios de quartzo e veios de mineral preto.		055/80, 145/85, 280/58	
vp09	Arenito	??	??	1351	227720	8588457	Arenito cinza com estratificação plano-paralela (50cm) e interestratificado.	115/05	230/85, 320/85, 175/80, 300/80	115/05 005/85, 215/85

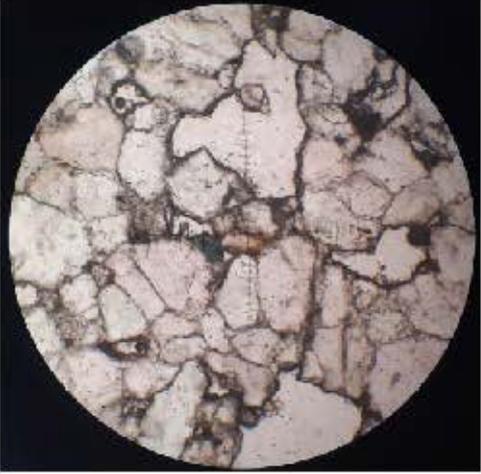
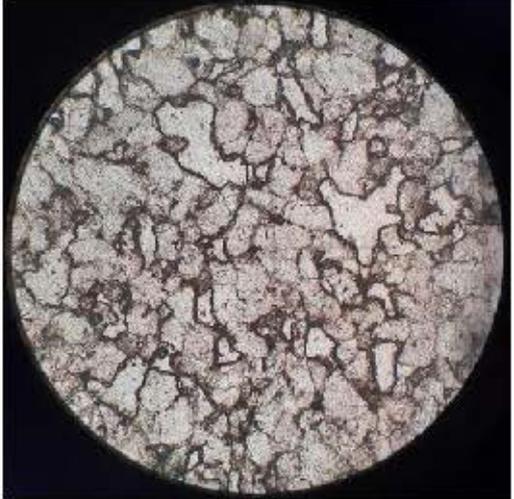
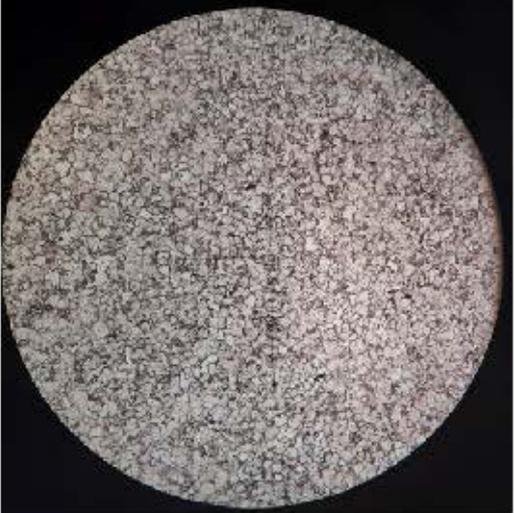
APÊNDICE A - TABELA DE PONTOS DE CAMPO - Continuação

