



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - POSGEO**

**JOÃO HENRIQUE DE OLIVEIRA SOUSA**

**GÊNESE E EVOLUÇÃO PEDOGEMORFOLÓGICA DE SOLOS  
LATERÍTICOS-HIDROMÓRFICOS SOBRE COURAÇAS  
FERRUGINOSAS NOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL  
NORTE DA BAHIA**

Salvador  
2023

**JOÃO HENRIQUE DE OLIVEIRA SOUSA**

**GÊNESE E EVOLUÇÃO PEDOGEOMORFOLÓGICA DE SOLOS  
LATERÍTICOS-HIDROMÓRFICOS SOBRE COURAÇAS  
FERRUGINOSAS NOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL  
NORTE DA BAHIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Professor Dr. Alisson Duarte Diniz  
Coorientadora: Professora Dra. Grace Bungenstab Alves

Salvador  
2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de Ciências e Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI – UFBA.

S725 Sousa, João Henrique de Oliveira

Gênese e Evolução Pedogeomorfológica de Solos Lateríticos-Hidromórficos sobre Couraças Ferruginosas nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte da Bahia. / João Henrique de Oliveira Sousa. – Salvador, 2023.

225 f.

Orientador: Prof. Dr. Alisson Duarte Diniz

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2023.

1. Geologia. 2. Ciência do Solo. I. Diniz, Alisson Duarte. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDU 55

## TERMO DE APROVAÇÃO

BANCA DE DEFESA - DISSERTAÇÃO

**GÊNESE E EVOLUÇÃO PEDOGEMORFOLÓGICA DE SOLOS  
LATERÍTICOS-HIDROMÓRFICOS SOBRE COURAÇAS FERRUGINOSAS  
NOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA**

**JOÃO HENRIQUE DE OLIVEIRA SOUSA**



**Prof. Dr. Alisson Duarte Diniz (Orientador/Presidente)**  
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Documento assinado digitalmente  
 GRACE BUNGENSTAB ALVES  
Data: 16/01/2024 13:29:48 -0300  
Verifique em <http://validar.iti.gov.br>

**Profª Drª Grace Bungenstab Alves (Coorientadora)**  
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

  
Assinado de forma digital por  
Vania Silvia Rosolen 11537259830  
Data: 2024.01.16 15:21:00  
-03'00'

**Profª. Drª. Vania Silvia Rosolen**  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

  
**Prof. Dr. Guilherme Taitson Bueno**  
Universidade Federal de Goiás (UFG)

**Aprovada em Sessão Pública de 19 de dezembro de 2023**

## **AGRADECIMENTOS**

À energia vital do universo, a quem usualmente denominamos Deus, pela existência e pela consciência ao longo de minha trajetória durante a vida.

Aos meus pais pelo amor e apoio incondicional aos estudos e às minhas decisões na orientação da busca por um caminho autônomo de virtude e felicidade associados aos valores os quais fui ensinado. São a minha base e o legado que quero propagar em vida e adiante.

Ao meu orientador Alisson Diniz por todas as horas de acompanhamento, redirecionamentos, disponibilidade para ensinar e me guiar nessa jornada acadêmica de amadurecimento e expansão de horizontes, em campo, laboratório ou em escritório. Obrigado por acreditar em mim, no meu potencial e nas possibilidades que pudemos construir numa relação tão cuidadosa e saudável.

À minha coorientadora Grace Alves por todo apoio nos intensos trabalhos de campo, indicações de leitura, reflexões e encaminhamentos importantes na construção deste trabalho. Agradeço também pelas possibilidades e pontes estabelecidas na participação em disciplinas e atividades externas que contribuíram sobremaneira para a elaboração deste trabalho.

À CAPES pelo fomento à pesquisa brasileira, apesar de todos os poréns e percalços, materializado na bolsa de estudos concedida durante o período da execução do estudo. Sem ela, certamente todos os esforços e custos teriam sido obstáculos muito maiores do que foram. Ao Projeto Universal Couraças ferruginosas nos sedimentos do Barreiras: APA Litoral Norte do Estado da Bahia pelo apoio financeiro na execução dos campos e análises de laboratório.

A todos professores de minha graduação de forma indistinta pela minha formação enquanto geógrafo que não teria me possibilitado construir a visão de mundo que possuo, muito menos chegar até este trabalho. A todos Professores do POSGEO que buscam, além de suas atividades de ensino e extensão, desenvolver a pesquisa do IGEO apesa de todas as adversidades.

Aos professores externos ao programa que aportaram importantes contribuições ao entendimento do objeto de estudo e outros temas que auxiliaram nas reflexões sobre a questão de pesquisa e desenvolvimento do trabalho: Marcos Pinheiro, Fábio Oliveira, Valdomiro Souza, Carlos Uchoa, Ernande Melo e Jerônimo. Muito obrigado.

Aos servidores técnicos e administrativos da UFBA, instituições externas que cursei e especialmente do IGEO por todo esforço para fazer a estrutura funcionar. Agradeço também em especial aos servidores que auxiliaram todo trabalho pesado de laboratório: Sales, Raulina, Edgar e Tâmara. Aos laboratórios de Métodos Clássicos, LAPAG e de Mineralogia e Raios X do IGEO. Sem o apoio fornecido, os dados que subsidiaram as reflexões deste trabalho não teriam tido a importância que tiveram.

Aos meus colegas/amigos de pesquisa por todo apoio na execução dos campos, disponibilidade para reflexões e discussões acerca dos temas, troca de materiais e experiências e companheirismo na jornada solitária que é a pesquisa: Ilo César, Jéssica, Matheus Figueiredo, Gabriela, Ingrid, Aline, Amanda e todos que de alguma forma contribuíram durante o período.

Aos meus amigos próximos e companheiros de trajetória de vida que me presenteiam com o privilégio de sua amizade ao longo da trajetória de vida. Agradeço por todo apoio, suporte e afeto em momentos que precisei: João Paulo, Isael, Felipe, Sid, Tiago, Guilherme, Vinícius, Cândido, Luan, Guilherme, Gustavo, Enzo e Matheus, além de todos outros que não foram mencionados mas que o mesmo sentimento de gratidão toca.

Aos mateiros nativos Gilvam e Basílio pelo árduo trabalho de abertura e aprofundamento das trincheiras sem o qual a coleta das amostras não teria sido feita e teria tomado muito mais tempo. A notável simplicidade no trato e as experiências trocadas reflete a grandeza e beleza de suas trajetórias. Ao motorista do IGEO Jairo pela solicitude e presteza na condução do veículo ao campo. Ao gerente da propriedade Dunga pela abertura e disponibilidade na execução desta pesquisa.

À minha psicóloga Sandy por todo suporte, incentivo e trabalho durante as sessões de terapia que proporcionaram as condições psicológicas dentre todas as turbulências que atravessaram a execução deste trabalho.

À todas as pessoas que transitaram mais ou menos temporariamente por nossas vidas e deixaram suas contribuições em nossas trajetórias, de forma positiva ou como aprendizado, na construção e aprimoramento da identidade, caráter e personalidade de cada um.

*“Não se pode entender um processo interrompendo-o. O entendimento precisa acompanhar o fluxo do processo, tem de se juntar e fluir com ele.”*

Paul Atreides in: Duna (Frank Herbert, 1965).

## RESUMO

Solos e relevo apresentam-se como elementos fisiográficos constituintes da paisagem de suma importância para diversos processos biogeoquímicos na geosfera. Dotados de temporalidades e escalas diferentes, estes processos compartilham atuação em *locus* específicos, como na vertente. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar um sistema de transformação pedológica laterítico-hidromórfico e o papel das couraças ferruginosas na gênese e evolução pedogeomorfológica dos Tabuleiros Costeiros Preservados no Litoral Norte do Estado da Bahia. Para isso, utilizando-se da metodologia da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e de dados morfológicos, físicos, químicos, composicionais e mineralógicos, pôde-se identificar a existência de um Sistema de Transformação Pedológico laterítico-plúntico-gleizado. Nele, evidenciou-se a influência das couraças ferruginosas na conformação do relevo regional, subhorizontalizado, e como sua instabilidade atual, gerada pela ação freática, pedogênese e morfogênese, contribuíram no processo de arenização das coberturas pedológicas lateríticas que recobrem os Tabuleiros Costeiros. Da mesma forma, os processos pedogenéticos desencadeados afetaram diretamente as características e a composição da cobertura pedológica, influenciando, significativamente, na susceptibilidade e atuação dos processos de dissecação e incisão fluvial. Assim, entende-se que o estabelecimento e desenvolvimento da rede de drenagem, estruturalmente controlada pela reativação dos falhamentos do embasamento, principalmente durante o Neógeno, têm fundamental importância na condução dos processos de pedogeomorfogênese nos Tabuleiros Costeiros e evolução de suas coberturas pedológicas.

**Palavras-Chave:** Pedogeomorfologia. Couraças Ferruginosas. Grupo Barreiras. Topossequência. Solos Lateríticos.

## ABSTRACT

Soils and relief present themselves as physiographic elements that constitutes landscapes and own such significance to various biogeochemical processes in geosphere. Endowed with different temporalities and scales, these processes share interaction in specific locations, such as slopes. Thus, this work aimed to study a lateritic-hydromorphic pedological transformation system and the role of ferruginous crusts in the pedogeomorphological genesis and evolution of the Preserved Coastal Tablelands in the North Coast of Bahia. For this, using the Structural Analysis of Pedological Coverage methodology, the opening of profiles that provided morphological, physical, chemical, compositional, and mineralogical data, it was possible to identify the existence of a lateritic-plinthic-gleyed Pedological Transformation System. Within it, the influence of ferruginous crusts on the sub-horizontalized regional relief conformation of the was evidenced and how its current instability, generated by water table level and morphogenesis, contributed to arenization processes of the lateritic pedological coverage along the Coastal Tablelands. Consequently, the triggered pedogenetic processes directly affected the characteristics and composition of the pedological coverage, significantly influencing the susceptibility for dissection and fluvial incision processes. Thus, it is understood that the establishment and development of the drainage network, structurally controlled by reactivated basement faults, specially during the Neogene, have a key role on the pedogeomorphological processes trends on Coastal Tablelands and its Pedological Coverage genesis and evolution.

**Keywords:** Pedogeomorphology. Ferruginous Cuirasses. Barreiras Group. Toposequence. Lateritic Soils.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização e contexto da vertente estudada dentro da área de estudo....	15
<b>Figura 2</b> - Geologia regional do Litoral Norte do Estado da Bahia.....	17
<b>Figura 3</b> - Balanço Hídrico - Estação Açú da Torre - 1961 a 1990.....	22
<b>Figura 4</b> - Mapa de declividade da área de estudo.....	26
<b>Figura 5</b> - Altimetria dos Tabuleiros Costeiros Preservados/Dissecados.....	27
<b>Figura 6</b> - Declividade no contexto dos Tabuleiros Costeiros Preservados/Dissecados.....	27
<b>Figura 7</b> - Cobertura pedológica dos Tabuleiros Preservados.....	31
<b>Figura 8</b> - Cobertura pedológica dos Tabuleiros Dissecados.....	32
<b>Figura 9</b> - Uso e ocupação da terra - Entre os Rios Pojuca e Imbassá.....	35
<b>Figura 10</b> - Séries de Bowen, Goldich e Jackson de estabilidade mineral.....	63
<b>Figura 11</b> – Perfil laterítico típico, segundo Tardy.....	66
<b>Figura 12</b> - Perfil esquemático laterítico com ferricrete e sua composição mineralógica.....	68
<b>Figura 13</b> - Perfil topográfico da vertente de estudo.....	89
<b>Figura 14</b> - Principais mudanças de declividade identificadas na vertente de estudo.....	90
<b>Figura 15</b> - Procedimento metodológico para posicionamento de tradagens, segundo a AECP.....	91
<b>Figura 16</b> – Posicionamento de Tradagens (T) e Perfis (PJ) na vertente de estudo..	92
<b>Figura 17</b> - Localização da área e vertente de estudo.....	94
<b>Figura 18</b> – Roteiro metodológico sumarizado para execução de análise de lineamentos estruturais.....	95
<b>Figura 19</b> - Triângulo de classificação de duricrostas segundo sua composição.....	97
<b>Figura 20</b> – Diferenças entre disposições de amostras para análises por DRX.....	97
<b>Figura 21</b> - Diagrama em roseta para orientação de lineamentos da área de estudo.	101
<b>Figura 22</b> - Orientação dos vales da vertente de estudo.....	102
<b>Figura 23</b> – Compartimentação morfológica da vertente estudada.....	104
<b>Figura 24</b> - Representação gráfica da cobertura pedológica na vertente de estudo...	105
<b>Figura 25</b> – Perfil de topo - PJ-1 – Abertura feita por Andrade (2018).....	107
<b>Figura 26</b> - Perfil de topo-meia vertente - PJ-2.....	109

<b>Figura 27</b> - Posição e aspecto do setor MB do horizonte B2 - PJ-2.....	110
<b>Figura 28</b> - Aspecto morfológico da couraça ferruginosa em campo e em laboratório.....	111
<b>Figura 29</b> - Morfologia do compartimento de montante - Tradagens e perfis.....	112
<b>Figura 30</b> - Granulometria -PJ-1 (Areia grossa + areia fina).....	113
<b>Figura 31</b> - Relação silte/argila - PJ-1.....	114
<b>Figura 32</b> - Grau de floculação (%) - PJ-1.....	115
<b>Figura 33</b> - Proporção de cascalho - PJ-1.....	115
<b>Figura 34</b> - pH em H2O, KCl e delta pH - PJ-1.....	116
<b>Figura 35</b> - Granulometria - PJ-2 (Areia grossa + areia fina).....	118
<b>Figura 36</b> - Relação silte/argila - PJ-2.....	119
<b>Figura 37</b> - Grau de floculação (%) - PJ-2.....	119
<b>Figura 38</b> - Proporção de cascalho - PJ-2.....	120
<b>Figura 39</b> - pH em H2O, KCl e delta pH – PJ-2.....	121
<b>Figura 40</b> - SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e TiO <sub>2</sub> (%) – PJ-1.....	123
<b>Figura 41</b> - SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e TiO <sub>2</sub> (%) – PJ-2.....	124
<b>Figura 42</b> - Posicionamento da couraça da vertente na classificação composicional de lateritas.....	126
<b>Figura 43</b> - Fator de Balanço de Massa Si, Fe e Al – Ti para o PJ-1.....	127
<b>Figura 44</b> - Fator de Balanço de Massa Si, Fe e Al – Ti para o PJ-2.....	128
<b>Figura 45</b> – Difratoograma da fração argila (2°-30°) - PJ-1.....	129
<b>Figura 46</b> – Difratoograma da fração argila (2°-30°) - PJ-2.....	130
<b>Figura 47</b> – Difratoograma da fração argila (2°-60°) – PJ1.....	132
<b>Figura 48</b> - Difratoograma da fração argila (2°-60°) – PJ2.....	134
<b>Figura 49</b> - Figura-síntese das características dos solos do Compartimento de Montante.....	136
<b>Figura 50</b> - Morfologia do Compartimento de Intermediário - Tradagens e perfis...	137
<b>Figura 51</b> - Pedocomparador contendo as principais tradagens da vertente.....	139
<b>Figura 52</b> - Perfil de meia-vertente – PJ-3.....	140
<b>Figura 53</b> - Fragmentos/nódulos ferruginosos em meio à fração cascalho – PJ-3....	142
<b>Figura 54</b> - Granulometria - PJ-3 + T8.....	143
<b>Figura 55</b> - Relação silte/argila - PJ-3.....	145

<b>Figura 56</b> - Grau de flocculação (%) - PJ-3.....	146
<b>Figura 57</b> - Proporção de cascalho - PJ-3.....	146
<b>Figura 58</b> - pH em H <sub>2</sub> O, KCl e delta pH – PJ-3.....	147
<b>Figura 59</b> - SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e TiO <sub>2</sub> (%) – PJ-3 + T8.....	149
<b>Figura 60</b> – Fator de Balanço de Massa Si, Fe e Al – Ti para o PJ-3.....	152
<b>Figura 61</b> – Difratoograma da fração argila (2°-30°) - PJ-3 + T8.....	152
<b>Figura 62</b> - Difratoograma da fração argila (2°-60°) - PJ-3 + T8.....	154
<b>Figura 63</b> - Figura-síntese das características do perfil do Compartimento Intermediário-Jusante.....	157
<b>Figura 64</b> - Morfologia do Compartimento de Jusante – Tradagens.....	158
<b>Figura 65</b> - Diagrama ternário composicional e posicionamento das amostras de FRX.....	169
<b>Figura 66</b> - Diagrama ternário textural e posicionamento das amostras de granulometria.....	173

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Características morfológicas - PJ-1.....	108
<b>Quadro 2</b> – Caraterísticas morfológicas – PJ-2.....	110
<b>Quadro 3</b> - Atributos químicos - PJ1.....	117
<b>Quadro 4</b> - Atributos químicos - PJ-2.....	121
<b>Quadro 5</b> - Composição oxídica por FRX para o PJ-1.....	122
<b>Quadro 6</b> - Composição oxídica por FRX para o PJ-2.....	124
<b>Quadro 7</b> - Características morfológicas PJ-3.....	140
<b>Quadro 8</b> - Atributos químicos - PJ3.....	148
<b>Quadro 9</b> - Composição oxídica por FRX para o PJ-3.....	149
<b>Quadro 10</b> - Informações morfológicas da T7.....	160
<b>Quadro 11</b> - Informações morfológicas da T9.....	161
<b>Quadro 12</b> - Informações morfológicas da T12.....	163
<b>Quadro 13</b> – Informações morfológicas da T4.....	164

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS.....	14
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>15</b>
2.1	GEOLOGIA REGIONAL.....	15
<b>2.1.1</b>	<b>Subdomínio Cristalino Paleoproterozóico.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Subdomínio Sedimentar Terciário.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Subdomínio Sedimentar Quaternário.....</b>	<b>19</b>
2.2	CLIMA E HIDROGRAFIA.....	20
2.3	GEOMORFOLOGIA.....	23
2.4	SOLOS.....	28
2.5	VEGETAÇÃO E USO DA TERRA.....	33
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>37</b>
3.1	PAISAGEM, HERANÇA E SISTEMA.....	37
<b>3.1.1</b>	<b>Os Sistemas de Transformação Pedológica.....</b>	<b>40</b>
3.2	VERTENTE E TOPOSSEQUÊNCIA.....	43
3.3	O GRUPO BARREIRAS: GÊNESE E CARACTERÍSTICAS GERAIS....	46
<b>3.3.1</b>	<b>Litofácies e Coberturas Pedológicas.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Neotectônica e Gênese de Solos.....</b>	<b>55</b>
3.4	GÊNESE E EVOLUÇÃO DE SOLOS E RELEVO NOS TABULEIROS COSTEIROS.....	57
<b>3.4.1</b>	<b>Laterização.....</b>	<b>61</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Latolização.....</b>	<b>75</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Gleização.....</b>	<b>77</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Podzolização.....</b>	<b>80</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Associações entre Processos e Coberturas Pedológicas no Litoral Norte – BA.....</b>	<b>83</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>87</b>

4.1	COLETA E ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES PRÉVIAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	87
4.2	PROCEDIMENTOS DE CAMPO.....	88
4.3	PROCEDIMENTOS DE ESCRITÓRIO.....	93
4.4	PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO.....	96
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>100</b>
5.1	ANÁLISE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS.....	100
5.2	TOPOSSEQUÊNCIA.....	103
<b>5.2.1</b>	<b>Compartimento de Montante.....</b>	<b>106</b>
5.2.1.1	Caracterização Morfológica.....	106
5.2.1.2	Atributos Físico-Químicos.....	113
5.2.1.3	Fluorescência de Raios X (FRX).....	122
5.2.1.4	Balanço de Massa Couraça-Solos (PJ-1 e PJ-2).....	127
5.2.1.5	Difratometria de Raios X (DRX).....	128
<b>5.2.2</b>	<b>Compartimento Intermediário.....</b>	<b>137</b>
5.2.2.1	Caracterização Morfológica.....	138
5.2.2.2	Atributos Físico-Químicos.....	142
5.2.2.3	Fluorescência de Raios X (FRX).....	148
5.2.2.4	Balanço de Massa Couraça-Solo (PJ-3).....	151
5.2.2.5	Difratometria de Raios X (DRX).....	152
<b>5.2.3</b>	<b>Compartimento de Jusante.....</b>	<b>158</b>
5.2.3.1	Caracterização Morfológica .....	159
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>165</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>180</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>184</b>
	<b>APÊNDICES (I, II, III, IV e V).....</b>	<b>193</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos e o relevo, enquanto elementos constituintes da paisagem, passaram por diversos ciclos e processos de alteração ao longo da história do planeta. Sua gênese e evolução, geralmente estudada em separado por disciplinas tradicionais como a Pedologia e a Geomorfologia, é na verdade, como a da própria paisagem: conjunta, contínua e indissociável (BERTRAND; TRICART, 1968).

A cobertura pedológica relaciona-se intrínsecamente com a forma de relevo que a abriga. Através dos processos de esculturação, em escala regional ou local, modelam-se as feições em interação com as características do material que as compõem. Em recortes semiáridos a mais úmidos, a rede de drenagem, instalada em resposta ao regime pluviométrico e ao substrato litológico, executa o retrabalhamento, transporte e deposição dos materiais pedológicos formados, gerando os modelados. Assim, tanto em ambientes úmidos, quanto nos semiáridos, processos físicos protagonizados por outros agentes como o vento e temperatura atuam concomitantemente como processos dominantes ou subsidiários (TRICART; CAILLEUX, 1973).

Por outro lado, a configuração do relevo é fundamentalmente importante para a formação da cobertura pedológica. Uma vez que a água é o principal agente transformador de solos e relevo, a dinâmica hídrica estabelecida, tanto em superfície quanto em subsuperfície, tem relação com o modelado e o comportamento dos fluxos, modificando sua declividade e alterando sua composição mineralógica (VIDAL-TORRADO; LEPSCH; CASTRO, 2005). Assim, o aprofundamento da pedogênese e os processos pedogenéticos, como fruto das reações de intemperismo, dependem da entrada, reação e saída da água no sistema por infiltração e percolação.

Neste sentido, o estudo relacional dos solos em conjunto com o das formas do relevo se faz numa interface dual, que aborda processos interpenetrados e conexos sob uma ótica multiescalar e integrada (NAKASHIMA et al., 2017). Dessa forma, é possível executar estudos mais precisos e próximos da realidade conjugada de gênese e evolução dos

solos e do relevo, entendendo seus processos neste escopo integrado como condutores da transformação contínua da paisagem.