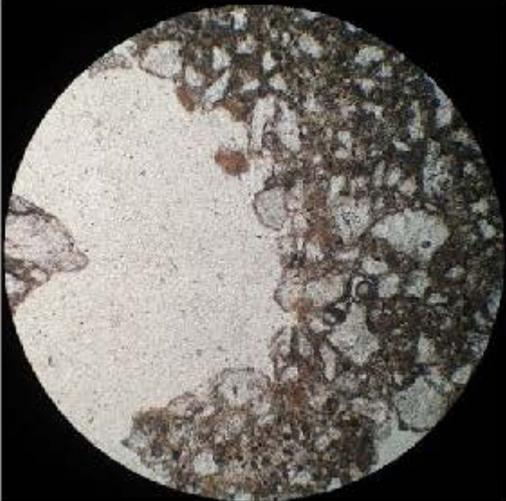
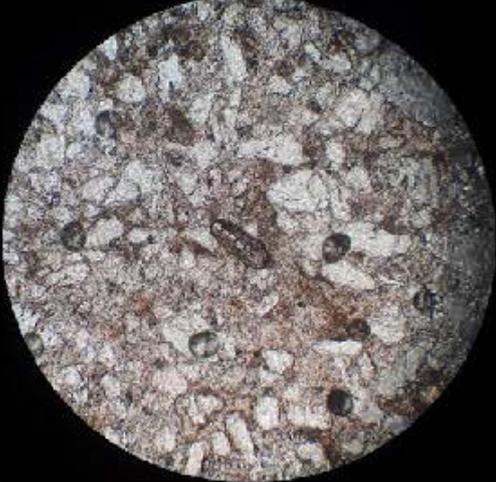
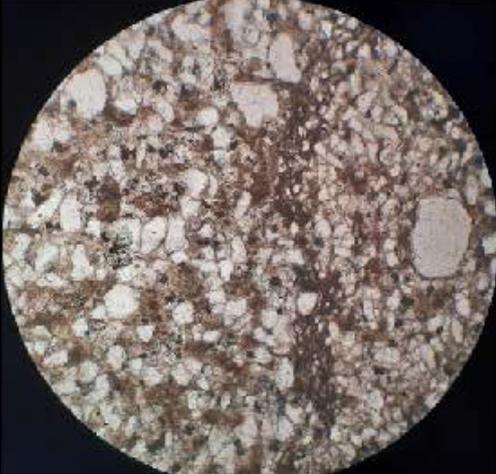
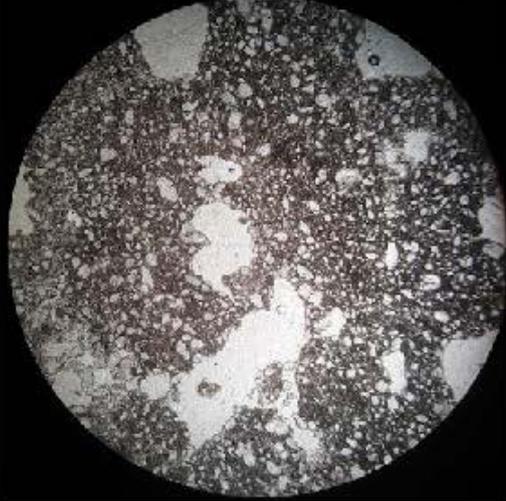
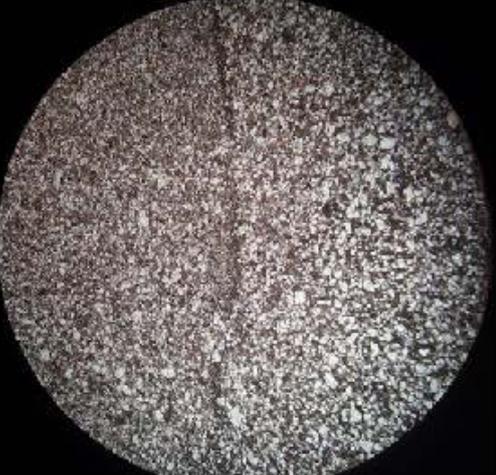
Ponto	Litotipo	Grupo	Formação	Altitude (m)	Coord. (x)	Coord. (y)	Descrição	S0	Fraturas Dip/Dir	Veio
vp10	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1359	227770	8588390	Arenito médio-grosso (conglomerático), com graos sub-angulosos a sub-arredondados, rico em quartzo. Estratificação plana a cruzada de baixo angulo. Presença de marcas de onda.	100/12	230/80	
vp11	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1358	227924	8588242	Extenso lajedo de arenito médiogrosso (conglomerático), com graos sub-angulosos a sub-arredondados, rico em quartzo. Estratificação plana a cruzada de baixo angulo. Presença de fraturas e feições de intemperismo diferencial.		050/85, 015/85, 220/80	
vp12	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1346	228035	8588142	Arenito médio-grosso intensamente fraturado e brechado por veios de quartzo.		020/80, 180/85, 282/80	
vp13	Depósito Aluvionar			1353	228151	8587988	Charco arenoso, rico em matéria organica.			
vp14	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1334	228267	8587890	Lajedo de arenito com veios de quartzo.		200/85	035/70
vp15	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1333	228380	8587754	Arenito com estratificação cruzada de pequeno porte. Fraturas riedel ? veio de quartzo de 10 cm de espessura.	095/20	330/85, 040/85	030/75
vp16	Depósito Aluvionar			7333	228380	8587756	Charco arenoso, rico em matéria organica.			
vp17	Depósito Aluvionar			1312	228778	8587519	Charco arenoso, rico em matéria organica.	185/75		
vp18	Depósito Aluvionar			1294	229099	8587258	Solo arenoso			
vp19	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1262	229460	8586863	Afloramento de lajedo de arenito estratificado com veios de quartzo na travessia da ponte de madeira do Rio Preto.		310/80, 050/80, 275/75	000/80, 010/85
vp20	Arenito/ Conglomerado	Chapada Diamantina	Tombador	1264	229714	8586563	Contato de arenito com estratificação cruzada festonada com conglomerado	270/42	155/65, 125/60, 340/80	160/80
vp21	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1289	230051	8586329	Solo arenoso com vegetação de campo rupestre. Predomínio de fitofisionomias gramíneo-arbustivas.			
vp22	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1282	230225	8586266	Arenito fraturado com grande ocorrência de veios de quartzo.		260/50	
vp23	Arenito/ Conglomerático	Chapada Diamantina	Tombador	1296	230595	8586036	Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada. Vegetação típica de gerais de altitude. Solo arenoso de cor oreta.	255/45		
vp24	Arenito/ Conglomerático	Chapada Diamantina	Tombador	1307	230923	8585739	Afloramento do Mirante da Rampa do Pati. Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada.	275/40		275/40
vp25	Siltito	Paraguaçu	Açuruá	1228	231026	8585703	Siltito. Apresenta cores de oxidação variando entre vermelho e amarelo.	220/15		
vp26	Arenito	Paraguaçu	Açuruá	1220	231922	8585838	Arenito arcoseano de cor rosea e estratificação plano-paralela. Muscovita e graos de quartzo em tamanho areia média a grossa.	145/10	350/80, 045/75, 280/85, 235/85	
vp27	Argilito/ Siltito	Paraguaçu	Açuruá	1165	231942	8586000	Intercalação de argilito e siltito, com estratificação plano-paralela (ritmica) em cores variegadas de oxidação (Amarelo, laranja, roxo, bege claro).	180/10	325/60, 010/80, 170/80, 075/85	

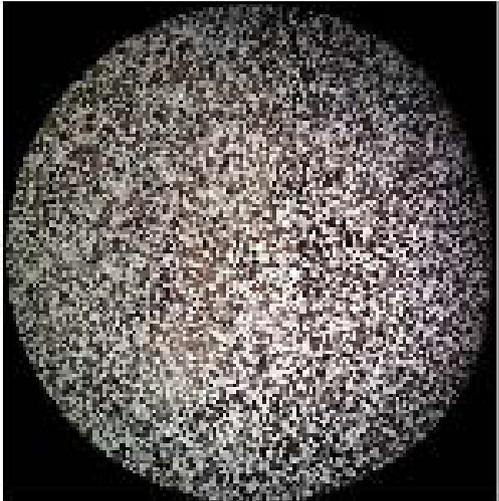
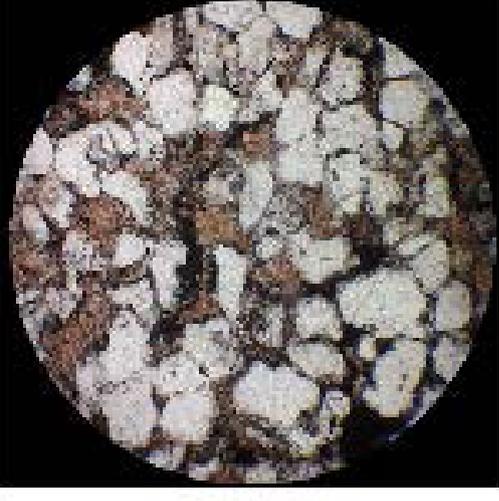
APÊNDICE A - TABELA DE PONTOS DE CAMPO - Continuação