Estas relações não se dão somente no plano genético-evolutivo da paisagem, mas também na forma como são apropriadas para seus diversos usos, orientados por uma noção de valor fundiário lastreada no modo de produção e sua reprodução do espaço. A exemplo disto, anteriormente espaço de atividades relacionadas ao setor produtivo primário como a pesca, pecuária, extrativismo vegetal e plantio de coco (ANDRADE, 2015), o Litoral Norte do Estado da Bahia teve seu desenvolvimento potencializado com a implantação da BA-099 em 1975, fenômeno que desencadeou produção heterogênea e fragmentada do espaço, guiadas pela valorização e especulação imobiliária (MAGALHÃES, 2015).

Atualmente se configura como um importante vetor de expansão urbanística, turística e comercial com atividades que exploram de forma principal o ecoturismo e o desenvolvimento de um setor terciário, no qual o fator imobiliário possui bastante valor. Neste sentido, a APA Litoral Norte do Estado da Bahia, criada por meio do Decreto Estadual nº 1046/92, objetivou assegurar os propósitos de conservação e mitigar impactos ambientais gerados por este vetor de crescimento regional e compreende 5 municípios que abarcam ecossistemas sensíveis tais como os estuarinos, fluviais e costeiros (BAHIA, 1992).

Os estudos na área mostram uma intrínseca ligação entre as tipologias vegetais com fitofisionomia característica, os solos que as abrigam em características edáficas que propiciam sua permanência, e o relevo que influencia sobremaneira nos fluxos e disponibilidade hídrica, transformação pedológica e esculturação morfológica. A configuração identificada nos estudos desenvolvidos na área aponta para solos desenvolvidos nos topos e ombros sendo rejuvenescidos por morfopedogênese nas encostas e sopés das vertentes com claras áreas de transição de notável fragilidade pela característica transicional presente, onde a resposta fitofisionômica é evidente e requerem especial cuidado e atenção no manejo e uso (ANDRADE, 2018; LIMA, 2018; SOUSA, 2020).

No recorte dos Tabuleiros Costeiros, a gênese, dinâmica e evolução dos solos e do relevo permanece sendo compreendida em estudos de caso, diagnósticos ambientais e mapeamentos. Mas de fato, como são gerados e como evoluíram os modelados e a cobertura pedológica existente? Sob que conjunto de processos morfopedológicos baseia-se a transformação da paisagem, tal como apontou Lima (2018), ora mais dissecada, ora mais preservada?

A presença de horizontes endurecidos lateríticos, que reportam a processos e períodos pretéritos de formação, intriga o entendimento de como se comportam atualmente estas couraças: como se comportam na paisagem atualmente? Sob que condições de relevo permanecem mais preservadas ou degradadas? A morfoestrutura local e da vertente, bem como os processos morfogenéticos, podem influenciar em sua conservação ou alteração?

No Litoral Norte do Estado da Bahia, em mapeamento pedológico regional, as principais tipologias pedológicas mapeadas apontam associação morfopedogenética de Argissolos Vermelho-Amarelos e Espodossolos Humilúvicos de meia e baixa vertente, podendo transicionar em contato com a drenagem para Gleissolos nos Tabuleiros Preservados, enquanto outras associações de Argissolos, predominantemente Amarelos, para Cambissolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos ocorrem nas vertentes dos Tabuleiros Dissecados (LIMA, 2018). Além disso, alguns dos Argissolos identificados nos Tabuleiros Preservados parecem ter sido originados a partir do intemperismo de couraças ferruginosas subjacentes, já submetidas a alteração e degradação, gerando lateritas friáveis (ANDRADE, 2018).

No entanto, como se dão estas transições entre estas classes de solo? Que processos conduzem a gênese e transformação das coberturas pedológicas na área? Quais processos atualmente são responsáveis pela transformação da paisagem? Quais fatores influenciam na degradação ou preservação das couraças? Como a sua alteração contribui na pedogênese das coberturas?

Alguns estudos anteriores executaram trabalhos importantes na área que versaram sobre a existência de horizontes endurecidos. Ucha et al., (2002) e Ucha et al., (2012) dentre outros autores identificaram a presença de horizontes endurecidos formados pela remobilização de componentes minerais como sílica e óxidos de ferro, influenciados principalmente por neotectonismo, fator marcante e que se relaciona com a deposição do Grupo Barreiras, principalmente após o Mioceno-Plioceno. Estes horizontes que variam em nomenclatura de acordo com sua classificação composicional, atualmente aparentam estar em estágio de degradação, possivelmente atuando como material de origem das coberturas pedológicas geradas no Quaternário (NUNES et al., 2011, 2019; UCHA et al., 2002; UCHA; VILAS-BOAS; HADLICH, 2012).

Andrade (2018), estudando sequência de solos nos Tabuleiros Costeiros Preservados, identificou um sistema de transformação de cobertura laterítica-espódica em direção a jusante. Ao longo de toda a extensão da cobertura laterítica, foram encontrados remanescentes de uma antiga couraça ferruginosa, endurecida e fragmentada. Dessa forma, localmente instabilizada, pode-se inferir que o intemperismo desta couraça contribuiu na formação da cobertura pedológica laterítica de montante, de forma associada ao conjunto de processos que conduziram a evolução pedogeomorfológica durante o Holoceno.

Para o satisfatório entendimento dessas questões e do objeto de pesquisa, se faz necessária a abordagem conjunta, integrada e relacional entre solos e relevo, na qual conhecimentos em Geologia, das Ciências do Solo, da Geografia e da Geomorfologia são fundamentais para a compreensão adequada da área e do objeto de estudo. Dessa forma, é possível entender como e quais processos morfológicos têm relação com os pedológicos, que por sua vez, podem influenciar na dinâmica de geração de formas e esculturação do relevo dentro do recorte estudado.

Neste sentido, a geração de geoformas e substituição de coberturas pedológicas através das frentes de transformação na evolução da paisagem se constitui enquanto um mecanismo de evolução da paisagem através de sua dinâmica própria. Suas fragilidades nos ambientes transicionais, presentes entre o contato do tipo de cobertura, são notáveis

e comumente se constituem enquanto zonas de transição pedogeomorfológicas sensíveis e requerem diagnóstico e atenção especial pela instabilidade ao manejo ou uso inadequados, principalmente quando associados às dinâmicas antrópicas (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990).

## 1.1 OBJETIVOS:

### 1.1.1 Objetivo Geral

- Compreender um sistema de transformação pedológica laterítico-hidromórfico e o papel das couraças ferruginosas na gênese e evolução pedogeomorfológica dos Tabuleiros Costeiros Preservados no Litoral Norte do Estado da Bahia.

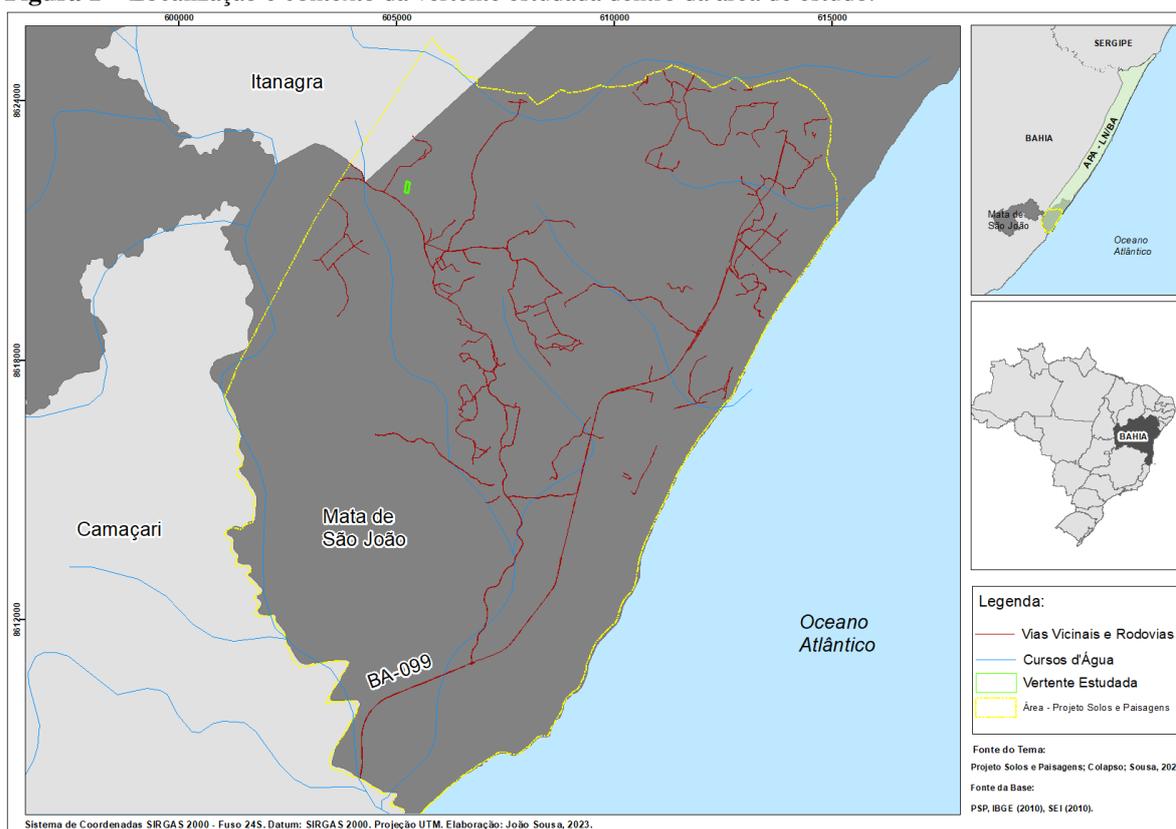
### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar, analisar e caracterizar a morfologia, química, física e mineralogia das coberturas pedológicas encontradas, discutindo sua gênese e evolução pedogeomorfológica;
- Identificar e discutir os processos pedogenéticos presentes na cobertura pedológica da vertente e sua relação com a esculturação e evolução do relevo local, no qual a vertente está inserida;
- Analisar e classificar as feições lateríticas encontradas, bem como compreender de que forma sua transformação contribui para a pedogênese da cobertura pedológica na vertente;

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A figura 1 localiza a área de estudo dentro do contexto da Bahia e da APA-Litoral Norte. A vertente estudada (destacada em verde) está inserida dentro da porção rural mais interiorana do distrito de Malhadas, integrante do município de Mata de São João. Tem como principais vias de acesso a BA-099 até as imediações de Praia do Forte, onde a partir de uma estrada secundária chega-se até a área de estudo.

**Figura 1** – Localização e contexto da vertente estudada dentro da área de estudo.



Elaborado pelo autor.

### 2.1 GEOLOGIA REGIONAL

A litologia da área está inserida no Domínio Litoestrutural Bahia Oriental e pode ser dividida e entendida segundo três complexos geocronológicos ocupando frequentemente posições específicas em escala regional (DALTON DE SOUZA et al., 2003). Neste sentido, a cronoestratigrafia comumente encontrada reflete a organização

sequencial dos principais eventos geológicos e tectônicos que moldaram o arranjo litológico em diversas escalas e ciclos tectônicos.

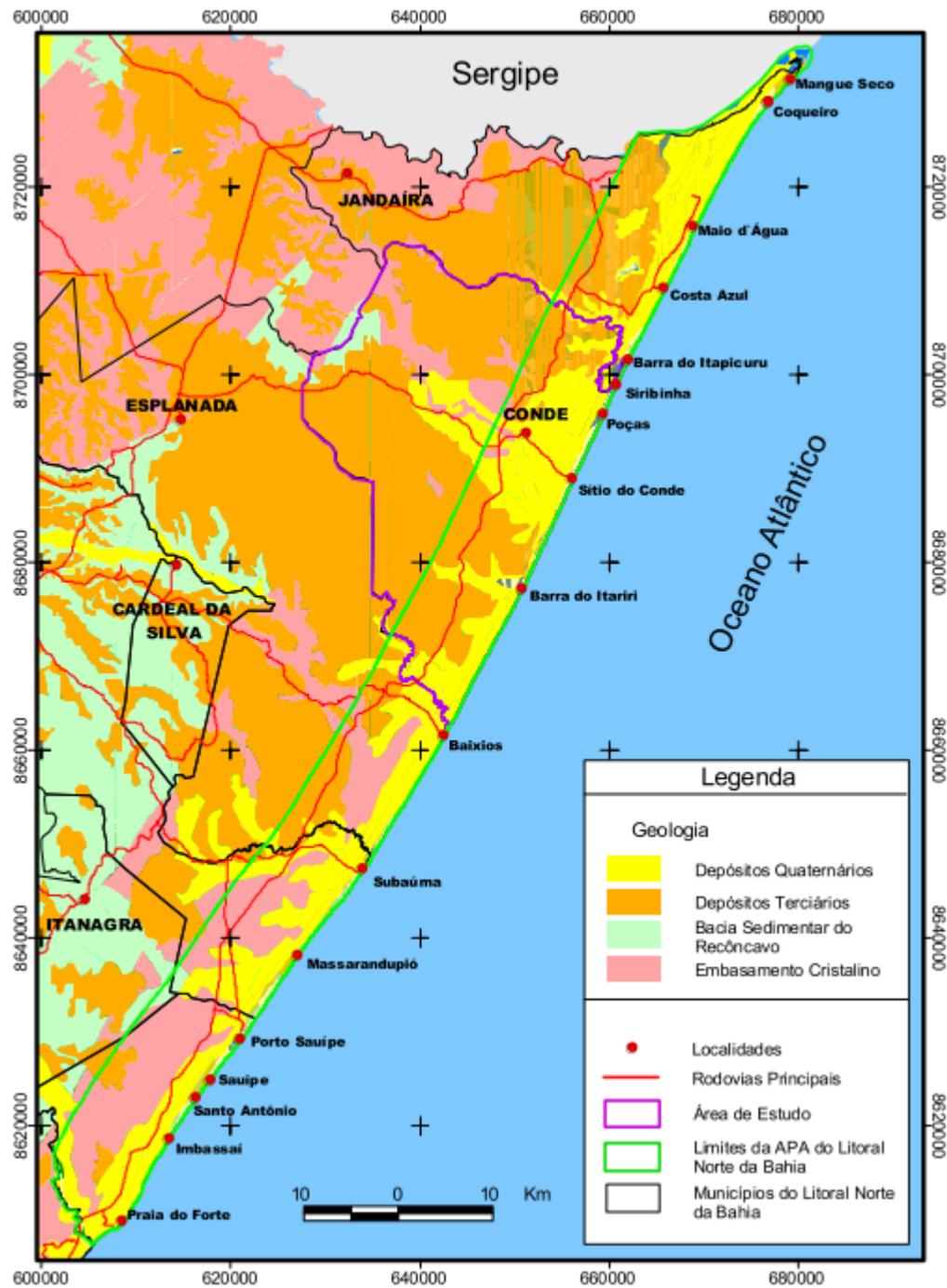
Dessa forma, partindo dos constituintes mais antigos e estáveis oriundos de éons Pré-Cambrianos até os mais recentes de idade Cenozóica Miocênica e Pliocênica, pode-se dividir para fins de entendimento três geocronoestratigrafias, a saber: Subdomínio Litológico Paleoproterozoico, Subdomínio Sedimentar Terciário e Subdomínio Sedimentar Quaternário (DALTON DE SOUZA et al., 2003) como retratado na figura 2.

### **2.1.1 Subdomínio Cristalino Paleoproterozóico**

Neste subdomínio estão inseridos complexos litológicos antigos constituintes do Cráton São Francisco. Sua formação está associada à colagem de quatro grandes blocos (Blocos Serrinha, Gavião, Jequié e o Cinturão Salvador-Itabuna-Curaçá) em ciclos que duraram desde o Arqueano ao Proterozóico inferior. Dentro desta macroestrutura geotectônica estável e de profunda raiz mantélica resultante estão inseridas grande parte das porções litológicas baianas de natureza metamórfica, se estendendo desde o Sul da Bahia até Curaçá, no norte do estado (ALMEIDA JUNIOR; DOS ANJOS; SAMPAIO, 2013).

Comumente referido como embasamento cristalino, a composição do Complexo Rio Real é de Ortognaisses graníticos e bimodais, geralmente ácido-básicos e migmatíticos, de alto grau de metamorfismo, de idade Riacciana (2169 Ma), datados do Paleoproterozoico. Ocorrem ainda associações destas rochas com hornblendas e biotitas (DALTON DE SOUZA et al., 2003; ESQUIVEL, 2006). Atuam como substrato no qual formações sedimentares foram depositadas e, em certos casos, foram litificadas e/ou metamorfizadas por neotectônica na área de estudo, principalmente durante o Cenozóico (ESQUIVEL, 2006; LIMA, 2006, 2010; NUNES et al., 2011).

Figura 2 - Geologia regional do Litoral Norte do Estado da Bahia.



Fonte: ESQUIVEL, 2006.

O entendimento da atuação neotectônica pós-Cenozóica na área de estudo, principalmente no Neógeno e mais especificamente durante o Mioceno, tem sido de fundamental importância na compreensão da evolução de outros elementos constituintes da paisagem como solos, relevo e rede hidrográfica (HASUI, 1990; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; UCHA et al., 2002).

Dessa forma, têm-se o quadro de um substrato granulítico-gnáissico, de idade Riacciana-Paleoproterozóica submetida a importantes ciclos de colagem e constituição cratônica sob alto grau de metamorfismo, com geração e reativação tectônica de antigas estruturas que orientam deposição (principalmente durante o Neógeno e Paleógeno), drenagem, dissecação e pedogênese dos materiais presentes na área ao longo de todo o Fanerozóico (ALMEIDA JUNIOR; DOS ANJOS; SAMPAIO, 2013; CORRÊA-GOMES et al., 2005; DALTON DE SOUZA et al., 2003; ESQUIVEL, 2006).

### **2.1.2 Subdomínio Sedimentar Terciário**

Dentro do subdomínio de idade Terciária (Paléogeno e Neógeno), nota-se a prevalência coberturas de natureza sedimentar sobre feições cristalinas mais antigas. O Grupo Barreiras se faz predominante enquanto composição destas coberturas, sendo um complexo sedimentar de faciologia diversa, estratigrafia complexa, com predominância faciológica areno-argilosa a argilo-arenosa, de idade miocênica a pliocênica (ALMEIDA JUNIOR; DOS ANJOS; SAMPAIO, 2013; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; SUGUIO; NOGUEIRA, 1950; VILAS BÔAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001).

Diversas são as fácies identificadas com variadas características granulométricas e composicionais. Cada uma delas está intimamente relacionada ao ambiente de origem e o agente transportador, assim como o ambiente de deposição e sua energia. Apesar disso, o predomínio se dá por sedimentos dotados de uma matriz caulínica, mal selecionada e de considerável grau de intemperismo onde a prevalência é de minerais monossilicados e alitizados, com alguma rara ocorrência de minerais bissilicados em ambientes onde é possível a sua neoformação em condições de drenagem ineficiente (ALMEIDA JUNIOR; DOS ANJOS; SAMPAIO, 2013; GARCIA, 2015).

A presença deste arcabouço geológico paleoproterozóico que executa controle estrutural notável, orienta desde sua deposição e reorganização até mais recente dissecação e pedogênese das coberturas que nele se desenvolvem, sendo aspecto significativo no desenvolvimento de processos pedogenéticos, evolução do relevo e cobertura

pedológica, como mostram os estudos de gênese e evolução dos solos desenvolvidos nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte da Bahia (ANDRADE, 2015, 2018; FORTUNATO, 2004; NUNES et al., 2011, 2019; SOUSA, 2020; UCHA; VILAS-BOAS; HADLICH, 2012).

Também ocorrem fácies com material mais fino, geralmente areia fina, argilitos e argilas variegadas, se relaciona aos ambientes de sedimentação de menor energia como planícies lacustres e flúvio-lacustres localizadas em cotas baixas e antagonizados pelos topos que exibem arenitos grossos ou conglomeráticos, de pior selecionamento e cimentação caulínico-oxídica, sendo separadas por discordância erosiva na paisagem (ALMEIDA JUNIOR, 2011).

### **2.1.3 Subdomínio Sedimentar Quaternário**

No subdomínio de idade quaternária, predominam materiais sedimentares depositados a partir do Pleistoceno, inconsolidados ou não. Dessa forma, o que se tem na paisagem é o predomínio destas feições litológicas sob a forma de Planícies Marinhas e Flúvio-marinhas, Terraços Marinhos e Fluviais, Leques Aluviais nos contatos de gradiente topográfico com os Tabuleiros Costeiros e Planícies eólicas com dunas, cada um destes compartimentos com características de granulometria variada conforme o agente de deposição (ALMEIDA JUNIOR, 2011).

Têm relação direta com as oscilações mais recentes pleistocênicas e holocênicas do nível de base global, com a retrogradação e progradação marinha de sedimentos que elaboraram diversos compartimentos costeiros de paisagem e com a dinâmica fluvial de esculturação e deposição de clastos (DOMINGUEZ, 2011; ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011). Na paisagem, apresentam-se sobrepostos aos sedimentos Terciários e também ao embasamento cristalino Paleoproterozóico do Complexo Rio-Real, deixando-os aflorar como ilhas contornadas pelo seu predomínio na cobertura quando dissecadas pela drenagem densa que verte consideráveis volumes para o Oceano Atlântico (ALMEIDA JUNIOR, 2011).

Ocupam posições na paisagem complexa da zona costeira constituindo compartimentos específicos que frequentemente se acomodam em estruturas Cambrianas que influenciam na sua disposição (ALMEIDA JUNIOR, 2011). A presença de zonas úmidas, lagunas, bem como a sequência cronológica de terraços e planícies em direção ao mar diz respeito à idade gradualmente mais jovem da paisagem e a sua frequência de alteração e retrabalhamento, com as planícies marinhas sendo retocadas diariamente (ESQUIVEL, 2006).

Dessa forma, o que se tem, em suma, é uma geocronologia lateral e vertical de subdomínios mais antigos para mais novos que reflete todo o processo de evolução geológica, desde o Paleoproterozóico até o Quaternário recente. Em muitos casos, a estratigrafia se faz complexa e em arranjos específicos, sem a presença obrigatória de todos os componentes em uma ordem específica devido ao retrabalhamento feito pelos agentes atuais e pretéritos no bojo da evolução da paisagem costeira e continental, como nos episódios de dissecação que erodem os sedimentos terciário-quaternários e expõem o embasamento.

## 2.2 CLIMA E HIDROGRAFIA

A área de estudada, nos limites do Projeto Solos e Paisagens, que se delimita entre os cursos dos rios Pojuca e Imbassaí, no Litoral Norte do Estado da Bahia, se enquadra na classificação climática global Am de Koppen e Geiger. As temperaturas médias neste clima tropical úmido (ou tropical de monção) giram em torno dos 18° C e se caracterizam enquanto uma transição entre as tipologias Af (tropical equatorial, predominante em Salvador) e Aw (tropical savânico) (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

A precipitação total anual está em torno dos 1800 milímetros anuais, distribuídos majoritariamente entre os meses de março/abril a agosto, durante boa parte do solstício de inverno enquanto os meses de setembro a fevereiro concentram o período de menor incidência total de chuvas, que geralmente assumem caráter torrencial durante boa parte do verão e primavera (SANTOS, 2017; ST JEAN, 2017).