Ponto	Litotipo	Grupo	Formação	Altitude (m)	Coord. (x)	Coord. (y)	Descrição	S0	Fraturas Dip/Dir	Veio
vp28	Argilito/Siltito	Paraguaçu	Açuruá	1134	232088	8586080	Afloramento de Argi lito/Siltito (ritmito) na trilha entre o Cruzeiro do Pati e a casa de S. Wilson.	100/20	075/85, 350/85, 090/85, 170/85	
vp29	Arenito/Siltito	Paraguaçu	Açuruá	916	233116	8586207	Arenito muito fino a siltito com muscovita. Exibe estratificação plana centimétrica (20 a 50 cm).	295/10	180/85, 270/55	
vp30	Siltito/Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1022	232735	8586394	Afloramento de Siltito/Argilito intemperizado. Exibe estratificação plano-paralela centimétrica a milimétrica. Cores variegadas de oxidação.	160/20	165/85, 140/85, 070/85, 115/70, 205/80, 230/80	
vp31	Siltito/Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1058	232472	8586367	Siltito de cor roxa a alaranjada. Possui porcentagem significativa de muscovita.	165/10	95/75, 240/80, 255/80, 028/70	
vp32	Siltito/Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1059	232345	8586368	Lajedo de siltito/arenito muito fino de cor amarelo-alaranjada. Presença de veios de quartzo. Estratificação plana.	115/10	350/80, 380/85, 045/85, 260/80, 140/80	145/85, 255/85
vp33	Siltito/Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1149	231829	8586098	Afloramento na trilha cruzeiro-igrejinha. Rocha avermelhada. Estratificação plana.	175/05	200/85, 140/85, 020/85	
vp34	Siltito/Argilito	Paraguaçu	Açuruá	1125	231583	8586359	Afloramento na trilha cruzeiro-igrejinha. Rocha estratificada(planar) com cores variegadas de oxidação por ferro.	200/10	355/85, 260/70, 200/60	
vp35	Cobertura	Paraguaçu	Açuruá	1120	231601	8585759	Solo argiloso vermelho-alaranjado.			
vp36	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1276	233014	8582215	Gerais do vale do Cachoeirão			
vp37	Arenito	Chapada Diamantina	Tombador	1403	227690	8588751	Abrigo de pinturas rupestres do beco.	070/10	295/65, 180/85	

APÊNDICE B - TABELA DE FOTOMICROGRAFIAS DA GRUTA DO CASTELO

<p>20x</p>		
<p>10x</p>		
<p>2,5x</p>		
<p>Lâmina (posição)</p>	<p>PAR02 (teto)</p> 	<p>PAR03 (teto)</p> 

<p>20x</p>		
<p>10x</p>		
<p>2,5x</p>		
<p>Lâmina (posição)</p>	<p>PAR04 (contato teto-corpo)</p> 	<p>PAR05 (corpo)</p> 

<p>Lâmina (posição)</p>	<p>PAR01 (curvo)</p> 
<p>2,5x</p>	
<p>10x</p>	
<p>20x</p>	

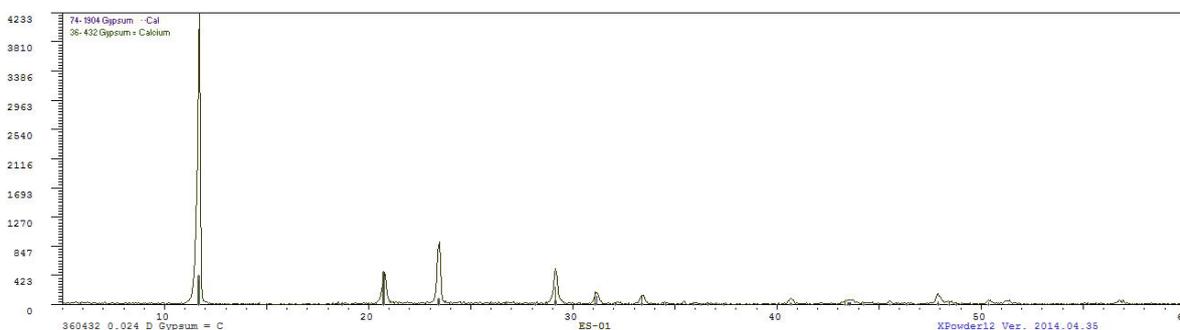
APÊNDICE C - ANÁLISES DE RAIOS-X DOS ESPELEOTEMAS DA GRUTA DO CASTELO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – UFBA.

LABORATÓRIO DE DIFRATOMETRIA DE RAIOS X – PROF. TERSANDRO MONTEIRO

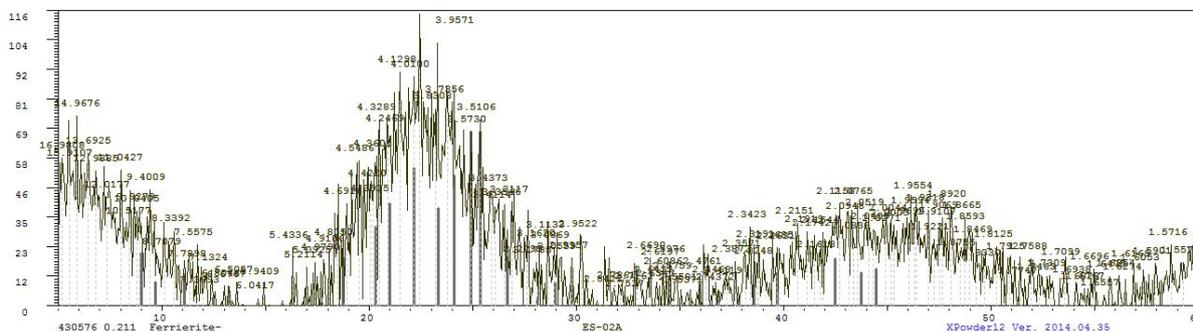
Analista: Prof. Ernande Melo - Técnico Radiologista: Edgar Vinhas. fev:2018.

Amostra: ES-01



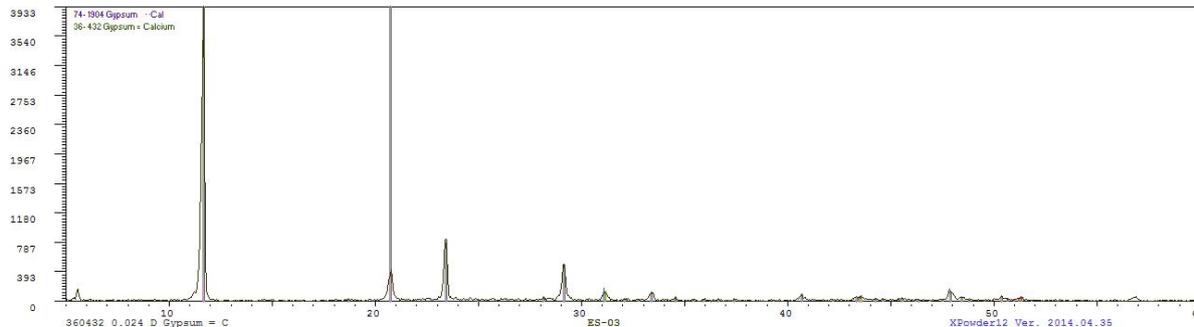
Fases mineral: Gipsita (i-904) [Ca (SO₄) (H₂O)] -48% e Gipsita (ii-432) [Ca SO₄ 2H₂O] -48%.