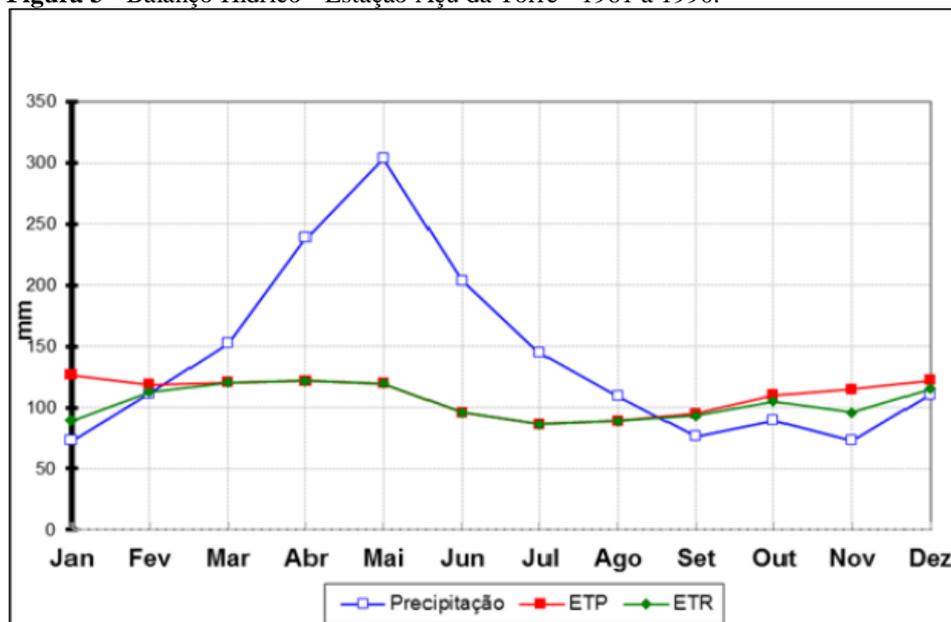
A temperatura média anual varia entre 24° e 25° C, com baixa amplitude térmica (4° C), tendo média mínima (ocorrendo geralmente nos meses de junho e julho) de 22° e média máxima (ocorrendo geralmente em janeiro e fevereiro) de 26° C (ST JEAN, 2017). Os períodos mais chuvosos e frios estão intimamente relacionados à ação ampliada da Frente Polar Atlântica gerada pela Massa Polar Atlântica (MPA) na oscilação para norte da Zona de Convergência Intertropical, durante o solstício de inverno. Neste cenário, a MPA alcança menores latitudes e, ainda que bastante tropicalizada, ocasiona chuvas e decréscimo de temperatura média (Bahia, 1976 apud FORTUNATO, 2004).

Desde o litoral, em direção ao interior, verifica-se uma diminuição dos totais anuais de precipitação associado ao aumento da amplitude térmica média e diminuição da temperatura mínima média por continentalidade. Dessa forma, observam-se gradientes que vão de cerca de 1800-2000 milímetros anuais no litoral, passando por 1400 e até 1200 mm anuais nas partes ainda mais interioranas dos Tabuleiros Costeiros (BAHIA, 2003; SILVA et al., 2009).

O balanço hídrico é positivo entre os meses de abril a agosto, motivado pela incidência do período de maior pluviosidade no ano conjugada às menores temperaturas, gerando um considerável excedente hídrico. Já de outubro a fevereiro, o período mais seco proporciona a superação da evapotranspiração em relação à precipitação, gerando déficit hídrico em um balanço negativo de parte da primavera e verão (ST JEAN, 2017). A figura 3 retrata os cenários descritos, elaborada com dados da estação Açú da Torre, próxima da área de estudo e representativa dos dados da área.

A hidrografia da área de estudo está inserida no contexto da XI RPGA (Região de Planejamento e Gestão das Águas) – Recôncavo Norte, na qual encontram-se tanto o Rio Imbassá quanto o Rio Pojuca, bem como a área estudada entre seus cursos fluviais. Sua observação aponta para a predominância de cursos d'água que vertem na direção SE em regimes majoritariamente perenes (BAHIA, 2014).

**Figura 3** - Balanço Hídrico - Estação Açú da Torre - 1961 a 1990.



Fonte: ST JEAN, 2017.

É notável a predominância do padrão dendrítico de drenagem que disseca a área de estudo. No entanto, a ocorrência de algumas feições secundárias como cotovelos, arcos e curvas acentuadas denotam feições de controle estrutural de drenagem, principalmente associadas a falhamentos, fraturamentos e intercruzamentos entre eles. Estas feições estão intimamente relacionadas ao histórico neotectônico do embasamento cristalino que se se refletem nas drenagem mais superficiais, como anomalias de drenagem conjugadas ao padrão dendrítico principal (NUNES et al., 2011). Desde os primeiros levantamentos temáticos e sistemáticos da área de estudo executados pelo projeto RADAMBRASIL, nota-se forte controle estrutural do embasamento, mesmo sobre o Grupo Barreiras sobreposto e ainda mais sobre as zonas mais dissecadas (NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011).

O Rio Pojuca parece apresentar uma das maiores evidências de controle estrutural. Na sua foz, consecutivos ângulos agudos em sinuosidade acentuada fazem com que as águas vertam de sentido algumas vezes até desembocar no Oceano Atlântico no sentido SE. Tem como principais afluentes os Rios Catu, Itapecerica e Quiricó Grande, perfazendo um percurso de cerca de 200 km desde sua nascente, no município de Santa Bárbara. Nesse trajeto, sua bacia hidrográfica inscreve municípios importantes como Feira de Santana, Pojuca, Camaçari e Mata de São João, sendo limite natural municipal

destes dois últimos (ALMEIDA JUNIOR; DOS ANJOS; SAMPAIO, 2013; BAHIA, 2014; PINHEIRO, 2014). Já o Rio Imbassá possui menor bacia e extensão percorrida, nascendo e desembocando no município de Mata de São João, possuindo também certa sinuosidade avivada em sua foz.

### 2.3 GEOMORFOLOGIA

A área de estudo possui relativa pluralidade geomorfológica, visto que é resultado de diversos e sucessivos eventos geológico-tectônicos, regressivo-transgressivos, morfoesculturais dinâmicos e pedológicos ao longo de diversas eras geológicas. É bastante notável também a associação estreita entre a litologia (conjuntamente aos eventos geológicos e os subdomínios geocronológicos associados) e os compartimentos morfológicos, assim como as formas neles exibidas (ANDRADE, 2018; COSTA JÚNIOR, 2008).

Assim, os principais compartimentos que abrigam as formas na área de interesse estão contidos em quatro principais domínios geomorfológicos, que exibem formas e modelados diversos, a depender do agente predominante na gênese da paisagem em escala local/regional. Segundo o Projeto RADAMBRASIL, são eles: (I) Domínio dos Planaltos Cristalinos, (II) Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, (III) Domínio dos Planaltos Inundados e (IV) Domínio dos Depósitos Sedimentares (BRASIL, 1981).

No Domínio dos Planaltos Cristalinos (I) exibem-se formas colinosas geradas como reflexo do processo de dissecação predominantemente homogênea de padrão predominantemente dendrítico que resultam em mares de morros de relevo colinoso, com vertentes convexo-côncavas desenvolvidas sobre o intemperismo e incisão de rochas Paleoproterozóicas, de alto grau de metamorfismo, constituintes da macroestrutura cratônica do Cráton São Francisco. Abrigam boa parte dos baixos cursos dos rios que vertem águas para as fozes do Atlântico, no sentido SE e ocasionalmente nestes talwegues, devido ao significativo grau de dissecação do relevo, afloramentos cristalinos ocorrem na paisagem (ALMEIDA JUNIOR, 2011; ANDRADE, 2018; BRASIL, 1981; DALTON DE SOUZA et al., 2003).

Já o Domínio de Bacias e Coberturas Sedimentares (II) abriga poucas manchas pontuais do Grupo Barreiras, sendo mais frequente a acomodação de sedimentos principalmente associados ao grande *rift* abortado Recôncavo-Tucano-Jatobá. Nele, dispõem-se horizontal e sub-horizontalmente, na forma dos Grupos Santo Amaro e Brotas, coberturas metassedimentares, Paleo-Mesozoicas, constituindo boa parte dos Tabuleiros do Recôncavo, de colinas convexas e topos pequenos curtos (ora arredondados, ora mais retilinizados) que na sua porção mais oriental podem estar sotopostos pontualmente ao Grupo Barreiras, de idade posterior (ALMEIDA JUNIOR, 2011; BRASIL, 1981).

No Domínio geomorfológico dos Planaltos Inumados (III), destacam-se os Tabuleiros Costeiros compostos coincidentemente com os depósitos sedimentares areno-argilosos do Grupo Barreiras, de idade Miocênica e Pliocênica, dentro do Neógeno. São caracterizados pela ocorrência predominante de feições planares, seja em topos retilíneos ou mais convexizados, onde a descontinuidade gerada pela intensa dissecação dendrítica e tectônico-estrutural remete a uma correspondência altimétrica entre os topos convexizados (ALMEIDA JUNIOR, 2011; BRASIL, 1981; DOMINGUEZ, 2006; FORTUNATO, 2004).

Pode, dessa forma, ser considerado como um paleopediplano em processo de dissecação homogênea (dendrítica) e diferencial (cotovelos, arcos, treliças e paralelos), fruto do desmonte de superfícies de aplainamento continentais a montante e de reacomodações neotectônicas. A instabilização dos topos planos e geração do relevo dissecado colinoso e convexizado responde a um padrão de erosão e dissecação remontante vinculado ao atual nível isostático mais rebaixado se comparado às transgressões Miocênicas que contribuíram na sua deposição (DOMINGUEZ, 2011; FORTUNATO, 2004; ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011).

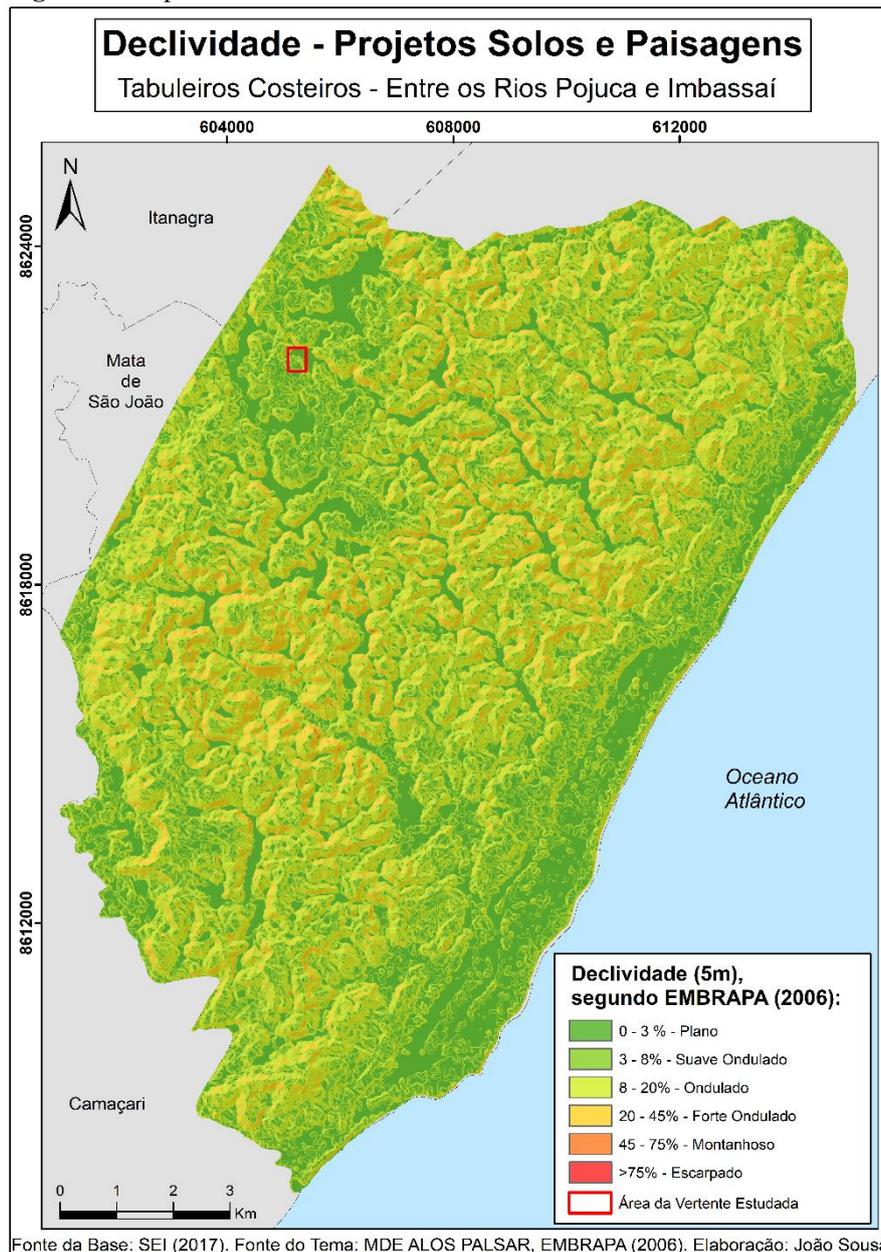
A dissecação deste compartimento aponta para a existência de vales chatos em forma de “U” adjacentes a vertentes relativamente íngremes e dissimétricas, resultado provável de processos de basculamento de blocos em atividade tectônica característica ao longo de todo Neógeno (ALMEIDA et al., 2003; DOMINGUEZ, 2006, 2011; FORTUNATO, 2004; HASUI, 1990; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011).

Internamente, os Tabuleiros Costeiros apresentam diferenciações morfológicas importantes. Tanto em altimetria, quanto em graus de dissecação, apresentam-se de forma diversa do litoral ao continente, no sentido leste-oeste. Mais próximos ao litoral, em contato com a Planície Costeira, os topos são mais baixos e evidenciam uma morfologia predominantemente convexizada, com raras ocorrências de topos planos, geralmente muito curtos, associados a vertentes íngremes e de maior declividade. Esta morfologia evidencia os processos atuais aos quais os tabuleiros mais a leste e sudeste estão submetidos, com ampla dissecação, tanto homogênea como estruturalmente controlada (FORTUNATO, 2004; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; SILVA et al., 2009).

Continente adentro, a morfologia tabular horizontalizada se mostra predominante, principalmente nas porções oeste e noroeste do recorte de estudo considerado. São, para Fortunato (2004), resquício de uma ampla superfície de aplainamento que preencheu por fluxos de detritos os vales dissecados de fases úmidas anteriores a partir do desmonte de outras superfícies a montante. Nelas, predominam maiores altitudes, vertentes menos declivosas, menor grau de dissecação, maior extensão dos topos planos altimetricamente correspondentes mesmo que entalhados por dissecação controlada e homogênea remontante.

Dessa forma, a partir destas diferenciações e a observação do mapa de declividade (figura 4), é possível reconhecer dois sub-compartimentos na área considerada: um de tabuleiros menos declivosos (a Norte e Noroeste) e outro de mais declivosos, a Leste, Nordeste, Centro-Sul e Sudeste da área de estudo.

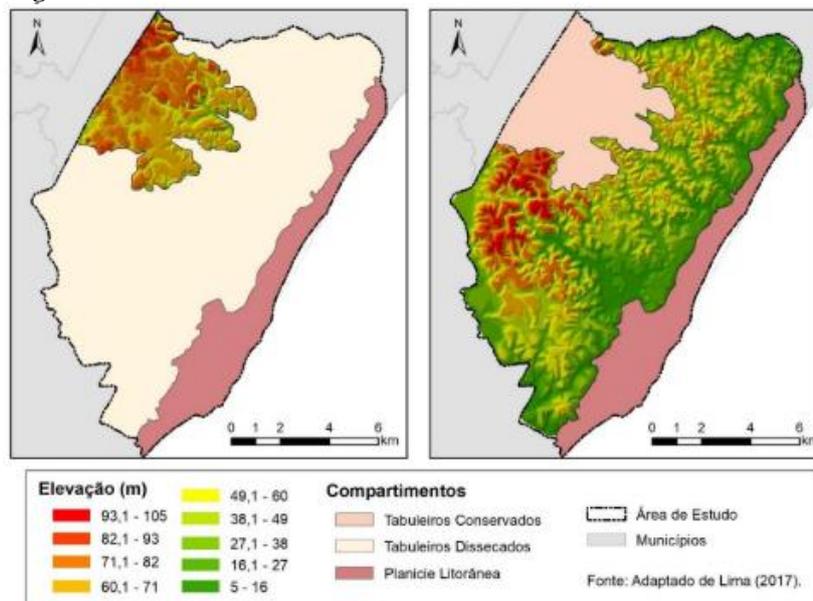
**Figura 4** - Mapa de declividade da área de estudo.



Elaborado pelo autor.

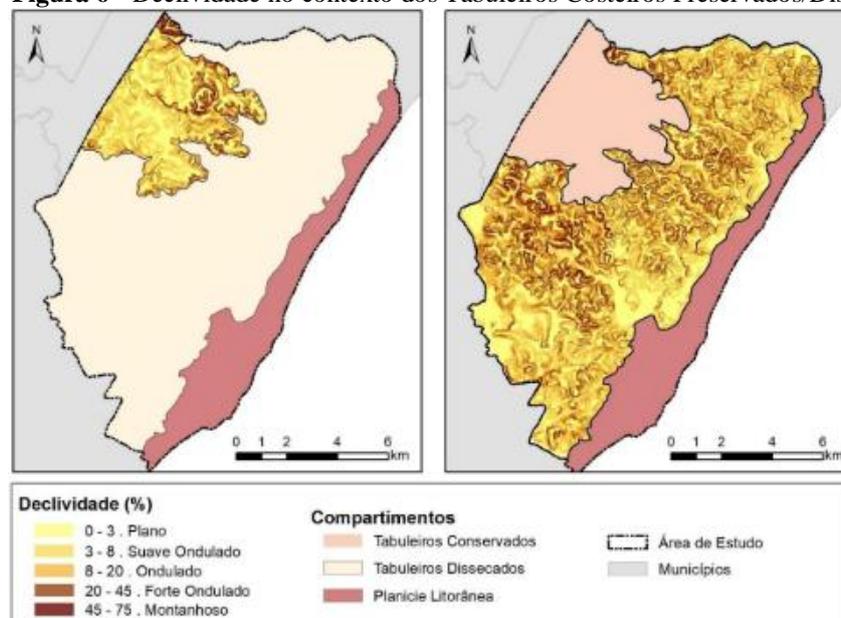
Neste sentido, podem ser reconhecidos como Tabuleiros Dissecados – de menor altitude, topos mais convexizados e curtos, maior grau de dissecação e vales chatos em formato de “U” - e Tabuleiros Preservados – de maior altitude, topos mais horizontalizados e contínuos, menor grau de dissecação e vales bem encaixados- no contexto da área de estudo (LIMA, 2018). As figuras 5 e 6 sintetizam o panorama morfológico dos Tabuleiros Costeiros segundo essa subdivisão, evidenciando suas diferenças:

**Figura 5** - Altimetria dos Tabuleiros Costeiros Preservados/Dissecados.



Fonte: ANDRADE (2018), Adaptado de LIMA (2018).

**Figura 6** - Declividade no contexto dos Tabuleiros Costeiros Preservados/Dissecados.



Fonte: ANDRADE (2018), Adaptado de LIMA (2018).

Na interface entre este domínio dos Planaltos Inundados e o domínio seguinte dos Depósitos Sedimentares (IV) encontram-se feições suaves em formato de rampas ou lombadas de altitude máxima de cerca de 50 metros. Denominadas como Leques Aluviais, estas feições se espraiam de forma bastante abrangente na interface Tabuleiros-Planície Costeira pelo notável gradiente topográfico através de paleocanais de drenagem no quais foram depositados, estando dessa forma, intimamente

relacionados aos mais recentes eventos transgressivo-regressivos ao longo, principalmente, do Mioceno e Pleistoceno. Neles, predominam sedimentos de origem fluvial, geralmente granoascendentes em relação à sua paleodesembocadura, estando atualmente sujeitos a movimentos de massa e erosão laminar pela acentuada declividade, sobretudo nas porções pouco colonizadas por vegetação (ALMEIDA et al., 2003; ALMEIDA JUNIOR, 2011; COSTA JÚNIOR, 2008).

Finalmente, no Domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários, que compreendem o período mais recente do Neógeno (Pleistoceno em diante), se localizam unidades importantes que compõem a Planície Costeira tais como os Terraços e Planícies Marinhas, Fluvio-Marinhas, Eólicas, Lacustres e Fluvio-Lacustres. Nelas, predominam sedimentos inconsolidados e/ou pouco consolidados que se apresentam como resultado dos sucessivos processos de Regressão e Transgressão marinhas ao longo do Neógeno, gerando modelados de predominante acumulação (ALMEIDA JUNIOR, 2011; DOMINGUEZ, 2011).

#### 2.4 SOLOS

Segundo os dados do Projeto RADAMBRASIL (1981), as coberturas pedológicas –em escala 1:1.000.000- que revestem os Tabuleiros Costeiros no recorte da área de estudo são compostas principalmente por Argissolos Vermelho-Amarelos, geralmente distróficos, areno-argilosos, predominantemente de textura média. Neossolos Quartzarênicos predominam na Planície Costeira em coincidência com muitos dos depósitos quaternários e Gleissolos aparecem nas áreas próximas às drenagens principais.

Para além da limitação da generalização inerente à escala, estudos e mapeamentos de maior detalhe apontam uma íntima relação entre o relevo, seus sub-compartimentos dentro dos Tabuleiros Costeiros chegando até mesmo ao nível da vertente e sua cobertura pedológica. Considerando as diferenciações climatológicas, de grau de dissecação e morfologia, hidrológicas e de materiais de origem (refletido pelo mosaico faciológico do complexo sedimentar do Grupo Barreiras), é esperada uma diversidade

de coberturas pedológicas que concordem com este arranjo plural dos seus fatores de formação (FORTUNATO, 2004; NUNES et al., 2011; SILVA et al., 2009).

Dessa forma, os Argissolos enquanto únicas tipologias pedológicas dos Tabuleiros Costeiros, conforme aponta Brasil (1971), podem ser considerados como as coberturas predominantes, porém não únicas. Acabam por dominar as paisagens e assumir posições de topo e ombro das vertentes, no entanto apresentam-se vinculados a outras classes de solo na encosta e sopés das vertentes. Latossolos, por sua vez, não são frequentemente identificados dentro dos Tabuleiros Costeiros, tanto preservados como dissecados. Ainda que muitas das coberturas assumam características latossólicas, a comum existência e identificação de gradientes texturais acaba por direcionar a classificação para Argissolos (SILVA et al., 2009).

Estes Argissolos diferenciam-se em dois grandes grupos principais: os de topo interfluvial aplainado e os depressionários ou associados a cabeceiras de drenagem. Nos topos tabulares e convexos, assumem a forma de Argissolos Vermelho-Amarelos, bem desenvolvidos e de textura média. Em ambientes de melhor drenagem e percolação, podem ocorrer associações entre Argissolos e Latossolos (frequentemente Vermelho-Amarelos, porém com predomínio do amarelo) passando a solos de transição como Cambissolos Háplicos e Neossolos, tanto Litólicos quanto Regolíticos (FORTUNATO, 2004; SILVA et al., 2009). Também podem se dar transições para Gleissolos ou Plintossolos quando a dissecação promove a formação de um vale de drenagem perene, com oscilação freática anual segundo o regime previsto no balanço hídrico.

Importante se faz salientar que a prevalência de solos mais amarelados, ainda que dentro do alcance taxonômico para Vermelho-Amarelos, é resultado do lento processo de xantização e substituição mineralógica de solos mais avermelhados para mais amarelos, onde a Goethita se apresenta como a espécie mineral mais estável, principalmente em ombros e encostas geradas por erosão remontante, onde as condições de drenagem são menos eficientes e o tempo de residência maior da água favorece a formação de fases minerais férricas mais hidratadas (NUNES et al., 2019).

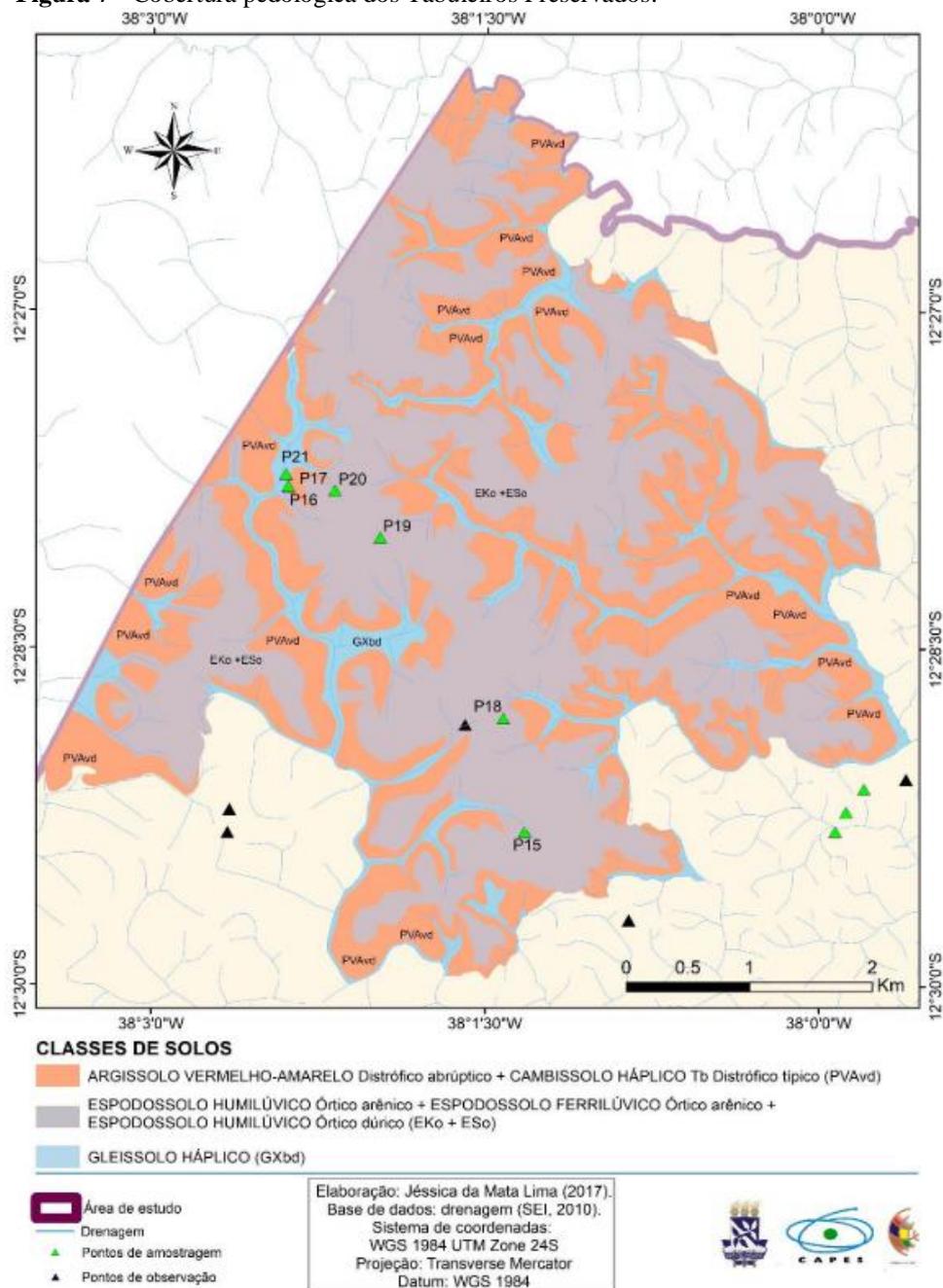
Já nas depressões fechadas (frequentemente associadas a entrecruzamento de falhas) e cabeceiras de drenagem apresentam-se acinzentados em razão da hidromorfia e processos de gleização aos quais estão submetidos pela condição de relevo e fluxos hídricos. Nestas condições mais côncavas, estão frequentemente ligados a Espodosolos e Gleissolos, num processo de evolução dos Tabuleiros por dissecação e desenvolvimento da rede de drenagem ou geração destas depressões fechadas tectonicamente controladas (FORTUNATO, 2004; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; SILVA et al., 2009).

Já na proposição de Lima (2018), os Espodosolos aparecem com relativa expressividade e significância nos Tabuleiros Preservados, também muito associados às formas côncavas, depressões fechadas e setores intermediários de vertente. Estão muito ligados, nestas condições de relevo, à presença de materiais bastante areno-quartzosos pelos quais a matéria orgânica, conjugada aos óxidos, migra, formando horizontes espódicos, geralmente humilúvicos órticos. Os topos e ombros convexos na periferia dessas depressões deste subcompartimento dos Tabuleiros são dominados pelos Argissolos Vermelho-Amarelos, transicionando para Espodosolos e Gleissolos de baixa vertente no sentido dos vales dissecados (ANDRADE, 2018; LIMA, 2018).

Muitos Espodosolos e Argissolos da área possuem horizontes endurecidos, sejam eles espódicos, sejam eles ferruginosos. Ainda que em diferentes ambientes de ocorrência e derivando de processos diferentes de gênese por agentes cimentantes distintos, resultam num adensamento subhorizontalizado em subsuperfície, fruto da remobilização de componentes solubilizados (ferro reduzido nos ferricretes e sílica nos fragipãs, duripãs e *ortsteins*) que geram feições cimentadas em diferentes graus de endurecimento nos Argissolos e Latossolos, bem como nos Espodosolos, respectivamente. Estes horizontes podem estar geneticamente relacionados na medida em que a interação entre o seu desmonte de ferricretes pode propiciar a formação de horizontes espódicos endurecidos, estando frequentemente relacionados na paisagem, fruto de um possível processo de inversão de relevo que os aloca nesta posição da paisagem (FORTUNATO, 2004).

A figura 7 apresenta as diferenciações da cobertura pedológica no compartimento de tabuleiro mais preservado.

**Figura 7** - Cobertura pedológica dos Tabuleiros Preservados.

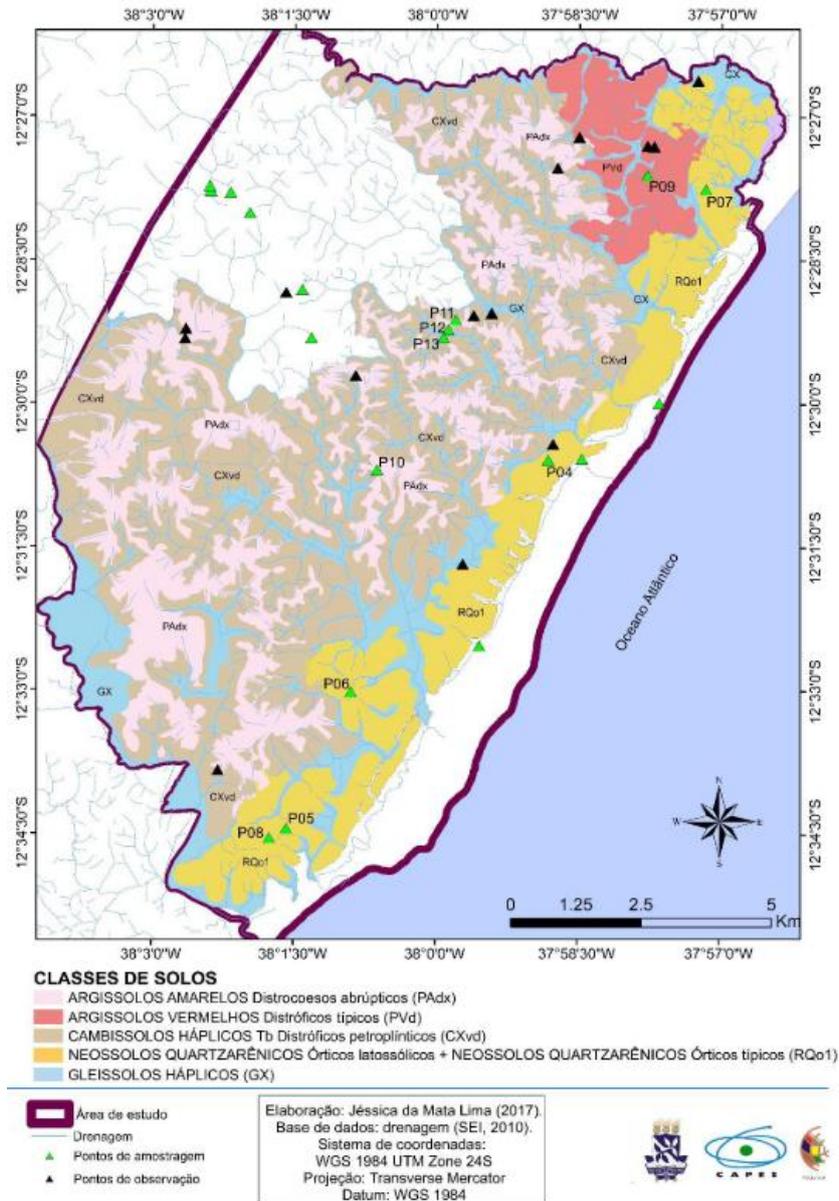


Fonte: LIMA (2018).

Já nos Tabuleiros Dissecados (figura 8), mantém-se o predomínio de topos, ainda que mais curtos e mais convexizados, argissólicos, predominantemente amarelados, vinculados na cobertura pedológica mais dissecada e intemperizada aos Cambissolos

Háplicos, como solos de transição, e Gleissolos de baixa vertente. Os Neossolos são frequentes no contato com a Planície Costeira, muito influenciados pelos sedimentos muito mais recentes do Neógeno, principalmente nos Leques Aluviais, onde também ocorrem Argissolos e Latossolos (COSTA JÚNIOR, 2008; LIMA, 2018).

**Figura 8** - Cobertura pedológica dos Tabuleiros Dissecados.



Fonte: LIMA (2018).

## 2.5 VEGETAÇÃO E USO DA TERRA

A vegetação, frequentemente tratada como síntese dos aspectos fisiográficos atuantes no meio natural, possui forte e estreita relação em especial com o substrato geológico, os solos e o compartimento morfológico em que está inserida (AB’SABER, 2003; SANTOS, 2017). Da mesma forma, o uso (e ocupação) da terra como um dos principais e mais iniciais impactos ambientais antropicamente induzidos se relaciona intimamente com os fluxos hídricos, compartimentos de paisagem e tipologias da cobertura pedológica (TURNER, 2002 apud ST JEAN, 2017).

As diversas atividades que se projetam sobre a paisagem e concretizam um uso, ocupação e produção do espaço relacionam-se às necessidades humanas e do modo de produção. Neste sentido, são mutáveis e respondem aos estímulos e necessidades em múltiplas escalas ao longo do processo histórico, ainda que causem impactos e consequências danosas à paisagem tais como arenização, desertificação, eutrofização e perda de biodiversidade (ST JEAN, 2017).

### 2.5.1 Vegetação

Os dados presentes na folha SD.24 do Projeto RADAMBRASIL identificam-se três coberturas vegetais principais, a saber: Floresta Ombrófila Densa, Área de Formações Pioneiras e uma zona de reflorestamento de pinheiros (BRASIL, 1981). A Floresta Ombrófila Densa ocupa a maior parte da área deste estudo, ocupando vastas extensões dos Tabuleiros, tanto os Dissecados quanto os Preservados. Ainda que se apresentem na forma secundária, em diversos estágios de regeneração (com critérios fitofisionômicos específicos), é composta de espécies que integram o bioma Mata Atlântica mantida de forma perene por altos índices pluviométricos anuais bem distribuídos advindos de massas atlânticas em regimes úmidos, contemplando fitofisionomias de estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo em diversos portes e estágios de regeneração (AB’SABER, 2003; BRASIL, 1981).

As Formações Pioneiras são as coberturas vegetais que se estabelecem sobre áreas pedologicamente instáveis, geralmente sob intensa influência marinha, fluvial e/ou eólica. Nelas, o frequente retrabalhamento de sedimentação e erosão acaba por oferecer condições bastante hostis para o estabelecimento e a afirmação das espécies vegetais mais sensíveis (BRASIL, 1981; ST JEAN, 2017). Predominam nelas os estratos herbáceo e arbustivo, geralmente em sedimentos quaternários aluviais e marinhos, geralmente bastante arenosos ou mais argilosos quando em ambiente de baixa energia, como mangues e estuários. Dessa forma podem ser subdivididos em características e nichos marinho, fluvio-marinhos e fluvial (ALMEIDA JUNIOR, 2011; BRASIL, 1981; ST JEAN, 2017).

Por último, as áreas de reflorestamento de pinheiros se apresentam na porção mais norte e noroeste da área de estudo, estando relacionadas a uma vegetação não-nativa (típica de bioma savânico, geralmente frio) associada a cultivos específicos relacionados à silvicultura desenvolvida na área de forma conjunta a cultivos agrícolas permanentes (BRASIL, 1981). Na área de estudo está representada pelo cultivo do eucalipto e pinus, em padrão bastante uniformizado, sobre os Tabuleiros Pré-Litorâneos e Costeiros, nos sedimentos e solos do Grupo Barreiras (ST JEAN, 2017).

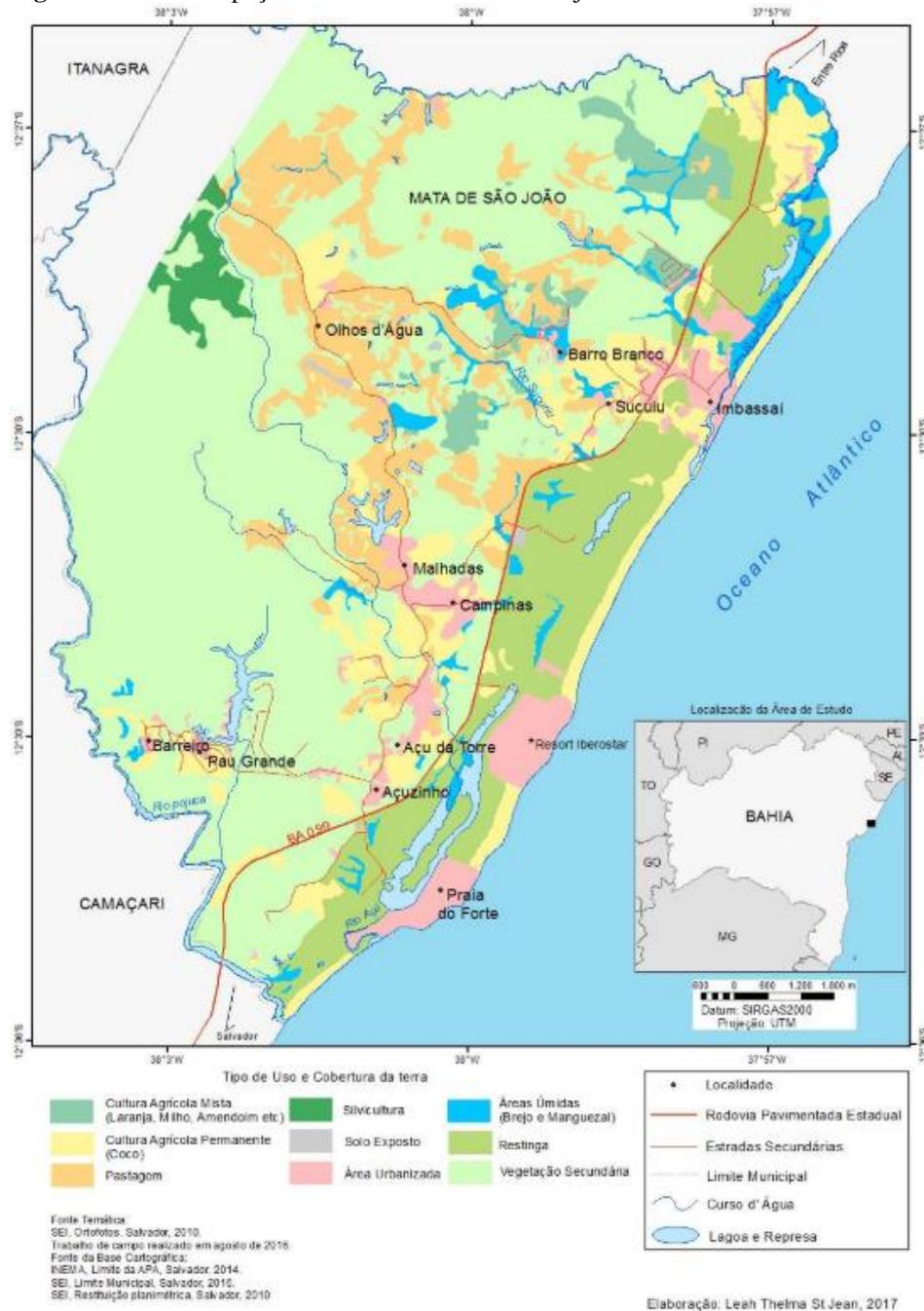
### **2.5.2 Uso da Terra**

O levantamento do uso e ocupação da terra no recorte da área de pesquisa estudada para o ano de 2010 revela, como espacializado na figura 9, um diagnóstico recente das classes de intervenção, gerenciamento e produção do espaço.

Nele, se notabilizam principalmente a ampla extensão de vegetação secundária em diversos estágios de regeneração, principalmente a oeste da BA-099 e sobre os Tabuleiros Costeiros. Neste sub-recorte, permanecem a norte-noroeste as zonas de silvicultura, principalmente de eucalipto e pinus. Contidas nesta zona, áreas de pastagem de natureza predominantemente extensiva se desenvolvem aproveitando-se da proximidade com as vias internas e vicinais, em relevo relativamente plano ou pouco declivoso. Dividem ainda espaço neste compartimento mais interiorano áreas de cultura

agrícola permanente mista e de coco, manchas de área urbanizada e de solo exposto, além de reentrâncias de porções de restinga (ST JEAN, 2017).

**Figura 9 - Uso e ocupação da terra - Entre os Rios Pojuca e Imbassaí.**



Fonte: ST JEAN (2017).

A leste notam-se áreas urbanizadas de alto padrão e poder aquisitivo, geralmente em condomínios fechados e de ocupação permanente ou sazonal. Nestas porções mais próximas à linha de costa, próximas à face de praia, desenvolvem-se cultivos

permanentes de coco. (MAGALHÃES, 2015; ST JEAN, 2017). Dessa forma, percebe-se um quadro bem definido nos padrões de uso, cultivo e ocupação do território delimitado pelas fozes dos rios Pojuca e Imbassaí onde, como discutido por Magalhães (2015), a Estrada do Coco tem papel fundamental e preponderante na espacialização de classes de uso, renda e consumo de bens e serviços.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 PAISAGEM, HERANÇA E SISTEMA**

Estudos, nas diversas áreas do conhecimento, geralmente se encontram associados ou alicerçados em conceitos e categorias de análise. Na Geografia não é diferente: as diversas subdivisões do conhecimento operam-nas de modo a compreender objetos de estudo, orientar questões de pesquisa e delimitar recortes de trabalho.

Em Geografia Física, Paisagem representa não somente um recorte espacial como também um destes conceitos e categorias operacionalizados por pesquisadores em estudos que levem o ambiente natural e suas dinâmicas em consideração. É, em verdade, um conceito amplo, que, de certa maneira, se mostrou descaracterizado em definição e uso nos estudos das ciências naturais (BERTRAND; TRICART, 1968).

Um aspecto parece fundamental no meio de tantos conceitos produzidos nas ciências naturais: a paisagem tem uma dimensão espacial mais ou menos bem definida, na qual abriga outras dimensões espaciais e temporais (NAKASHIMA et al., 2017). Embute-se portanto, uma dimensão processual onde diversas espacialidades e temporalidades sucedem-se na constituição da paisagem, de modo que o que se percebe hoje é uma apreensão das múltiplas configurações da paisagem ao longo do tempo e do espaço.

Assim, o que os seres humanos compartilham em sua breve presença nas paisagens é uma interseção existencial com uma dessas configurações que carrega consigo o acúmulo de todos os processos de natureza geológica, pedológica, hidrológica, climatológica, biogeográfica e, em menor bagagem temporal, humana. A paisagem, portanto, é e se apresenta enquanto uma verdadeira herança dos fatores que a conformam num arranjo particular no qual os povos executam suas atividades sociais, econômicas e culturais, lastreando sua existência do mesmo modo em que permite ser alterada por estes (AB'SABER, 2003).

Não é, portanto, uma simples adição destes elementos no espaço. É fruto da combinação instável, em equilíbrio dinâmico e em perpétua evolução interconectada e dialética deste arranjo (elementos naturais, biológicos, antrópicos) ao longo do tempo em uma porção espacial mutável, a qual então denomina-se paisagem (BERTRAND; TRICART, 1968).

Dessa forma, faz sentido pensar em uma evolução da paisagem como uma sucessão de temporalidades que se acumulam rearranjando o espaço, sem, no entanto pensar em ciclos fechados e de pontos de partida e finais definidos. Cada novo arranjo ou configuração, ou seja, cada nova paisagem gerada a partir da conformação destes componentes ao longo de processos em diversas escalas temporais e espaciais é, simultaneamente, resultado e ponto de partida para novos processos transformadores da paisagem.