Amostra: ES-02



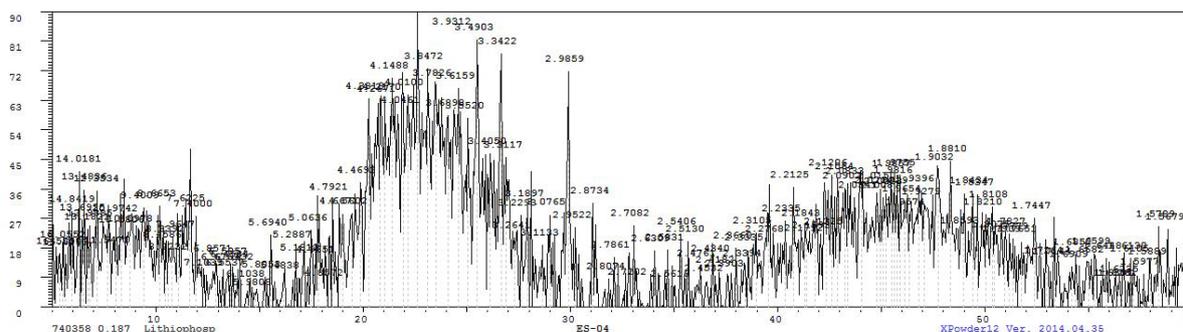
Sem definição.

Amostra: ES-03



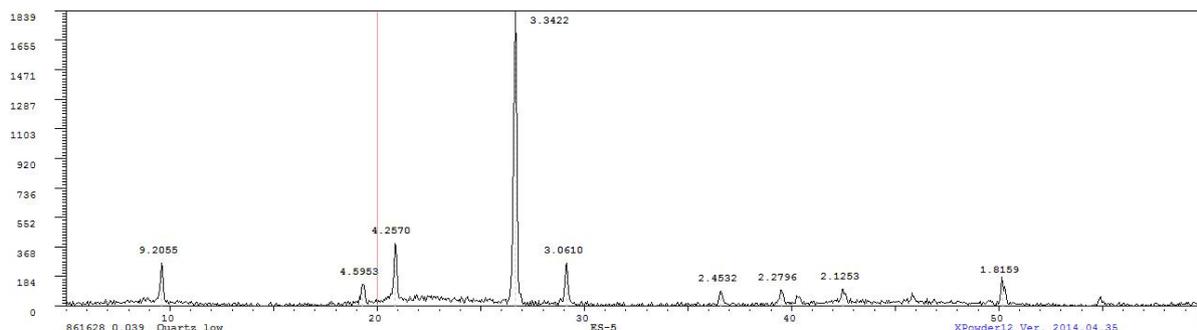
Fases mineral: Gipsita (i-904) 48% [Ca (SO4) (H2O)] e Gipsita (ii-432) 48% [Ca SO4 2H2O].

Amostra ES-04



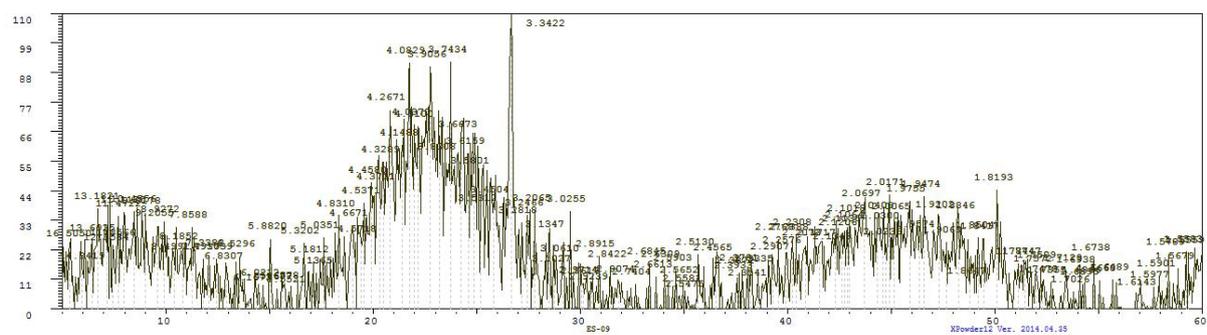
Fases Minerais: Lithiophosphatita [Li3PO4] (43%) e Moganita [SiO2] - 22%.