Os motores da alteração e geração de novos arranjos de paisagem dividem-se em dois grandes grupos: os endógenos e os exógenos, que apesar das terminologias e da ideia, não são e nem agem em antagonismo. São processos integrados, parte de sistemas morfogênicos complexos, dotados de hierarquia, em conformidade com o ambiente onde instalam sua atuação, podendo se subdividir em dominantes e subsidiários de acordo com sua intensidade e amplitude, sendo ora mais intensos e permanentes, ora mais esporádicos e limitados, respectivamente (TRICART; CAILLEUX, 1973).

A condução da evolução das paisagens se dá, portanto, pelo resultado da interação de tais motores ao longo do tempo, de modo que cada porção espacial revela uma adaptação de cada um dos elementos da paisagem à herança cumulativa de processos que a gerou, refletindo na rede de drenagem, fitofisionomia, coberturas pedológicas e formas do relevo. A realidade intertropical de evolução das paisagens se mostra complexa e interdigitada às oscilações ambientais multiescalares que deixam suas marcas na forma dos processos dominantes e subsidiários atuantes, preservando ou apagando feições características de cada um destes momentos, em ciclos sobrepostos (ESPINDOLA, 2010). Fitofisionomias, posição na paisagem e atividade climática são fatores que podem influenciar na conservação ou destruição de feições características

dos períodos os quais a paisagem passou, em algum momento, durante sua evolução (BOULET et al., 2016).

Na evolução e transformação das coberturas pedológicas em especial, a evolução do modelado tem fundamental importância visto que a gênese e evolução das formas implica em processos de preparação (ou intemperismo) de material, mobilização, transporte e deposição de sedimentos que, quando aportados, farão parte da composição evolutiva das coberturas pedológicas que se desenvolvem nos diversos compartimentos de paisagem, sejam eles importadores ou exportadores de material (QUEIROZ NETO, 2000; TRICART, 1968).

Solos e relevo são elementos constituintes da paisagem que compartilham um mesmo *locus* e possuem um elo de ligação: a Geologia. Contudo, anteriormente entendido como elemento passivo, fruto da decomposição da rocha-mãe, os solos são, na verdade, os primeiros frutos dos processos de decomposição mineral dos materiais de origem, sendo conteúdo dos modelados e formas do relevo, onde cada posição ocupada em escala regional e local guarda relação intrínseca com os processos anteriores de geração e remoção de sedimentos ao longo da evolução pedogeomorfológica da paisagem. (ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2000). Os processos de autoevolução das coberturas pedológicas operam por meio de mecanismos específicos internos de geração, transformação e subtração de espécies minerais, refletindo-se nas estruturas constituintes dos perfis de solo e, em última análise, na forma de relevo superficial que integra o mosaico morfológico local e regional (ESPINDOLA, 2010).

No entanto, ainda que esta relação posicional se mostre concordante com toda a história de geração e retrabalhamento de superfícies pretéritas, coberturas latossólicas, por exemplo, não devem ser automaticamente interpretadas como indicadores correlativos de superfícies muito antigas, visto que nem sempre ocorrem nestas posições e podem ser resultado da interação intensa dos processos de decomposição em uma menor escala temporal sobre um material de origem propício ao avanço da alteração. Neossolos Quartzarênicos, que sob o ponto de vista de evolução pedogenética são coberturas

incipientes, também podem assumir posições cimeiras em superfícies antigas, fruto de lenta alteração ou sucessivas remoções erosivas (ESPINDOLA, 2010).

Neste sentido, não é possível considerar qualquer dos elementos em separado sem contextualizá-los frente ao seu conjunto interligado e perpetuamente impelido à evolução na paisagem, muito menos sem considerar todo o arcabouço interdigitado e complexo que conduziu o arranjo até o presente momento de como ele se apresenta. Assim, as relações entre as partes constituintes deste arranjo são substanciais à forma como se dispõe a paisagem atualmente e através da implementação de qualquer nova condição que instabilize estas relações, surgirão outras que, tendendo a alcançar o equilíbrio dinâmico, continuarão a guiar a evolução da paisagem, gerando um novo arranjo sistêmico (BERTRAND; TRICART, 1968).

### **3.1.1 Os Sistemas de Transformação Pedológica**

Considerando o solo como um corpo tridimensional, contínuo, em constante alteração, dotado de organização estrutural e composicional, sua unidade de observação se mostra bastante insatisfatória na apreensão dos processos, identificação de filiação genética entre horizontes e transformações na cobertura pedológica caso seja adotado unicamente o perfil pedológico como unidade de análise (BOULET, 1993; NAKASHIMA et al., 2017). A cobertura pedológica seria, portanto, o recobrimento vertical e lateral da superfície, constituído do material friável (ou não) advindo da alteração do material de origem, dotada de funcionamento, também sendo contínua, tridimensional e objeto de estudo da ciência do solo (QUEIROZ NETO, 2011).

Anteriormente consagrada e amplamente estudada, a perspectiva vertical levou a importantes resultados e ao amadurecimento da ciência pedológica, principalmente no que tange à associação de diferenciações pedológicas e sua distribuição na paisagem, considerados os seus fatores de formação. Daí surgem e evoluem os principais estudos em sequências topográficas, cronológicas, litológicas, dentre outras, que elucidaram como a variação de um dos fatores, fixada a constância de outros, pode influenciar na pedogênese e na distribuição dos solos no espaço (JENNY, 1946).

A superação de tal unidade vertical de observação e organização dá lugar a outra, lateralizada, interconectada e geneticamente vinculada, que se concretiza na escala da paisagem, mais especificamente da vertente. A noção de uma cobertura constituída de volumes pedológicos em constante evolução e transformação imbricada ao relevo lastreia a noção dos Sistemas de Transformação Pedológica. Nele, considera-se os solos como uma cobertura contínua ao longo das vertentes, que gradam de um volume a outro através de transformações internas autoevolutivas através das frentes de transformação (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; NAKASHIMA et al., 2017).

Sendo assim, os Sistemas de Transformação Pedológica são associações organizadas laterais e contínuas, em alteração dinâmica de suas características pedológicas onde os resultados destas alterações são volumes que compõem a cobertura dotados de organização e dinâmica hídrica, mineralógica e orgânica distintas, ocupando uma posição na paisagem (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990). Ocorrem geralmente em relevos colinosos e tendem a se processar sempre que as relações geométricas entre topografia e horizontes do solo são modificadas, gerando mudanças na declividade e composição dos volumes pedológicos nas vertentes (QUEIROZ NETO, 2011).

Estas organizações laterais são transformadas sendo induzidas por frentes de transformação internas que guiam o seu autodesenvolvimento, sendo motivadas por mudanças nas condições pedobioclimáticas. Um sistema de coberturas em transformação pedológica responde às alterações nestas condições pedobioclimáticas ambientais ao longo do espaço e do tempo, tendendo sempre a transformar-se em produtos que estão em concordância estável com seu ambiente e que discordam da cobertura anterior, tendendo a se iniciar na base das vertentes e atuar remontantemente (BOULET et al., 2016; BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990).

Assim, processa-se o autodesenvolvimento por substituição de uma cobertura e suas características às custas de outra, em uma frente de transformação lateral complexa, propelida por um ou mais fatores atuantes, tais como as condições climáticas em escala local, regional e até global; também por lençol freático, muito associado ao nível de base regional (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990). Para tanto, o conhecimento dos

fluxos hídricos e da forma das vertentes é fundamental, afinal sua dinâmica hidráulica é um dos principais e mais comuns motores de alteração e instabilização de certas coberturas e feições pedológicas, levando à sua transformação, remoção e redistribuição (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; QUEIROZ NETO, 2002; VIDAL-TORRADO; LEPSCH; CASTRO, 2005).

Dos produtos destas alterações promovidas pelos Sistemas de Transformação Pedológica geram-se volumes mais estáveis e concordantes com estas condições pedobioclimáticas desencadeadas por processos característicos destes ambientes, tais como gleização, depleção de argilas, migração de complexos organo-metálicos, arenização, conseqüente rebaixamento geoquímico, dentre outros. Cada um dos arranjos gerados por sistemas de transformação responde por uma contribuição na composição do arranjo pedogeomorfológico da paisagem, ou seja, participa ativamente da morfogênese em conjunto com sucessivos ciclos pedogênicos dos quais os sistemas de transformação fazem parte (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2002).

No contato das transições entre os volumes pedológicos instabilizados e os propagados pelas frentes de transformação têm-se uma área de fundamental importância: por apresentar uma mescla de características entre o produzido pelo avanço dessa frente e a cobertura a ser substituída, se constitui numa área de notável fragilidade ambiental nata, de degradação potencializável pelo mau uso e manejo das ações antrópicas (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990). Ravinas e voçorocas costumam se apresentar muito frequentemente e serem ainda mais expostas à ação mecânica de remoção nestas áreas (QUEIROZ NETO, 2002).

Nestas zonas-chave, é possível identificar os processos atuantes que transformam a cobertura pedológica e seus volumes, permitindo que se levante hipóteses sobre a evolução do objeto de estudo, contribuindo para a elucidação da evolução da própria paisagem e seus elementos constituintes (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; NAKASHIMA et al., 2017).

O que se têm como resultado é uma cobertura pedológica contínua, porém heterogênea, propelida por um conjunto de processos localizados em uma ou mais frentes de transformação que, atuando por processos geoquímicos de alteração e/ou físicos de remoção e redistribuição, substitui a composição substancial da cobertura anterior por outra nova, geralmente remontantemente. Tais alterações reorganizam o arranjo pedológico interno e que têm rebatimento direto na nova dinâmica hídrica, no relevo superficial e na sua autoevolução futura (BOULET et al., 2016; BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2002, 2011).

Assim, a circulação hídrica interna se apresenta como um fator fundamental nas diferentes permeabilidades e caminhos preferenciais da água, atuando na alteração, eliminação, degradação e remobilização de compostos minerais e orgânicos do solo. Essa atuação gera novas feições pedológicas ou altera as preexistentes, modificando também os padrões de erosão superficial e, por consequência, a distribuição dos solos e formas de relevo presentes numa relação solidária entre pedogênese e morfogênese (QUEIROZ NETO, 2000).

Dessa forma, os sistemas pedológicos em transformação -engatilhados pela discordância com as condições pedobioambientais na atuação dos processos que substituem volumes pedológicos por outros- são, em conjunto com os processos de morfogênese que deles também se beneficiam, os fios condutores da alteração da cobertura pedológica e do arranjo morfológico na evolução da paisagem.

### 3.2 VERTENTE E TOPOSSEQUÊNCIA

Tradicionalmente conceituada por Dylik (apud FACCO, 2017) como sendo toda superfície terrestre inclinada, muito comprida ou distintamente limitada, na qual seus materiais que a recobrem estão subordinados às leis da gravidade, a vertente seria conformada e evoluiria ao longo do tempo segundo os mecanismos morfogenéticos que a modelariam: erosão superficial, movimentos de massa, dissecação fluvial, dentre outros. Através destes, os processos morfogenéticos transportam sedimentos alterados provenientes do material de origem, preparados e que serão remobilizados,

posteriormente aportados a outras partes da paisagem pela ação do vento, mas sobretudo das águas as quais são vertidas aos cursos d'água, na constituição da rede hidrográfica de drenagem da área (TRICART, 1968).

A vertente é ainda uma importante categoria e escala de análise em geomorfologia, onde desenvolvem-se estudos de detalhe sobre os mecanismos e processos que atuam de forma multiescalar na paisagem. Nela, se processa a pedogênese, a geração das coberturas pedológicas, a erosão e transporte de sedimentos em dimensões multiescalares de espaço e tempo na evolução da paisagem (NAKASHIMA et al., 2017; TRICART, 1968).

Anteriormente concebida como o espaço de diferenciação no qual os solos estão subordinados à condição topográfica pela ação dos fluxos internos e sua atuação intempérica e distributiva de sedimentos, a vertente foi alvo de muitos estudos que buscaram prever a ocorrência e distribuição das tipologias pedológicas ao longo de diferentes posições na paisagem (QUEIROZ NETO, 2011). Neste contexto, a ideia de catena como uma sucessão de perfis verticais que têm relação entre si postos em um gradiente topográfico que os diferencia pelos diversos processos atuantes proporcionou diversos estudos importantes acerca da influência do fator relevo sobre os solos em topossequência.

No entanto, surgem fundamentais divergências quanto ao estudo topossequenciado de solos. A catena, por sua natureza, compõe um estudo sequenciado onde fixa-se o conjunto de fatores de formação e através da variação de uma condição de relevo, observa-se o impacto deste sobre a pedogênese de determinado conjunto de perfis. Estudos dessa natureza, conhecidos como estudos em sequências (litossequências, topossequências, climossequências, cronossequências, biossequências) foram amplamente discutidos e desenvolvidos por anos, no qual a noção principal é de que o fator isolado e sua variação determina sobremaneira a tipologia pedológica esperada/encontrada (JENNY, 1946).

Contudo, o surgimento de outras concepções de vertente, topossequência e o conceito de cobertura pedológica redefine as relações solo-relevo de modo que ao apreender a paisagem e sua evolução, não se faz mais possível nem satisfatório ao objetivo a contento os entender em uma relação de causa-efeito, determinística, em unidades de observação e amostragem isoladas entre si (NAKASHIMA et al., 2017; QUEIROZ NETO, 2011).

A vertente enquanto subsistema de uma paisagem é dotada de um modelado e revestida por uma cobertura pedológica contínua, tridimensional, genética e lateralmente filiada. Tal cobertura é gerada por processos pedomorfológicos que, por sua vez, condicionam a própria vertente, mas que são também simultaneamente por eles reconicionados em múltiplas escalas temporais e espaciais, e até mesmo na sua compartimentação interna. Dessa forma, se mostra enquanto uma complexa e satisfatória unidade de análise e estudo importante para a obtenção de respostas que subsidiem a elucidação evolutiva da paisagem (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; ESPINDOLA, 2010; NAKASHIMA et al., 2017; QUEIROZ NETO, 2011).

A topossequência, sob este prisma, adquire nova conotação e sentido: a de um estudo de natureza solidária e dialética conjunta de evolução interconectada entre solos e relevo onde cada compartimento da vertente carrega em suas características feições-registro de sua evolução pretérita que participam ativamente da evolução atual e futura da vertente sob dadas condições pedobioclimáticas (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; QUEIROZ NETO, 2011).

Condicionadas pelo gradiente topográfico, mas também influenciando-o através das características pedológicas geradas, alteram-se mutuamente solos e relevo, guiados pelos processos que desencadeiam sistemas de transformação tendentes a um equilíbrio dinâmico e conjunto do sistema solo-relevo em seu autodesenvolvimento solidário combinado (BERTRAND; TRICART, 1968; BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2002, 2011).

Dessa forma, vertentes parecem ser cada vez mais sistemas ativos e dinâmicos em busca de equilíbrio com as condições ambientais, em constante alteração e retrabalhamento, sendo simultaneamente resultado dos processos de pedogênese e morfogênese cíclicos e suas transformações internas, bem como condicionante importante de certos processos morfopedodinâmicos como a ação freática, erosão superficial e movimentos de massa.

### 3.3 O GRUPO BARREIRAS: GÊNESE E CARACTERÍSTICAS GERAIS

O Grupo Barreiras constitui-se num complexo de coberturas sedimentares de origem terrígena continental e marinha, de idade miocênica a pleistocênica inferior que se encontra estratigraficamente sobreposto ao embasamento cristalino Pré-Cambriano, estendendo-se desde o Amazonas até o Rio de Janeiro, com algumas descontinuidades no Sul e Sudeste brasileiro (FORTUNATO, 2004; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011).

Apresenta-se enquanto um mosaico heterogêneo sedimentar adequado às especificidades locais e regionais de deposição, gênese e evolução. Dessa forma, compreende diferentes extensões espaciais resultado das diversas configurações e ambientes evolutivos, sendo inclusive mais adequado a sua consideração como Grupo e não Formação, como anteriormente considerado, fato constatado devido à pluralidade faciológica e agentes deposicionais contribuintes, ainda que divergências sobre esta concepção existam entre os autores (ARAI, 2006; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011).

Atingindo cotas altimétricas entre cerca de 20 a 200 metros, o Grupo Barreiras se constitui num conjunto de coberturas sedimentares detríticas, siliciclásticas, pouco ou inconsolidado, parca e escassa ocorrência de estrutura sedimentar, de cores variegadas e mal selecionada, com composição textural predominantemente variando entre areia fina a grossa, onde grãos angulosos componentes de um esqueleto quartzoso são majoritários. Sua composição mineralógica geral aponta para uma matriz predominantemente caulínica, associada a argilas oxídicas, com presença de sedimentos quartzosos mais grosseiros que dão sustentação esquelética aos perfis

estratigráficos e pedológicos que se desenvolvem sobre este material de origem (NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011).

Assim, tendo gênese relacionada às oscilações climáticas do Paléogeno em diante, sua deposição é predominantemente fluvial, de sedimentos terrígenos associada à uma contribuição significativa marinha. O Grupo Barreiras é a principal cobertura sedimentar litorânea do Neógeno e se apresenta em diversas fácies e constituições, de modo que a partir da identificação dos canais de arquitetura de deposição, é possível inferir sua origem. Estes canais apontam para deposições em leques, fluxos de detritos e feições aluviais em paleovales que, associado à ação neotectônica do Neógeno, teriam sido entulhados por sedimentos, ganhando um aspecto normalizado e sub-horizontal na paisagem, típico dos Tabuleiros Costeiros, que se estendem desde o sudeste até o norte do Brasil (ALMEIDA JUNIOR; DOS ANJOS; SAMPAIO, 2013; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; VILAS BÔAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001).

Também são reconhecidas fácies de origem marinha pela identificação de canais de arquitetura típicos de marés e ondas, constituindo cerca de dez fácies de origem não-continental na constituição do Grupo Barreiras, geradas nos processos de regressão e transgressão marinha (DOMINGUEZ, 2011; ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011).

Apesar de tais características gerais apontarem para um pacote sedimentar de sedimentos maduros e bem intemperizados remobilizados, a apresentação destes ao longo de sua extensão se relaciona muito ao ambiente em que foram gerados e os ambientes em que foram depositados os sedimentos que atualmente compõem o Grupo Barreiras. No norte do país, se apresentam faciologicamente mais finos, estando muito associados à evolução sujeita a ambientes de planícies de maré, estuarinos, com oscilação de maré e dinâmica regressiva e transgressiva ao longo do tempo geológico (NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011).

Já na porção mais nordeste, especialmente no Litoral Norte baiano, são mais maduros, de maior grau e histórico de intemperismo, estando presentes em ambientes de planícies de inundação fluvial, depósitos de canais e de fluxo de detritos. Neste compartimento

regional, se encontra representado predominantemente na forma de argilitos arenosiltosos, arenitos e diamictitos (FORTUNATO, 2004; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011). A presença de conglomerados também é bastante significativa e reafirmam, associados aos elementos arquiteturais genéticos, a prevalência dos sedimentos que compõem o Grupo Barreiras como terrígenos, depositados por agentes fluviais entrelaçados em ambientes de energia variada, em dois momentos distintos (NUNES et al., 2011).

Ainda que o completo entendimento das condições ambientais de recepção e processos de deposição do Grupo Barreiras não seja completamente elucidado devido à sua natureza afossilífera e imprecisão de dados faciológicos em detalhe, sua gênese está diretamente associada às mudanças climáticas terciárias, seus rebatimentos intrínsecos na dinâmica de nível do mar, nas regressões e transgressões marinhas e uma forte influência neotectônica durante e após sua deposição. Tal conjunto de fatores não somente influenciou a conformação e evolução do Grupo Barreiras, mas a própria configuração do litoral nordeste brasileiro (NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011).

Possuindo então origem principalmente continental, mas também marinha associada a estes fatores, o que parece ser bastante provável pelo estado da arte atual referente à origem do Grupo Barreiras é de um cenário de intermitência climática que proporcionou dois ciclos deposicionais principais, ambos sob condição de rebaixamento eustático global e clima semiárido: um no Mioceno Médio há cerca de 20-12 Ma (Barreiras Inferior), e outro no Plioceno (Barreiras Superior) há cerca de 5-4 Ma. Entre eles, um período de interrupção na deposição, há cerca de 11,6 – 7 Ma, durante o Tortoniano, processou-se associado a uma elevação eustática acompanhado de forte retrabalhamento dos sedimentos depositos no Barreiras Inferior (FORTUNATO, 2004; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011).

Dessa forma, o que se percebe são duas fases mais secas principais de deposição dos sedimentos, pré e pós Tortoniano (Barreiras Inferior e Barreiras Superior, respectivamente). Elas estão associadas aos rebaixamentos eustáticos e aridez globais

intercaladas por uma interrupção deposicional num período mais úmido, responsável pela dissecação do relevo do Barreiras Inferior, no Tortoniano. Após essa etapa úmida de evolução por dissecação do Barreiras, associada a um atuante neotectonismo ressurgente ao longo de todo o Neógeno, teria reiniciado no Plioceno nova e última fase deposicional (Barreiras Superior) sob novo clima semiárido com pedimentação oriunda do desmonte de superfícies regionais de aplainamento a montante que retocaram, principalmente por fluxo de detritos, o anterior cenário dissecado, dando aspecto subhorizontalizado dos Tabuleiros Costeiros e encerrando o aporte sedimentar no período de gênese do Grupo (FORTUNATO, 2004; NUNES et al., 2011).

Ao longo deste processo, de forma síncrona, a forte influência do neotectonismo, inaugurado principalmente após o Mioceno Médio, operou soerguimentos epirogenéticos, flexuras continentais, falhamentos e novos fraturamentos através da reativação dos pontos preferenciais de fraqueza presentes nos planos de falha e fraturas do embasamento subjacente ao então recém-deposto pacote sedimentar do Grupo Barreiras (HASUI, 1990; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011).

As instabilidades tectônicas contemporâneas à deposição do Barreiras, sobretudo na sua segunda fase deposicional (Barreiras Superior), também foram fundamentalmente importantes para a uniformização da superfície do Grupo sedimentar que lhe dá aspecto tabular atual, ainda que atualmente submetida a novo processo de evolução e dissecação do relevo. Isso se deu também pela movimentação e acomodação de fluxos de detritos e lama nos canais fluviais na forma de leques aluviais coalescentes, além de ter proporcionado uma flexura continental que favoreceu o desmonte remontante das superfícies interioranas as quais forneceram sedimentos fluviais transportados pelo gradiente topográfico nestes fluxos (FORTUNATO, 2004; NUNES et al., 2011).

O alívio das tensões geradas tende a ser feito nas estruturas geológicas falhadas (geralmente transcorrentes) preexistentes numa neotectônica de natureza ressurgente, intraplaca e de acomodação após grandes eventos tectônicos globais, em relativa quietude (HASUI, 1990; HASUI et al., 2012). Nestes casos, há também a possibilidade de geração de novas fraturas e falhas em resposta à compressão geral de sentido WNW

– ESE predominante na Placa Sulamericana (HASUI, 1990; HASUI et al., 2012). Diversos são os episódios em que se apresenta a liquefação de conglomerados, deformação e dobramento em camadas, falhas e juntas nos pacotes sedimentares do Barreiras como evidências claras dos processos neotectônicos ao longo e após sua deposição, além dos padrões de drenagem, geometria dos vales e basculamento de blocos nos Tabuleiros Costeiros (FORTUNATO, 2004; LIMA, 2006).

Através deste controle neotectônico ressurgente e dos lineamentos estruturais cristalinos refletidos sobre o pacote sedimentar do Barreiras processou-se, portanto, não só a deposição e a acomodação dos sedimentos, mas também sua dissecação e evolução pedogeomorfológica, de modo que, o que se percebe hoje nos Tabuleiros Costeiros, suas planícies e terraços, são resultado do complexo arranjo que levou à dissecação, retrabalhamento e configuração da plataforma continental (NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011).

### **3.3.1 Litofácies e Coberturas Pedológicas**

Apesar da dificuldade em estabelecer com definição e precisão os paleoambientes deposicionais relacionados à gênese do Grupo Barreiras, de origem geral marinha e continental, é relativamente seguro considerar uma maior contribuição sedimentológica marinha para o recobrimento no norte do país (onde as amplitudes de maré sob o Equador são maiores), enquanto predomina a origem continental terrígena dos sedimentos na região nordeste (NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011).

Contudo, a contribuição marinha, ainda que considerada de menor participação, pôde ser identificada e subdividida em dez fácies que recobrem porções espaciais no Estado da Bahia, a saber: Canal Fluvial, Barra de Desembocadura, Prodelta, Canal Distributário, Bacia Estuarina/Delta de Maré, Praia, Antepraia, Canal de Maré e Planície de Maré. Cada uma destas associações faciológicas possui geometria, estratigrafia e granulometria depositada diversificadas, porém intimamente relacionadas aos processos costeiros que as depositaram. Em comum a todas, a disposição tabular ou

cruzada, associada à granulometria dos sedimentos, diz respeito aos ambientes, seus fluxos e oscilações de maré, sua energia de deposição, em ambientes deltaicos e estuarinos, rasos ou não, associados a sistemas fluviais (ROSSETI; DOMINGUEZ, 2011).

Já o aporte oriundo de fontes fluviais terrígenas, de maior contribuição absoluta no complexo sedimentar, pôde ser identificado em duas fácies predominantemente conglomeráticas (Conglomerados maciços sustentados por lama e maciços sustentados por clastos), três na forma de arenitos (Arenitos lamosos conglomeráticos maciços ou de estratificação cruzada e maciços) e uma última na forma de argilito (Argilito maciço) no Litoral Norte do Estado da Bahia. A identificação dos elementos arquiteturais genéticos (Canais, Finos de Transbordamento, Fluxo Gravitacional de Sedimentos e Leitos Arenosos) associados a estas litofácies revela importantes inferências acerca dos processos que conformaram o Grupo Barreiras recentemente, atualmente submetido a novos processos de entalhamento e incisão da drenagem (NUNES et al., 2011).

Em área estudada por Fortunato (2004) no Litoral Norte do Estado da Bahia, estes Argilitos se apresentam numa composição areno-siltosa e se dispõem sequencial e intercaladamente com colorações branco acinzentadas e avermelhadas (associada a variações em cinza claro) na estratigrafia, desde a base até a parte mais superior do material de origem. Atribuiu-se às fraturas e falhamentos a causa de tantas variações de cor na qual a dinâmica hídrica e seu tempo de residência (ora mais permeável, ora menos) seria fator chave para a oxidação do ferro e alteração na cor destas camadas.

Cada uma dessas litofácies possui particularidades composicionais, granulométricas e mineralógicas específicas relacionadas não somente ao aporte sedimentar processual que as gerou, mas também a área fonte que providenciou os clastos submetidos à litificação. Predominando a granodecrescência ascendente, as litofácies conglomeráticas, tomadas em conjunto, apresentam, em geral, uma matriz arenosa figurada principalmente por quartzo. As frações mais finas apresentam mineralogia predominantemente caulínico-quartzosa, com presença de hematita, goethita e

anatásio. Nas frações maiores, principalmente os calhaus, ocorrem frequentemente grãos sub-arredondados quartzosos e nódulos ferruginosos (NUNES et al., 2011).

Já as litofácies areníticas possuem coloração variada, podendo se apresentar ora mais amarelados, ora mais avermelhados e variegados dependendo das proporções entre os componentes minerais, principalmente dos óxidos e hidróxidos de ferro (hematita e goethita). Comumente apresentando granodecrescência ascendente, tratam-se de sedimentos imaturos, mal selecionados, compostos por matriz de areias quartzosas finas a grossas com fração argila dominada por caulinita e óxidos de ferro associadas a seixos que dão aspecto ligeiramente conglomerático aos materiais.

Por último, a litofácie argilítica maciça possui granulometria e cor variável, podendo ser areno-siltosa ou muito argilosa; acinzentado, avermelhado ou amarelado e variegado; de laminação relativamente plano-paralela, de grande espessura e extensão lateralizada (NUNES et al., 2011). Estes Argilitos teriam sido parte do topo do Barreiras Inferior, depositados em uma paleoplanície de deposição de baixa energia, com sedimentos finos em suspensão sendo agradados nos momentos de cheia fluvial por canais sinuosos, na transição climática semiárido-úmido (FORTUNATO, 2004).

Sendo essas litofácies do Grupo Barreiras predominantes nos Tabuleiros Costeiros no Litoral Norte do Estado da Bahia, as coberturas pedológicas que se desenvolvem em conjunto com este compartimento morfológico carregam consigo características importantes herdadas destes materiais de origem, principalmente relacionadas à granulometria e mineralogia dos solos gerados (FORTUNATO, 2004). Sendo o Barreiras, de forma geral, um complexo sedimentar mal-selecionado, mineralogicamente mais maduro e de granulometria predominantemente mais grossa, os solos derivados das pedogêneses deste material parental carregam muitas destas características em específico, associado com o restante dos fatores de formação, evidenciando ainda mais o controle sedimentar mineralógico, textural e de cor das coberturas (FORTUNATO, 2004).

Assemelhando-se a uma climossequência, por tratar-se de um trecho com decrescente gradiente pluviométrico, o transecto que parte do litoral em direção ao interior sobre os sedimentos do Barreiras não somente registra mudanças nas feições de relevo, que resultam em compartimentações dentro dos Tabuleiros Costeiros e Interioranos, como também nas coberturas pedológicas que se desenvolvem em conformidade com as condições ambientais atuais. Ao todo, seria possível identificar quatro ambientes morfopedológicos nos quais o recobrimento sedimentar do Grupo Barreiras dá origem a uma composição plural de formas e solos.

Num primeiro ambiente, mais próximo da costa, predomina uma morfologia dissecada, de entalhamento médio a forte (sendo raramente fraco), fruto da atuação de um clima quente e bastante úmido, com altimetrias variando de 50 a 90 metros. Nele, especificamente, sedimentos e fácies arenosas, areno-argilosas, argilitos e arenitos lamosos, bem como diamictitos ferruginosos, dão origem a Argissolos Amarelos nos topos convexos e ombros passando a Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos e Regolíticos de meia e baixa vertente, geralmente associados a maiores declividades com composições ainda mais arenosas e encerrando as vertentes com solos hidromórficos ou Argissolos Acinzentados próximos a Planícies Aluviais, geralmente mais largas e de fundo abaulado (SILVA et al., 2009).

Neste ambiente mais costeiro, frequentemente podem ocorrer ligeiras variações ou substituições no caso de Latossolos que ocupam posições cimeiras e de ombro, passando a Espodossolos de meia vertente e até de baixa vertente, a depender da configuração da vertente e da rede de drenagem. Uma situação semelhante foi encontrada em vertentes assimétricas estudadas na Reserva da Sapiroanga cortadas por um curso intermitente de primeira ordem de drenagem (ANDRADE, 2015; SANTANA, 2019; SANTANA et al., 2022; SOUSA, 2020).

Num segundo ambiente, ainda sob influência costeira, porém ligeiramente mais interiorano, predominam os Tabuleiros Remanescentes ou Dissecados sob clima ainda úmido que entalha fortemente o relevo em cotas altimétricas que variam de 90 a 115 metros sustentadas por litofácies de Diamictitos Cimentados, sedimentos areno-

argilosos e argilo-arenosos. Sobre eles, desenvolvem-se Argissolos Amarelos e Latossolos nos topos e ombros de vertente associados a Cambissolos e Neossolos de meia e baixa vertente, podendo também ocorrer Espodossolos nos setores mais de jusante. Há ainda a ocorrência de depressões fechadas de maior altitude fruto do entrecruzamento de falhas e controle litológico-neotectônico onde a pedogênese exibe Espodossolos e Argissolos Acinzentados (FORTUNATO, 2004; LIMA, 2018; SILVA et al., 2009).

Já em um terceiro ambiente, de clima úmido a sub-úmido predominam feições tabulares preservadas com topos planos, baixo grau de dissecação e entalhamento da drenagem, com altimetrias variando entre 115 e 155 metros. Sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, argilitos e arenitos lamosos bem como diamictitos cimentados ou não originam Argissolos e Latossolos Amarelos, Vermelho-Amarelos e até Vermelhos de topo e ombro muito mais frequentes que nos ambientes anteriores que transicionam para Cambissolos, Neossolos de média e baixa vertente (LIMA, 2018; SILVA et al., 2009). Também podem ocorrer Espodossolos em meia e baixa vertente, bem como Plintossolos. As depressões fechadas de variadas dimensões são recobertas por organizações pedológicas semelhantes às do ambiente anterior, predominando Espodossolos e Argissolos Acinzentados pela pedogênese e ambiente propício a fluxos verticais, associados ao aporte e lenta decomposição de material orgânico (SILVA et al., 2009).

No quarto e último ambiente, exibem-se os Tabuleiros Conservados, de localização interiorana, com altimetrias entre 170 a 230 metros sob clima sub-úmido a seco com baixos índices de dissecação do relevo e entalhamento. Sobre sedimentos arenosos, areno-argilosos e argilo-arenosos, arenitos lamosos, argilitos e diamictitos desenvolvem-se coberturas pedológicas de Argissolos (amarelos, acinzentados, vermelho-amarelos) e Latossolos (vermelho-amarelos, amarelos e vermelhos) no topo e ombro de vertentes seguidos dos usuais Cambissolos e Neossolos de parco desenvolvimento pedológico associados a maiores declividades e rejuvenescimento morfogenético (SILVA et al., 2009). A presença dos Espodossolos é percebida nos platôs rebaixados adjacentes aos topos planos, muito associado, segundo os estudos da

área, aos intercruzamento de falhas e zonas deprimidas (ANDRADE, 2018; FORTUNATO, 2004; LIMA, 2018).

O que realmente se faz notar é que os Tabuleiros Costeiros e as coberturas pedológicas que os compõem se desenvolvem sobre a diversidade de compartimentos faciológicos do Barreiras, de forma que influenciam sobremaneira em características morfológicas, morfométricas, susceptibilidade à dissecação e evolução da rede de drenagem e declividade, além de todos os atributos pedológicos derivados da ação pedogenética (FORTUNATO, 2004; SILVA et al., 2009).

### **3.3.2 Neotectônica e Gênese de Solos**

Com o período neotectônico tendo sido balizado como vigente do Neógeno em diante, mais precisamente a partir do Mioceno médio correlacionado à deposição do Grupo Barreiras, tem-se a ação de esforços de acomodação tectônica intraplaca na Plataforma Sulamericana, de sentido WNW-ESE. Tais esforços se caracterizam por uma neotectônica de caráter ressurgente, por serem aliviados ou atuarem principalmente transcorrentemente em fraturamentos, falhamentos, juntas e estruturas preexistentes no embasamento cristalino Pré-Cambriano (HASUI, 1990). Anteriormente a estes esforços transcorrente-compressivos, predominou uma tectônica de proporções globais com característica distensiva, principalmente pós-Cretáceo (FORTUNATO, 2004; HASUI, 1990).

Sendo de fundamental importância, além de um marco temporal importante sincrônico à deposição do Barreiras, a neotectônica imprimiu influência significativa, não somente na acomodação de tal complexo sedimentar, mas também no controle estrutural da drenagem, dissecação do relevo, gênese e evolução de solos e da paisagem como um todo. Padrões de drenagem que evidenciam controle estrutural são nítidos em uma área de recobrimento sedimentar que exhibe reflexos do estado litológico de controle subjacente na forma de trechos em arcos, cotovelos associados a padrões dendríticos, paralelos, retangular e treliça orientados relativamente de forma conjunta à direção

preferencial dos esforços regionais: NW-SE, W-E, NE-SW e N-S (HASUI, 1990; LIMA et al., 2014; LIMA, 2010; NUNES et al., 2011).

A Geologia do nordeste brasileiro é, de forma geral, marcada por sucessivos ciclos de reativação neotectônica ressurgente ocorrendo desde o Plioceno (HASUI, 1990; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011). Os falhamentos presentes, além de denotarem o forte controle estrutural subjacente, ainda parecem estar relacionados ao condicionamento destes padrões de drenagem e geometria de seus vales, mas também no controle de frentes de erosão e dissecação do relevo, morfogênese e pedogênese nos Tabuleiros Costeiros (FORTUNATO, 2004).

A geometria dos vales desses cursos de drenagem também se apresenta como um indicador da ação neotectônica sobre o Barreiras. Vales alargados, de talvegues pouco acentuados entulhados por sedimentos aluvionares demonstram estes compartimentos de paisagem como receptores de material fruto de acomodação oriunda de neotectonismo em escala local e regional (NUNES et al., 2011).

A assimetria morfológica (declividade, perfil) de vales, bem como diferenças na densidade de drenagem e prováveis inversões de curso apontam para uma significativa evidência de movimento e basculamento de blocos de origem neotectônica. Tais eventos acabam por reconfigurar o arranjo da paisagem, estimulando uma readaptação condicionada da rede de drenagem com controle estrutural, redirecionando fluxos e morfogênese, além da pedogênese diferencial das coberturas pedológicas (FORTUNATO, 2004).

Considerando os falhamentos, juntas e fraturas como evidências marcantes de neotectonismo de modalidade rúptil, são elas parte de um conjunto que influencia sobremaneira na evolução da paisagem em um momento pós-deposicional. Fruto dos esforços principalmente sincrônicos à deposição, estruturas dúcteis também são reportadas, ainda que em menor frequência, ocorrência e detalhe. Delas, destacam-se principalmente as estruturas de liquefação muito associadas a conglomerados faciológicos, estruturas de fluidificação no contato entre litofácies adjacentes oriundas

do arraste, alteração e esmagamento dos sedimentos gerado pelo esforço tectônico (LIMA, 2006, 2010).

Em muitos casos, observa-se, como no sul de Sergipe e norte da Bahia, sequências sinclinais-anticlinais como registro dos esforços sincro-deposicionais que resultaram em sistemas de dobramentos dúcteis fruto de intensa atividade neotectônica sobre estes sedimentos. Associados a elas, mais superficialmente, observam-se também liquefações, fluidificações de rejeitos, bem como falhamentos e juntas nas camadas superiores em etapas pós-deposicionais (LIMA, 2006; LIMA et al., 2014).

Dessa forma, a gênese das coberturas pedológicas e sua evolução, em alguns casos, responde à conformação estrutural da paisagem, controlando e preferencializando fluxos superficiais de drenagem, fluxos subsuperficiais de percolação e infiltração, frentes de erosão e morfogênese, visto que a água é simultaneamente responsável pelos processos de alteração e transformação lateral e horizontal da cobertura pedológica e evolução relevo. Neste sentido, a natureza do material de origem, sua orientação, mergulho e arranjo das camadas sedimentares, falhamentos, basculamentos e lineamentos estruturais são aspectos de fundamental importância para o entendimento da evolução pedomorfogenética da paisagem, principalmente em um complexo ambiente sedimentar neotectonicamente influenciado (NUNES et al., 2011; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; QUEIROZ NETO, 2002).

### 3.4 GÊNESE E EVOLUÇÃO DE SOLOS E RELEVO NOS TABULEIROS COSTEIROS

Levando em consideração o ponto de partida pedogenético dos solos que se desenvolvem nos Tabuleiros Costeiros como o de um complexo sedimentar mal selecionado, de granulometria predominantemente mais grosseira, pré-intemperizada e relativamente madura em termos mineralógicos, seus solos oriundos, quando formados, já possuem certa maturidade pedológica e mineral evidenciada no controle sedimentar do material de origem (FORTUNATO, 2004; NUNES et al., 2011).

Tendo origem predominantemente terrígena, adicionada a contribuições de deposição marinha, a pluralidade granulométrica não necessariamente se reflete em uma ampla variedade mineralógica composicional. Os sedimentos do Grupo Barreiras, de forma geral, em suas litofácies, apresentam predominância de caulinita, quartzo, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com alguma presença menos frequente e rara de minerais pesados e residuais como a ilmenita, turmalina, granada e zircão (GARCIA, 2015; NUNES et al., 2011).

Sendo assim, a gênese dos solos nos Tabuleiros Costeiros que se desenvolvem sobre as litofácies do Grupo Barreiras dá-se em materiais minerais de relativa estabilidade com as condições pedobioclimáticas vigentes. Os processos pedogenéticos atuantes na paisagem são responsáveis por alterar a parcela pequena de minerais primários do pacote sedimentar pré-intemperizado do Barreiras, organizar e reorganizar as relações plasma-esqueleto, além de transformar a cobertura segundo as condições pedobiogeoquímicas locais (ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2002).

Num contexto marcado por uma neotectônica ressurgente atuante durante e após a sua deposição, corresponsável pela reconfiguração relativamente uniformizada do relevo sedimentar tabular, os cursos d'água executam trocas e transferências de matéria e energia sob um evidente e nítido controle estrutural que condiciona a instalação da rede de drenagem e seus fluxos confluentes ou divergentes (HASUI, 1990; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; QUEIROZ NETO, 2011). Neste sentido, esta instalação, consolidação e evolução da rede de drenagem se constitui enquanto elemento fundamental, visto que a água é, tanto agente responsável pelas transformações e diferenciações internas entre os volumes constituintes da cobertura pedológica através dos fluxos de infiltração e percolação, como também de esculturação e dissecação do relevo, desde o nível da vertente até a escala regional (QUEIROZ NETO, 2002, 2011).

Assim, o funcionamento hídrico da cobertura pedológica *a priori* homogeneizada, assim como das vertentes, é resultado da dissecação executada pelo desenvolvimento da rede de drenagem no hiato deposicional do Grupo Barreiras, durante o Tortoniano. Principalmente ao longo do Quarternário, ela dissecou a superfície sub-horizontalizada

resultante dos ciclos deposicionais e tectônicos, gerando feições mais convexizadas dissecadas costeiras em concordância com as condições mais quentes e úmidas sob Floresta Ombrófila Densa. Interior adentro, com a diminuição dos totais de precipitação, umidade e alteração na fitofisionomia vegetal, encontra-se uma rede hidrográfica menos densa e desenvolvida que disseca de forma menos intensa os Tabuleiros Costeiros na forma de suas feições mais preservadas, ainda que também controlada por uma tectônica ressurgente subjacente ao Grupo Barreiras (LIMA, 2018; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011; SILVA et al., 2009).

Neste sentido, em diferentes compassos evolutivos guiados por processos em ambientes distintos dentro do domínio geomorfológico dos Tabuleiros Costeiros, os compartimentos preservados mais interioranos e dissecados costeiros evoluem segundo uma conjunção entre a influência morfoestrutural de controle, a ação morfoescultural e os processos pedogenéticos que se desenvolvem nas coberturas pedológicas que recobrem e dão forma aos Tabuleiros Costeiros.

Tais processos são de fundamental importância, pois envolvem mecanismos de adição, subtração, translocação e transformação de componentes orgânicos e minerais constituintes dos horizontes do solo. Quaisquer alterações nas composições, no arranjo e nas proporções em escala atômica e mineral acabam por reverberar em processos pedológicos que se rebatem na conformação das vertentes e do modelado do compartimento de relevo, numa relação de influência recíproca entre solos e relevo evoluindo de forma solidária, equilibrada e interpenetrada (BOULET et al., 2016; ESPINDOLA, 2010; KER et al., 2012; QUEIROZ NETO, 2011).

As coberturas pedológicas avermelhadas parecem ter se desenvolvido a partir dos arenitos lamosos conglomeráticos ferruginosos sob condições mais secas, de boa drenagem e infiltração, baixa residência da água nos volumes pedológicos, favorecendo a formação e estabilidade da hematita como espécie mineral predominante. Na evolução do relevo, passagem a um clima mais úmido, instalação e amadurecimento da rede de drenagem associada à dissecação dos Tabuleiros Costeiros em vertentes convexas, junto à reconfiguração dos fluxos superficiais e subsuperficiais, a influência do lençol freático

e maior tempo de residência da água acabam por instabilizar a hematita e favorecer a formação de goethita, constituindo um quadro de xantização da cobertura pedológica (NUNES et al., 2019).

Sob estas condições mais secas que favoreceram a formação das coberturas avermelhadas, a variação sazonal da umidade pode refletir na amplitude freática dentro da cobertura pedológica e alcance das reações de oxi-redução do ferro presentes na estrutura dos minerais que são remobilizados e passam a se conjugar entre si por ligação metálica, desassociados da matriz arenosa e caulínica primeiramente na forma de manchas plínticas e a posteriori em nódulos e até mesmo couraças de desenvolvimento horizontalizado (PEDRO; MELFI, 1983).

Tais feições encouraçadas são registros de cenários paleoclimáticos distintos da condição atual e, por este contraste, apresentam-se em potencial desequilíbrio com o meio atualmente vigente mais úmido e bem distribuído e que diseca os Tabuleiros Costeiros. A frequente ocorrência das feições lateríticas na base de perfis latossólicos aponta para uma degradação destas couraças com reconfiguração das relações plasma-esqueleto na forma de uma nova mescla dos óxidos -anteriormente segregados por processos oxi-redox e desenvolvidos por concrecionamento- à matriz, geralmente caulínico-quartzosa (BOULET et al., 2016; TARDY; NAHON, 1985).

Neste sentido, o histórico paleoclimático se constitui num arcabouço teórico de fundamental importância visto que, como herança e acúmulo de processos de diferentes temporalidades, escalas e extensões espaciais que registram mais ou menos intensamente sua permanência através das paleofeições, a paisagem é, em suma, o resultado das interações entre os elementos constituintes e os paleoprocessos que os guiam em sua evolução por um sensível equilíbrio dinâmico objetivando equilibrar-se concordantemente com as condições ambientais vigentes (AB'SABER, 2003; BERTRAND; TRICART, 1968; NAKASHIMA et al., 2017).