Amostra: ES-05



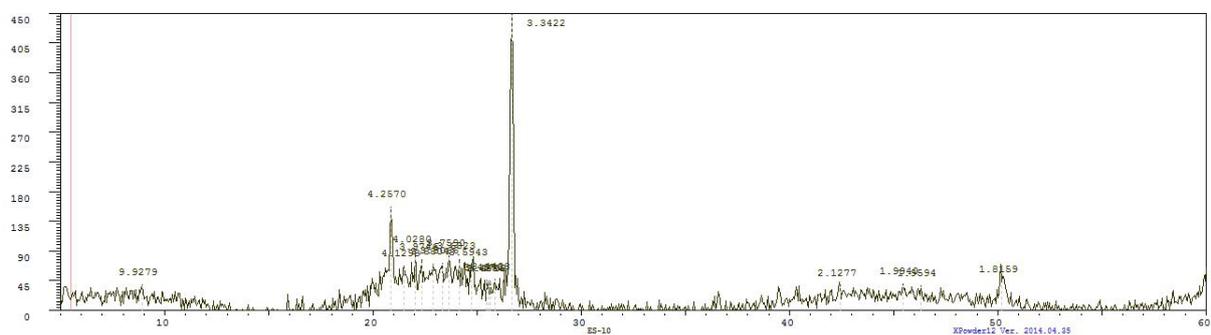
Fases Minerais: Quartzo [SiO2], entre 90 e 95%.

Amostra ES-09



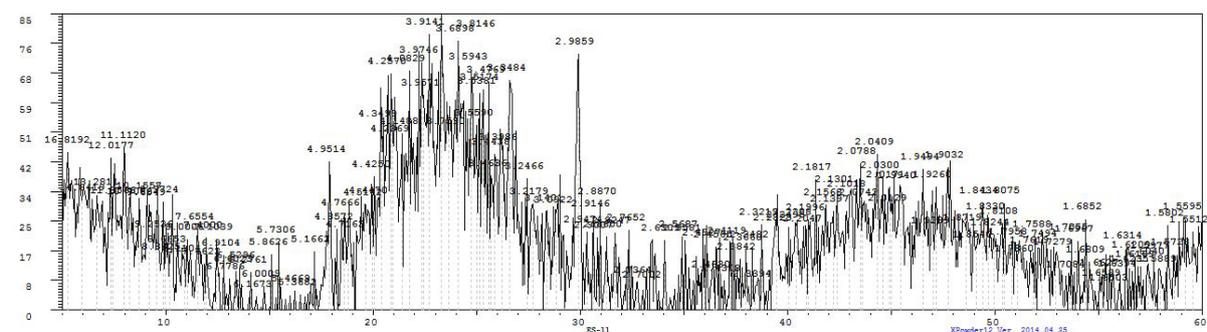
Fases Minerais: Quartzo [SiO₂] – 66% e Kanemita [Na (Si₂O₄) (OH) (H₂O)₃] – 26%.

Amostra ES-10

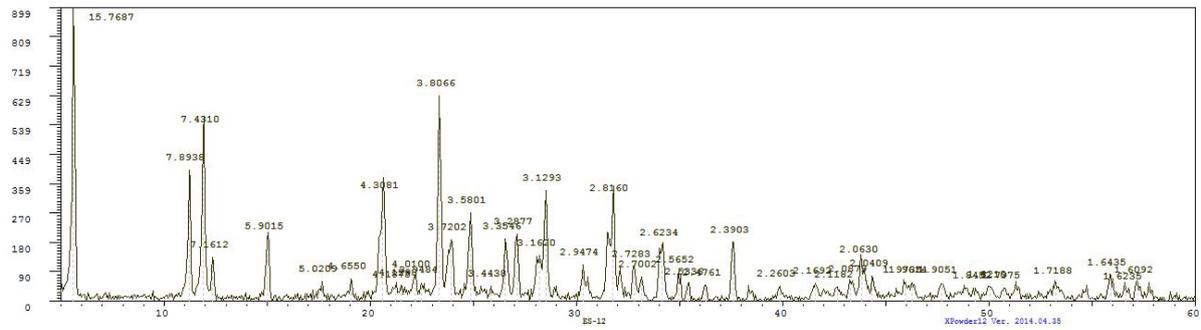


Fase mineral: Quartzo [SiO₂], aprox. 91%.