Nos Tabuleiros Costeiros do Grupo Barreiras, por se tratar de uma transição paleoclimática de clima regional mais seco -dominante inclusive no período de

deposição do Grupo Barreiras- para o clima úmido atual, as feições lateríticas ferruginosas, endurecidas ou não, tendem a se apresentar em transformação para um quadro de encerramento da segregação ferro-matriz, resultando na decomposição destas couraças, fácies concrecionárias ou plínticas. Analogamente, também durante o Quaternário, a passagem de um clima úmido para um clima mais seco nas regiões encouraçadas africanas pode estar fomentando o desenvolvimento dos processos lateríticos de concrecionamento e encouraçamento da cobertura pedológica (BOULET et al., 2016).

Portanto, assumindo posições de cimeira nos compartimentos geomorfológicos dos Tabuleiros Costeiros e sendo um obstáculo real tanto mecânico quanto geoquímico para a erosão e para a alteração mineral, as couraças ferruginosas são fruto de processos pedogenéticos de mobilização e redistribuição do ferro ao longo das coberturas pedológicas que influenciam sobremaneira na conformação do relevo. A manutenção do aspecto mais tabular presente nos Tabuleiros Costeiros Preservados certamente está relacionada à presença das couraças na cobertura pedológica e a dissecação do relevo evolui através do controle estrutural e dos lineamentos que encaixam a rede de drenagem responsável pela morfopedogênese da cobertura e formas do relevo.

Assim, mutuamente fruto e agente ativo da evolução da paisagem, os processos pedogenéticos devem ser identificados com cuidado e clareza buscando entender as transformações as quais estão submetidas as coberturas pedológicas e os rebatimentos que estes podem causar nos modelados das vertentes e, por conseguinte, na escala de evolução local e regional.

### **3.4.1 Laterização**

A Laterização se constitui enquanto um processo que, imbricado às condições climáticas, morfológicas e temporais necessárias, resulta na formação de Lateritas. Desenvolve-se em determinadas condições de precipitação (total e de distribuição anual), temperatura, sazonalidade e particularidades composicionais do material de origem que confluem para sua ampla ocorrência de gênese na faixa tropical. Por serem

fruto de processos poligênicos de formação e degradação, podem apresentar-se preservadas fora da zona tropical ou, com frequência, completamente alteradas devido à evolução dinâmica em concordância com as novas condições ambientais e fisiográficas em que estão inseridas (TARDY et al., 1993).

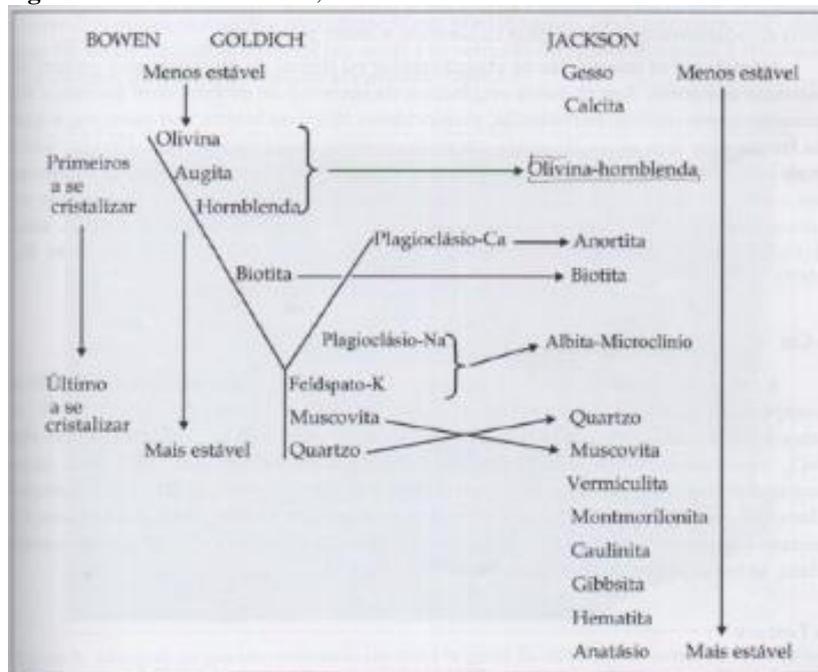
Sob condições climáticas tropicais zonais em conjunto com a configuração particularizada da paisagem em escala local e regional, o processo de laterização conduz a transformação dos compostos minerais do material de origem em direção a uma paragênese mineral pouco diversa constituída predominantemente por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, juntamente a uma significativa participação da caulinita nesta composição. Dessa forma, têm-se, como resultado final, o desenvolvimento de produtos lateríticos que evidenciam uma pedogênese de natureza ferralítica operando nestas condições pelo do processo de Laterização. Neste sentido, outros processos associados de alitização e monossilatização também se destacam como os geradores de estruturas com boa estabilidade mineral nestes ambientes (ESPINDOLA, 2010; PEDRO; MELFI, 1983; THOMAS, 1994).

Assim, as Lateritas, enquanto resultado de processos de Laterização, se constituem como produtos finais estáveis do processo caracteristicamente tropical de intemperismo mineral resultado de uma pedogênese ferralítica, a qual favorece a depleção da sílica da estrutura interna dos minerais, desfavorecendo a estabilidade de estruturas primárias e bissilicadas, devido ao grau de agressividade e intensidade do ataque intempérico nestas estruturas enquanto, noutro lado, favorece-se a estabilidade de estruturas oxídicas e alitizadas (THOMAS, 1994). Seus componentes principais estão retratados nos minerais formados mais estáveis das Séries de Goldich e Bowen e da fração argila de Jackson, como mostrado na figura 10.

Primordialmente reconhecido como material útil à construção civil quando seco, as Lateritas inicialmente associaram-se aos volumes pedológicos bem intemperizados ligados à presença do ferro em sua forma oxídica, notadamente a hematita, que confere a coloração avermelhada viva. Diversas são as menções na literatura e estudos que

citam o uso amplo deste material para propósitos construtivos e culturais (REGO, 2021).

**Figura 10** - Séries de Bowen, Goldich e Jackson de estabilidade mineral.



Fonte: KER et al., 2012.

Entretanto, se tratando de um processo que leva a um afunilamento intempérico pela redução da variedade de espécies minerais bastante estáveis e de alto grau de alteração, pode-se incluir também dentro do grande grupo de Lateritas as acumulações de elementos residuais em solos, predominantemente alumínicas, conhecidas como bauxíticas, e também férricas, tais como o ferricrete. Ainda neste sentido, de acordo com a sua composição mineralógica, as Lateritas podem ser classificadas segundo algumas propostas que levam em consideração a proporção de seus principais componentes mais frequentes: ferruginosas, alumínicas e até silíceas (TARDY et al., 1993; THOMAS, 1994). Tais propostas levaram a uma interpretação equivocada do conceito de Laterita enquanto conceito impreciso, quando na verdade o que se observa é uma ampliação dos limites conceituais tradicionais deste conceito, visto que o processo pelo qual resulta sua formação requer maior robustez e precisão conceitual, muito associada à diversidade dos produtos gerados, sua composição e natureza dos processos.

Sua formação, muito associada às condições tropicais úmidas sazonais com limiares térmicos e pluviométricos flexíveis, tem em comum a estabilidade relativa deste clima úmido e quente capaz de alterar a composição primária e secundária mais vulnerável dos minerais, o que leva a uma paragênese mineral oxídico-caulinítica, predominantemente ferro-alumínica sob um determinado material de origem, sendo frequentemente encontrada nos continentes americano, africano, na Austrália, Índia e Sudeste Asiático (ESPINDOLA, 2010; TARDY et al., 1993; THOMAS, 1994). É importante a noção de que nem sempre as Lateritas ou as paleofeições lateríticas são registro fiel pétreo do momento em que foram geradas, afinal a poligenia e a constante transformação e reconfiguração dos seus componentes sob diversos ciclos pedogenéticos, morfogenéticos e bioclimáticos pode equivocar a análise (ESPINDOLA, 2010).

Podem portanto apresentar-se de duas formas distintas: como lateritas friáveis ou como lateritas concrecionárias. São conversíveis uma-noutra, dotadas de organização plasma-esqueleto em ambiente de solo distintas, na qual o fator determinante para a sua expressão é o comportamento geoquímico dos seus constituintes. Quando observa-se um quadro de mescla de seus componentes, sem segregação, com homogeneidade, direciona-se a evolução da cobertura pedológica para a formação de lateritas friáveis tais como os Latossolos e Argissolos, onde as relações ferro-argila mantêm-se estáveis, com revolvimento biológico e desenvolvimento de estruturas pedológicas maduras por pedoplasmação (PEDRO; MELFI, 1983).

Na formação de lateritas concrecionárias, se processa a dissociação das ligações ferro-argilas (caulinita e outros minerais presentes nesta fração) através da ação freática na geração de uma zona anóxica oscilatória momentaneamente saturada por água, induz-se a redução do elemento ferro, solubilizando-o. Migrando em solução, o ferro busca a reprecipitação na forma oxidada nas zonas aeradas onde cede elétrons para o oxigênio, formando espécies minerais como a hematita ou a goethita, a depender do ambiente de formação. O amadurecimento repetitivo deste processo tende a formar heterogeneidades na massa do solo que refletem num rompimento das ligações ferro-argila, ligando agora compostos férricos entre si por ligação metálica (PEDRO; MELFI, 1983).

Além deste mecanismo operado pelo nível freático, outra modalidade de dissociação do ferro na matriz do solo pode se processar por Xerólise (CHAUSSIDON; PEDRO, 1979 apud PEDRO; MELFI, 1983). Nela, que ocorre principalmente em zonas tropicais com estações muito contrastantes, as coberturas pedológicas são submetidas a uma condição ultra-árida nas estações secas, que leva a uma intensa absorção de água na superfície desidratada dos minerais secundários, capaz de dissociar o ferro através da liberação de prótons. Em seguida, com a variação da umidade pela sazonalidade, os íons de ferro dissociados difundem-se para as zonas ligeiramente mais úmidas e costumam oxidar em zonas mais secas, concretizando o aspecto heterogêneo que reflete a segregação das relações ferro-argila na matriz do solo (PEDRO; MELFI, 1983).

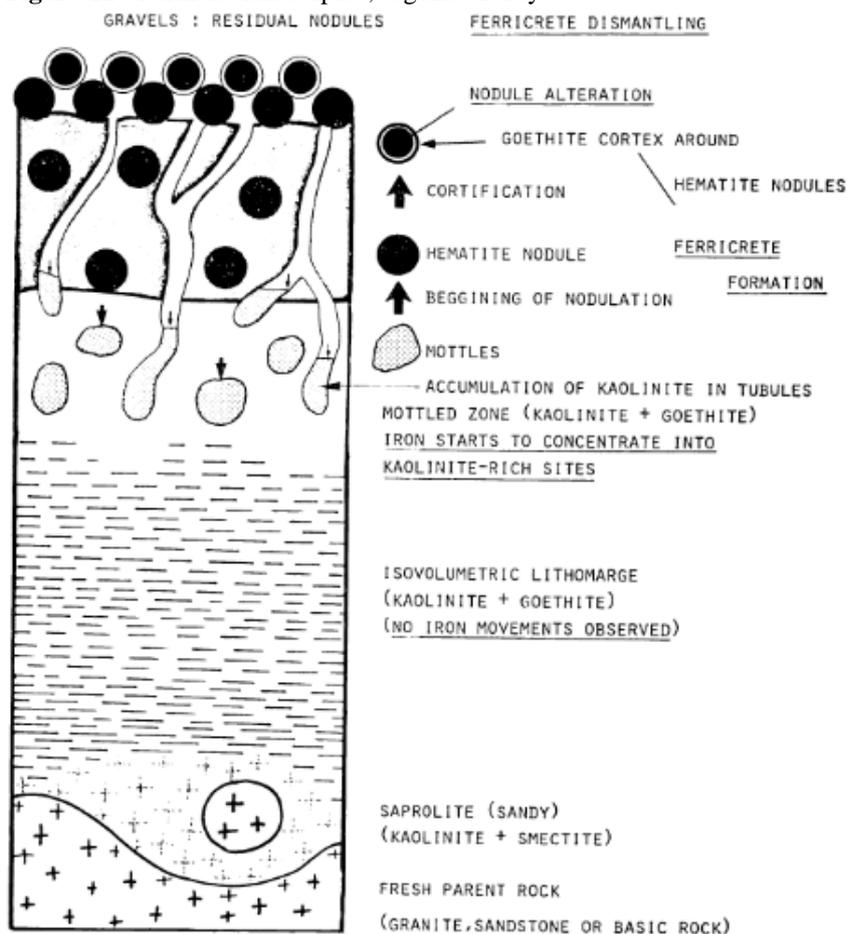
Com o desenrolar destes mecanismos no solo, motivados até certo ponto pelas condições climáticas e ambientais, tem-se o gradual amadurecimento das feições lateríticas de segregação férrica. *A priori* sob a forma de zonas mosqueadas e plintita, o processo evolui através de mecanismos concrecionários centrípetas até a formação de nódulos e carapaças, que podem continuar a evoluir e coalescer formando uma estrutura ferruginosa, maciça e horizontalizada como a de uma couraça (TARDY et al., 1993).

Dessa forma, o que se percebe nos processos de laterização que levam à geração dos ferricretes é uma conjunção de fatores ambientais que, associados e endossados por uma estabilidade climática sobre o material de origem, culminam gradativamente em feições lateríticas de diferentes graus evolutivos. Neste sentido, o perfil laterítico típico (figura 10), que não encerra possibilidades que estejam fora do representado, se constitui enquanto um importante norteador da compreensão dos processos de formação e transformação de lateritas, em sua complexidade faciológica. A discussão e concepção, adotada neste trabalho, tem como referencial teórico e conceitual segundo o concebido por Tardy et al. (1993) enquanto esquema teórico e conceitual.

Subjacente ao manto de alteração, o material de origem atua como ponto de partida sobre o qual os processos de intemperismo e pedogênese tomarão início, se constituindo na reserva mineral estrutural de elementos que, depois de intemperizados, serão liberados para compor novas estruturas secundárias minerais componentes do solo. A

formação de um ferricrete ferruginoso não se dá exclusivamente sobre materiais máficos ou ultra-máficos, visto que o ferro necessário para os processos de segregação e desenvolvimento pode se acumular de forma absoluta ou relativa, em conformidade com as condições e o funcionamento da paisagem. Assim, no caso da formação destas lateritas, atua como reserva mineral a ser intemperizada no front de alteração/intemperismo e substrato pedológico.

**Figura 11** - Perfil laterítico típico, segundo Tardy.



Fonte: TARDY; NAHON, 1985.

Mais acima, no regolito, mas ainda numa zona de franca alteração primária do material de origem, o saprólito ou alterita pode ser subdividido em duas porções morfológicamente semelhantes, porém estruturalmente distintas: isoalterita e aloalterita. A isoalterita se posiciona na parte mais basal do saprólito, bem próximo ao front de alteração, sendo um material recém intemperizado, a tal ponto de ainda guardar estrutura e composição muito semelhantes do material de origem. Nela, são evidentes

estruturas do tipo *box-work*, nas quais percebe-se um notável pseudomorfismo a partir do intemperismo incipiente que ocorre ainda nos contornos e estruturas inerentes do material de origem, dando um aspecto levemente homogêneo com perda de volume pelo desenvolvimento de porosidade num material granulometricamente mais grosseiro (NAHON, 1986; TARDY; NAHON, 1985).

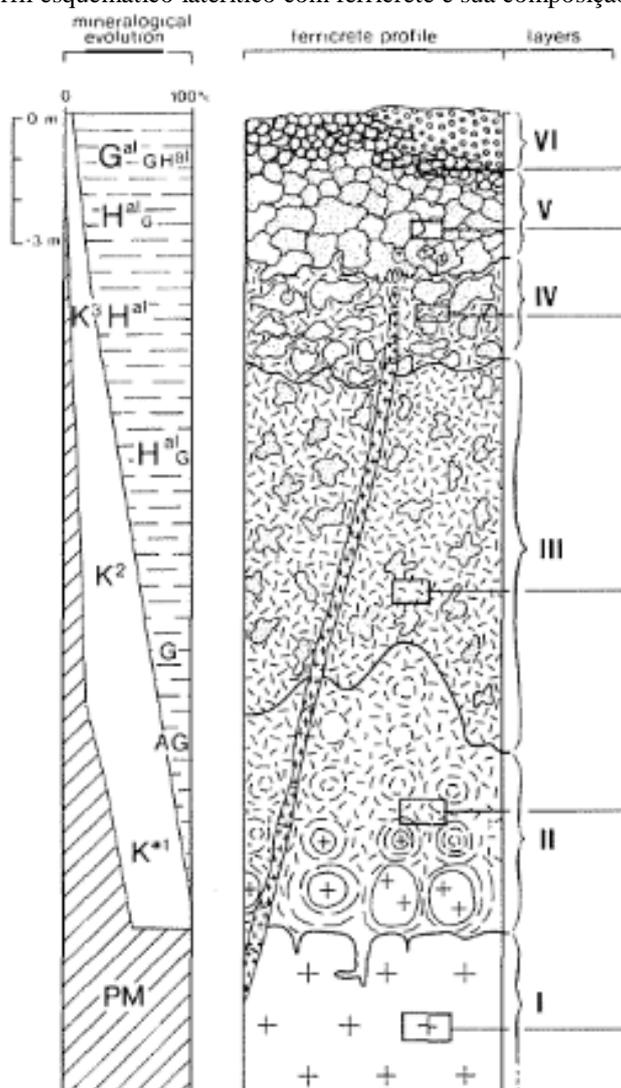
Na aloalterita tem-se um material mais fino, mais distante do front de intemperismo, ainda que em zona de franca alteração primária e contato com a rocha na qual já não são mais discerníveis estruturas preservadas do material de origem (*box-works*). Nesta altura, os processos de pedoplasmação, remobilizações, redistribuições, lixiviações e concentrações acabam por extinguir grande parte das estruturas pseudomorfizadas, conferindo um aspecto mais homogêneo. Tanto na aloalterita quanto na isoalterita ocorrem importantes transformações mineralógicas de decomposição de estruturas primárias instabilizadas em estruturas pedogênicas secundárias mais e menos estáveis em ambiente de solo (TARDY; NAHON, 1985).

Já constituindo do *solum*, a zona mosqueada se caracteriza por integrar, frequentemente, volumes mais pedogeneticamente desenvolvidos devido ao avanço da pedoplasmação, uma mineralogia mais intemperizada na forma de uma assembleia caulínico-oxídica, sem estruturas reliquiaes da rocha. Fruto dos processos de segregação do ferro por variação de Eh, ou seja, variações oxi-redox, seguidos de remobilização e reprecipitação por nova variação Eh, as zonas plínticas apresentam aspecto mosqueado, ou levemente manchado, associado a feições nodulares macias ferruginosas a depender do grau de desenvolvimento dos processos.

Constituem as etapas iniciais de formação de lateritas segregadas não friáveis, podendo este processo ser abortado a qualquer altura desde que as condições pedogeobioquímicas sejam alteradas (TARDY; NAHON, 1985). A figura 12 ilustra as proporções entre as estruturas que compõem a assembleia mineral em um manto de intemperismo laterítico, principalmente no *solum*, que evolui por formação de um ferricrete.

Com o prosseguimento dos processos de migração e reprecipitação do ferro, o horizonte mosqueado (III) tende a se diferenciar de forma ainda mais intensa, evoluindo para uma configuração de nódulos (horizonte IV) cada vez mais desenvolvidos e consistentes que se cristalizam centrípetaamente nos poros do solo por ligação metálica e refletem a reorganização mineralógica das proporções entre os óxidos de ferro (cada vez mais bem cristalizados e concentrados) e a matriz caulínica (que perde cristalinidade e tem participação reduzida pela acumulação do ferro) (NAHON, 1986; TARDY et al., 1993; TARDY; NAHON, 1985).

**Figura 12** – Perfil esquemático laterítico com ferricrete e sua composição mineralógica.



Fonte: NAHON, 1986.

Associado cada vez mais à sua significativa gênese e amadurecimento, a formação dos nódulos hematíticos, com a reprecipitação do ferro sob a forma dos óxidos-hidróxidos, oxida o elemento ferro pelas novas condições de Eh e libera prótons capazes de alterar quimicamente e decompor as estruturas caulíníticas proximais. Dessa forma, tem-se evidente um processo de epigenia mineral a partir do qual a reprecipitação e amadurecimento dos nódulos férricos, por mecanismos concrecionários centrípetos na porosidade do solo, degrada as caulinitas presentes na matriz, que podem vir a ser recristalizadas e acumuladas mais abaixo do perfil (NAHON, 1986).

Mais acima, no contato entre o horizonte mosqueado e a couraça ferruginosa, frequentemente se encontra uma zona de intensificação dos processos de acreção ferruginosa pelo concrecionamento centrípeta, associado à epigenia mineral, que proporciona um acúmulo ainda maior dos óxidos de ferro na composição do solo em detrimento da instabilização da caulinita. Neste *locus* (horizonte IV), há predominância de feições nodulares maduras, podendo assumir aspecto maciço e até a forma de carapaças com maior dimensão, endurecimento e evolução do processo de concreção em meio à matriz de solo (NAHON, 1986; TARDY et al., 1993; TARDY; NAHON, 1985).

A couraça/canga se desenvolve logo acima (horizonte V), a partir da gradual intensificação e estabilidade de condições para a contínua acreção e desenvolvimento das fácies nodulares e carapaça, de forma que seu crescimento mineral centrípeta atinja tal ponto de coalescer com outras semelhantes próximas, produzindo uma continuidade vertical mas sobretudo horizontal sob a forma de pisólitos. Nela, pelo processo de concrecionamento e cimentação executada pelos óxidos de ferro, a matriz do solo é composta pelos próprios sesquióxidos férricos e/ou aluminosos cimentantes, uma reduzida parcela caulínítica e uma rara parcela de minerais primários ou secundários menos intemperizados. Decorre deste processo de formação um aspecto pseudoconglomerático da couraça em virtude da cimentação da matriz anterior à ferruginização que concreciona componentes de diferentes tamanhos e características (NAHON, 1986; TARDY et al., 1993; TARDY; NAHON, 1985).

Acima da couraça ou canga, pode ocorrer um horizonte de dismantelamento (horizonte VI) onde predominam processos de desagregação e decomposição da couraça subjacente. Este processo ocorre particularmente quando se trata de paleocangas submetidas a um novo arranjo pedobioclimático e é constituído majoritariamente por fragmentos ferruginosos pisolíticos em degradação e nodulares desconectados pela matriz ferruginosa cimentante, já degradada por nova ação pedogenética (PEDRO; MELFI, 1983; TARDY et al., 1993; TARDY; NAHON, 1985). Através desta alteração, uma nova laterita friável, de ligações ferro argila conjugadas -e não mais segregadas- pode se formar pela perda do cimento ferruginoso na forma de Latossolos ou Argissolos de composição ferralítica, geralmente bastante desenvolvidos e intemperizados, que podem carregar paleofeições lateríticas reliquiaes de couraça e plintização (QUEIROZ NETO, 2002).