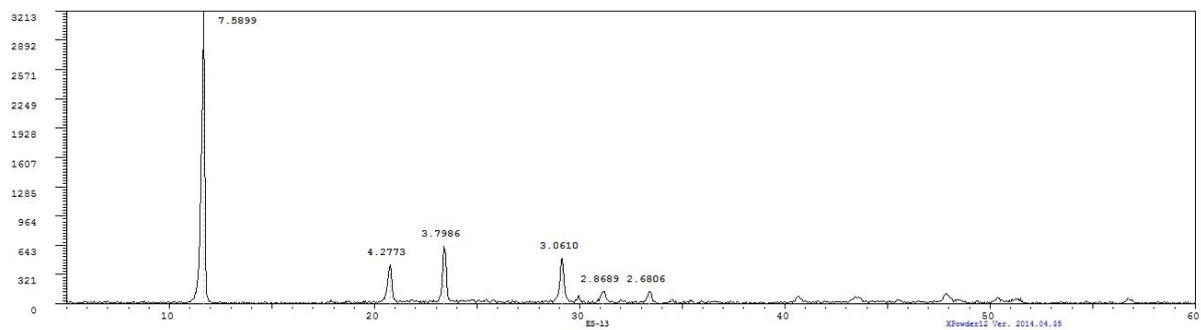
Amostra ES-11



Fases Minerais: Analcima [Na Mg₃ Al₁₆ Si₃₂] – 24%; Buddingtonita [NH₄AlSi₃O₈] – 22% e Aragonita

Amostra ES-12

Fases Minerais: Taranakita [K₃Al(PO₄)₆] – 49% e Hambergita [Be₂(BO₃)(OH)F] - 40%.

Amostra ES-13

Fases Minerais: Charmarita [Mn₄Al₂(OH)₁₂CO₃·3(H₂O)] – 68%; Brushita [CaPO₃(OH)·2(H₂O)] – 22% e Gipsita [CaSO₄] – 8%.

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos é geólogo, especialista em Avaliação de Impactos Ambientais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre e doutor em Engenharia Mineral pela Universidade de São Paulo (USP), Professor Associado do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (UFBA), além de Líder do Grupo de Pesquisa Geoquímica das Interfaces, e do Grupo de Pesquisa Geologia Ambiental e Médica do Estado da Bahia.



Sobre a obra

Desde o início do Século XXI a atividade humana é marcada pela busca da sustentabilidade. Ou descobrimos e colocamos em prática maneiras mais racionais de usar os recursos naturais, ou teremos cada vez mais desequilíbrios climáticos, poluição do ar, das águas e dos solos e uma consequente baixa da qualidade de vida de um número cada vez maior de pessoas. Neste cenário, a Geologia Ambiental ou Geoambiental tem uma importante contribuição a dar. Geologia Ambiental é a geologia aplicada ao meio ambiente, consistindo no estudo dos problemas geológicos decorrentes da relação entre o homem e a superfície terrestre.

A geologia ambiental interage com a geografia, a biologia, a geomorfologia, a agronomia, a química, a medicina e outras ciências para estabelecer e definir as relações entre os diversos meios que integram os sistemas da paisagem. Sua importância está diretamente relacionada à capacidade de apoio à gestão ambiental e ao planejamento e ordenamento territorial.

As geociências se constituem em instrumentos indispensáveis para a definição de políticas públicas para os governos federal, estaduais e municipais, bem como iniciativas do setor privado que pretendam contribuir para o desenvolvimento sustentável do país.

Isto mostra como é relevante a contribuição deste livro sobre Geologia Ambiental para o estado da Bahia, que disponibiliza informações indispensáveis para o desenvolvimento sustentável do Brasil e parabenizar os autores pelos excelentes trabalhos apresentados e em especial o Prof. Angelo pelo esmero em organizar esta importante obra.

Cassio Roberto da Silva, DSc
Serviço Geológico do Brasil-CPRM



NÚCLEO
BAHIA - SERGIPE

ISBN: 978-65-00-23593-7