Ainda que numa perspectiva verticalizada, utilizando o perfil como unidade básica de observação e organização, o perfil laterítico clássico elucidava importantes etapas sequenciais de formação das fácies que o compõem. Nele, a formação do ferricrete é tradicionalmente entendida como de baixo para cima, a partir do material de origem. De forma análoga, sua degradação/alteração seria oriunda das porções mais superiores do material encouraçado, ambas por mecanismos pedológicos importantes de segregação férrica, concrecionamento e instabilização mineral seguida de mescla por nova pedogênese, respectivamente (TARDY; NAHON, 1985).

Contudo, alterando a unidade de observação e considerando os solos enquanto coberturas contínuas na paisagem, dotadas de lateralidade e continuidade morfológica, processual e evolutiva, tanto a formação quanto a transformação dos ferricretes são sujeitos a uma lateralidade que é imbricada à natureza contínua das coberturas pedológicas (BOULET, 1993; NAKASHIMA et al., 2017; QUEIROZ NETO, 2002).

Assim, é importante ressaltar que diferentemente da forma esquemática representada no perfil laterítico típico, a evolução de ferricretes pode se dar lateralmente, inclusive com mecanismos de decomposição basal, e não necessariamente formação. O que de fato parece controlar esta dinâmica são as condições ambientais e paleoambientais que

incidem sobre os solos e principalmente a natureza do próprio objeto (contínua, tridimensional, corpo integrado), bem como sua interconexão com outros elementos que fazem com que formações, neoformações, transformações e decomposições possam ocorrer em diversos setores e posições da paisagem no processo de autodesenvolvimento solidário (ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2002).

Necessária à formação tanto de um perfil laterítico friável, quanto à de lateritas não-friáveis maciças, a presença do ferro nos materiais de origem é indispensável no caso dos ferricretes formados por fonte autóctone. Agente cimentante responsável por seu processo de concrecionamento, o ferro oriundo dos primeiros processos de decomposição de minerais mais máficos se combina com o oxigênio no processo de oxidação que, em condições mais hidratadas tende a gerar a goethita, enquanto em condições mais aeradas e de menor permanência da água, tende a gerar hematita. A priori, os perfis lateríticos com ferricrete somente se formariam sobre materiais de origem compostos de minerais máficos (NAHON, 1986).

No entanto, considerando a paisagem como um sistema interconectado, dinâmico, em constante evolução e dotada de fluxos de matéria e energia na qual se superpõem diversos ciclos não-fechados de natureza pedogenética, climática, morfológica e tectônica, estes processos se caracterizam como importantes mecanismos de redistribuição de matéria ao longo de compartimentos regionais e vertentes. Assim, o desmonte de coberturas de antigas superfícies de aplainamento gera redistribuições composicionais importantes operadas pelos diversos agentes e formas de transporte que podem levar a acumulações absolutas e/ou relativas de determinado elemento ou mineral na paisagem, sendo o ponto de partida para a superposição de novo ciclo pedogênico (BERTRAND; TRICART, 1968; ESPINDOLA, 2010).

Embora em muitos casos os ferricretes se desenvolvam de forma intimamente relacionada à composição mineralógica do material de origem, fazendo parecer ser uma condição obrigatória para sua existência como propôs Nahon (1986), observa-se com frequência que muitos dos solos encontrados não se formam a partir da relação direta com o material de origem subjacente, sendo oriundos de materiais de outras porções da

vertente, da bacia hidrográfica ou dos compartimentos regionais (ESPINDOLA, 2010). Contudo, é inegável a influência decisiva que a composição do solo e seus processos têm relação muito imbricada, inclusive na formação de lateritas não-friáveis, sejam elas alumínicas, férricas ou silícicas (THOMAS, 1994).

Considerou-se também, a priori, que a formação de ferricretes seria oriunda de um processo de natureza geológica (QUEIROZ NETO, 1969 apud ESPINDOLA, 2010). No entanto, a evidente natureza pedológica dos microprocessos de segregação, mobilização, reprecipitação e concrecionamento que originam a formação das lateritas não-friáveis não deixam dúvidas acerca do caráter pedogenético de sua gênese e evolução nos ambientes tropicais (PEDRO; MELFI, 1983; TARDY et al., 1993; TARDY; NAHON, 1985).

Da mesma forma, couraças ferruginosas podem se constituir enquanto etapas intermediárias do intemperismo não apenas dos materiais de origem sob diferentes paleoclimas, mas também sobre diferentes tipos de rocha, especialmente as mais máficas. Nelas, o ferricrete é gerado de forma direta pela alteração de basaltos, passando posteriormente a lateritas friáveis, oxídicas e ferralíticas a posteriori pela degradação da couraça que a precedeu (QUEIROZ NETO, 2002). Contudo, esta perspectiva que a trata como etapa intermediária à formação do solo a partir de sua degradação deve ser considerada com cautela, visto que o que observa-se são pedogêneses justapostas, superpostas e transpostas nos diversos processos de estruturação, esculturação e evolução da paisagem como um todo.

Frequentemente ocupando posições cimeiras na paisagem, sob elevadas altimetrias nas diversas superfícies de aplainamento que remetem a paleosuperfícies, as coberturas lateríticas se apresentam como bastante estáveis nestas antigas superfícies de aplainamento possuindo função predominantemente exportadora a partir dos processos de alteração e perda de seus constituintes por retrabalhamento morfológico (ESPINDOLA, 2010). Dessa forma, seus constituintes minerais são exportados para outras posições nos compartimentos morfológicos regionais, integrando-se a novas

pedogêneses daquele ambiente, sob a forma de alúvio e/ou colúvio, participando de forma ativa dos processos de formação do solo naquele compartimento.

É neste sentido que a degradação de paleolateritas de cimeira em antigas superfícies de aplainamento retrabalhadas pode remobilizar componentes pedológicos (seja em solução, por desagregação e posterior alteração noutro compartimento) e, assim, propiciar uma acumulação absoluta de óxidos de ferro, alumínio ou sílica em outros compartimentos da paisagem regional. A recepção deste material acaba por elevar em termos absolutos sua concentração na composição solo, que submetida aos processos específicos de gênese, pode culminar na formação de outras lateritas em posições mais rebaixadas a partir do dismantelo das anteriores. Ainda que em diversas posições de um mesmo compartimento de paisagem, há a possibilidade de desagregações e formações. Portanto, a formação de lateritas também pode ser entendida como um mecanismo cíclico, não-fechado, que gera feições lateríticas de diferentes idades em diferentes posições da paisagem regional, provavelmente geneticamente vinculadas (MONTEIRO, H., 2011).

De forma análoga, acumulações de natureza relativa podem se processar sem o aporte de material oriundo de outras coberturas e conseqüente elevação de sua concentração no solo. Processos internos de epigenia mineral, por exemplo, podem atacar seletivamente o balanço geoquímico do solo pela de degradação de certas frações ou espécies minerais com conseqüente formação de outras. A dinâmica de lençol nos processos de gleização, por exemplo, remobiliza e até carrega o ferro para fora do sistema solo por drenagem, deixando, como minerais residuais, os pouco solúveis e estáveis em condições saturadas, como os hidróxidos de alumínio. Assim, pelo ataque seletivo, tem-se a concentração de uma determinada estrutura mineral em relação a outra/outras por ação de processos pedogenéticos.

Uma das principais formas de instabilização e conseqüente transformação de ferricretes maciços se dá por ação geoquímica, visto que se mostram como verdadeiras feições resistentes à ação mecânica de desagregação, preservando feições morfológicas na paisagem, atuando como armaduras desta (BOULET et al., 2016). Dentro das

possibilidades de transformação por via geoquímica, a ação de dismantelamento do ferricrete por hidromorfismo e gleização, promovido por lençol freático, se apresenta como um sistema de transformação onde percebe-se a passagem de uma cobertura laterítica avermelhada e/ou amarelada argilosa para outra mais embranquecida e arenosa. Neste processo, pelo processo de hidromorfismo e variação das condições Eh, observa-se a reconfiguração das relações ferro-argila num corpo maciço cimentado por óxidos de ferro. O resultado que se obtém é o seguinte:

O sistema hidromórfico apresenta-se sob a forma de uma língua que aflora a jusante e se aprofunda na vertente a montante; forma-se em detrimento dos dois sistemas precedentes e do manto de alteração, recortando a transição solo-alterita a montante e o sistema couraçado a jusante. De montante a jusante, observa-se inicialmente uma sucessão de transformações com limites embutidos caracterizados por um embranquecimento e pela aquisição de uma textura cada vez mais arenosa. (...)

(BOULET et al., 2016; p.12).

Através deste processo, fica evidente um cenário de reorganização da cobertura pedológica com depleção das frações finas do solo, o que leva a arenização e remobilização destes constituintes mais finos por funcionamento hídrico interno, sendo frequentemente dissolvidos e eliminados por drenagem. O dismantelo da couraça por depleção das frações mais finas que formam o seu cimento preserva como resíduo areias hidromórficas acinzentadas ou esbranquiçadas constituintes do paleoesqueleto do ferricrete, comumente entendido como pseudoconglomerático, agora mais inconsolidado pela perda significativa de argila: o ferro é exportado enquanto as argilas são destruídas. Porções caulínico-smectíticas tendem a se acumular mais a jusante sob a forma de línguas superpostas, provavelmente resultado de processos de neoformação, enquanto o relevo sofre rebaixamento geoquímico por perda volumétrica (BOULET et al., 2016; QUEIROZ NETO, 2002).

Noutra situação, o ferricrete se dismantela por ação das águas de percolação em condição climática mais úmida, que instabiliza sua permanência na paisagem; Neste processo, a instabilização do cimento hematítico, primeiramente pela formação de um córtex goethítico de alteração, fragmenta a couraça em porções menores e residuais (na figura de areias e cascalhos quartzosos) enquanto a argila liberada se remobiliza

buscando novas ligações não segregadas, tendendo a se acumular em outras porções da cobertura e/ou reestabelecer a configuração oxídico-caulinítica de uma cobertura laterítica friável (BOULET et al., 2016).

Em ambos os casos, parece ser coincidente o resultado da arenização da cobertura pedológica como fruto do processo de dismantelamento de um ferricrete. Nestas condições, adicionadas a um aporte de matéria orgânica significativo, associadas a um ambiente morfologicamente propício, pode-se desenvolver, a longo termo, um processo de migração dos compostos organo-metálicos que possivelmente desenvolverá uma cobertura espódica. Neste sentido, o desmonte de uma cobertura laterítica não-friável poderia hipoteticamente, a longo prazo, se constituir como precursor muito inicial de um processo de pré-podzolização com algumas etapas intermediárias, como busca-se investigar neste estudo.

Nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia, exibem-se coberturas lateríticas tanto friáveis como não friáveis, geralmente associadas umas às outras. Lateritas não friáveis na forma de ferricretes ou couraças ferruginosas refletem processos que se desenvolveram em condições paleoclimáticas e fisiográficas diferentes, estando hoje aparentemente em desequilíbrio frente às condições atuais.

Essas lateritas não friáveis geralmente ocupam posições de cimeira nos topos sub-horizontalizados e encontram-se frequentemente em desmonte pelas condições pedobioclimáticas atuais, gerando coberturas lateríticas friáveis resultado da reconfiguração das relações plasma-esqueleto dentro da matriz do Grupo Barreiras. Já as coberturas lateríticas friáveis aparecem nos topos planos sustentados por couraça ou na forma de colinas convexas como Argissolos e Latossolos Vermelhos ou Vermelho-Amarelos (FORTUNATO, 2004; LIMA, 2018).

### **3.4.2 Latolização**

Parte constituinte do amplo conjunto que compõe as Lateritas, sejam elas friáveis ou não, alumínicas, silícicas ou ferruginosas, a Latolização parece se apresentar como um

sub-processo de alteração e transformação pedológica (portanto, processo pedogenético) que conduz à formação de coberturas latossólicas. Assim como em todo o conjunto de processos de natureza laterítica, tem-se a predominância dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio associados a minerais monossilicados como a caulinita na fração argila, sem significativas feições segregadas ferruginosas, exceto quando derivados da transformação de um ferricrete: neste caso, frequentemente encontram-se pedorelíquias que remetem à estrutura e composição da couraça na forma de carapaças, pisolitos ou fácies menos desenvolvidas (QUEIROZ NETO, 2000, 2002).

Resultado do processo de latolização, os solos oxídicos (*oxisols*) são expressões consistentes de considerável grau de alteração pedogenética caracterizada por uma estabilidade dual em ambiente tropical: químico-mineralógica pela paragênese mineral caulínico-oxídica, conjugada com componentes mais estáveis, menores zonas de fraqueza e substituição isomórfica; e física, pela predominância de estruturas microgranulares, de baixa cerosidade, gradual transição entre horizontes, com suas argilas quase que totalmente floculadas impedindo grandes ou significativas translocações coloidais, com porosidade bastante homogênea (sendo metade ocupada por macroporos) e desenvolvida conjuntamente à estrutura. Este conjunto de características físicas desenvolvidas e estáveis permite às coberturas latossólicas -e ao horizonte Bw de expressão significativa destas- um comportamento de poucas restrições à presença da água e atividade intempérica, carreadora e solubilizante em lateralidade ou profundidade, de modo que sua instabilização física se dá por intervenções externas na forma de mau uso e manejo do solo, gerando processos erosivos e de escoamento acentuados que potencialmente atingem sua organização pedológica original (ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2002).

Portanto, ocorrem tanto em relevos mais jovens e moderadamente dissecados, submetidos a altas taxas de intensidade de pedogênese ferralítica, como também em relevos muito maduros onde sua estabilidade se dá em concordância com a permanência das condições tropicais úmidas, juntamente a uma posição na paisagem estável e de relevo plano a suave (como no caso de alguns paleossolos), quer sejam mais argilosos (com maior amadurecimento e estabilidade das estruturas pedogênicas), quer sejam

mais arenosos nas quais a ação biológica também tem papel fundamental (ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2000).

Em ambas situações discutidas, o que realmente parece controlar sua gênese é o conjunto de fatores que envolve intensidade da alteração, eliminação dos componentes solúveis e concentração dos mais resistentes numa dinâmica hídrica bastante eficiente. Sabe-se, portanto, que os cenários típicos de ocorrência dos Latossolos são os relevos planos a suaves, podendo estar ou não relacionados diretamente às antigas superfícies de aplainamento e erosão pois nem sempre ocupam posições de cimeira. Quando ocupam, atuam como entidades pedológicas exportadoras, ainda que estáveis, no fornecimento de material inconsolidado a ser incorporado e submetido aos processos atuantes em outros setores da paisagem. Estão frequentemente ligados lateralmente aos horizontes B texturais e aos Argissolos nos processos de acomodação da argila e dissecação do relevo, refletindo em modelados mais acidentados e convexizados, de rejuvenescimento morfo-pedológico (ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2000). Retrato deste quadro, a cobertura latossólica responde por 65 % da área total na faixa tropical úmida juntamente com os horizontes B texturais (SANCHEZ, 1985 apud ESPINDOLA, 2010).

### **3.4.3 Gleização**

Considerando a água como principal responsável pelos processos internos horizontais e laterais de diferenciação e alteração da cobertura pedológica, seus alvos –os constituintes químico-minerais e orgânicos do solo- são os registros destes processos pedogenéticos de evolução da cobertura pedológica, induzidos pelas condições ambientais pedobioclimáticas. Neste sentido, o autodesenvolvimento do solo, condicionado por estes fluxos e, principalmente, pelas condições internas de drenagem e permanência da água, tem fator preponderante e fundamental para entender o comportamento resultante dos constituintes que buscam sua estabilidade estrutural quando submetidos a essas condições pedobioclimáticas. Resultam destes processos, mecanismos de transferência, eliminação, alteração e geração de novos elementos minerais e/ou orgânicos (ESPINDOLA, 2010; QUEIROZ NETO, 2002).

Nas vertentes, muito associada a uma determinada posição na paisagem e sua dinâmica hídrica, a Gleização se constitui enquanto um processo pedogenético alterador da cobertura pedológica que, através de uma prolongada saturação da porosidade do solo por água executada pelo nível freático, acaba por redefinir as concentrações normais de oxigênio livre no solo, gás este que é o principal responsável pela oxidação de elementos presentes na cobertura pedológica. Tanto a decomposição da matéria orgânica, quanto a gênese de determinadas espécies minerais, estão diretamente associadas ao suprimento e presença do oxigênio (principal receptor de elétrons das reações) na fase gasosa do solo, portanto, a sua virtual ausência acaba por influenciar nas taxas de formação e estabilidade destes compostos minerais e na decomposição da matéria orgânica por micro-organismos aeróbios (KER et al., 2012).

Desta forma, estabelece-se uma situação de desequilíbrio na medida em que o descompasso entre a disponibilidade de oxigênio livre é baixa frente à sua alta demanda pelo de acúmulo de material a ser decomposto em posições rebaixadas na paisagem. Consequentemente, demanda e disponibilidade de oxigênio não se suprem, ocasionando uma condição de readequação dos elementos constituintes. Assim, a utilização de outros elementos químicos, tais como os metais, como receptores de elétrons, altera, não somente a estrutura interna nos minerais que constituem (principalmente os óxidos de ferro e manganês), como a sua solubilidade e forma cristalina predominante no solo nestas condições hidromórficas (KER et al., 2012).

O ferro, por exemplo, como um dos elementos mais importantes da dinâmica interna do solo e geração de feições pedogenéticas, tende a solubilizar-se pela recepção de elétrons e individualizar-se, instabilizando a estrutura dos óxidos, mobilizando-se na solução frequentemente saturada do solo, podendo reprecipitar-se ou ser eliminado por drenagem. A tais processos que alteram as condições eletrostáticas dos compostos através de mudanças que envolvem oxidação e redução de elementos denomina-se o complexo de reações redoximórficas (KER et al., 2012).

Estas alterações que se processam, a priori, em níveis atômicos das estruturas minerais, mas se refletem na morfologia e nas características do perfil de solo, na escala de

observação possível de ser apreendida com a visão macroscópica. Frequentemente são identificados solos com o aspecto pálido, com altos valores e baixos cromas, geralmente bastante arenizados e de significativa saturação por água. A este conjunto de fatores entende-se como indicadores do processo de gleização, o qual se diagnostica através da presença de um horizonte B ou C glei, associado à redução e remoção dos óxidos de ferro por ação dos microorganismos em um ambiente deficitário em oxigênio livre (KER et al., 2012).

Resultado das condições instaladas, a palidez em baixos cromas e altos valores nos matizes reflete um ambiente de solo extremamente nocivo à estabilidade de estruturas oxídicas, principalmente para o ferro. Sendo reduzido, o complexo mineral férrico (seja na figura da goethita ou da hematita) se instabiliza por redução, é solubilizado e migra em solução, podendo ser eliminado da cobertura pedológica por drenagem ou remobilizado para outra porção da vertente onde possa ser rapidamente oxidado. Dessa forma, por meio destes processos desencadeados por um ambiente redutor, têm-se a constante dissociação das ligações ferro-argila com exportação do ferro, depleção destas frações mais finas e acumulação residual das frações mais grossas (BOULET et al., 2016; KER et al., 2012; QUEIROZ NETO, 2002).

Assim, os constituintes minerais finos tais como a caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro (hematita e goethita) são majoritariamente instabilizados e dissolvidos, restando as espécies minerais de menor solubilidade como a gibbsita e o quartzo. Em decorrência disto, a perda de volume oriunda da depleção da argila gera uma erosão geoquímica capaz de causar rebaixamento ou abatimento do relevo na escala da vertente, de modo que o avanço do processo de Gleização ruma para um empaldecimento e arenização cada vez maior da cobertura pedológica (BOULET et al., 2016; QUEIROZ NETO, 2002).

No Litoral Norte do Estado da Bahia, solos que passaram ou estão submetidos a processos de gleização estão presentes em posições de baixa vertente, muito próximos à rede de drenagem que os submete à condição hidromórfica. Geralmente estão

associados à modelados de dissecação, em posições de jusante, sob modelados côncavos, apresentando-se frequentemente como Gleissolos Háplicos (LIMA, 2018).

#### **3.4.4 Podzolização**

No ambiente de solo, os processos de redistribuição de seus componentes atuam na sua diferenciação e podem operar processos geralmente associados de eluviação –com a remoção através da remobilização de material em suspensão ou solução preferencialmente dos horizontes A e E-; ou iluviação –com recepção destes compostos alterados, mal cristalizados ou não nos horizontes adjacentes, geralmente nos B espódicos- como mecanismos formadores de horizontes diagnósticos e de diferenciação da cobertura pedológica (BOCKHEIM et al., 2005).

Processo pedogenético responsável pela geração de Espodossolos, solos com processos de redistribuição de componentes orgânicos e minerais, a Podzolização constitui-se no conjunto de mecanismos de transferência lateral e/ou vertical de compostos orgânicos complexados e/ou não-complexados aos metais presentes no solo, principalmente alumínio e ferro (KER et al., 2012).

Neste processo, através da complexação em condições ácidas e de acúmulo de matéria orgânica, têm se a conjugação de ácidos orgânicos solúveis (resultado da decomposição da matéria orgânica pela microfauna do solo) e metais, principalmente ferro e alumínio que são cátions de menor tamanho e maior valência, o que confere maior estabilidade à estrutura. Assim, complexados e dotados de movimentação em solução, ocorre a remoção deste complexo organo-metálico dos horizontes mais superficiais para os mais profundos ou dos mais a montante para os mais a jusante, seguindo uma lógica de redistribuição acumulativa da matéria orgânica e metais no perfil ou na vertente (KER et al., 2012).

Atingindo uma saturação dos sítios polares de ligação entre o metal e os carbonos orgânicos, os compostos que migram em solução tendem a se precipitar, imobilizando-se, geralmente em formas menos cristalinas e amorfas, na matriz do solo. Também

podem ser capturados por adsorção nos materiais de carga estrutural positiva, tais como os materiais ainda mais secundários (óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio) ou outros complexos organo-metálicos já precipitados. Nos sítios ou porções da cobertura pedológica onde se tem a exportação destes compostos organo-metálicos, observa-se um panorama descolorido, constituído principalmente pelo aspecto do quartzo, enquanto nas porções onde há a importação destes compostos que migram em solução, percebe-se uma coloração intensa enegrecida ou amarelada/alaranjada, correspondente à natureza de quais compostos estão sendo predominantemente acumulados, sejam eles orgânicos ou minerais, gerando horizontes espódicos. Na evolução e intensificação desse processo podem se formar horizontes endurecidos pela ação cimentante da matéria orgânica e do ferro, gerando o que se conhece como duripãs, fragipãs e *ortsteins* (FORTUNATO, 2004; KER et al., 2012).

As condições de ocorrência dos horizontes espódicos envolvem, fundamentalmente, o acúmulo de matéria orgânica associada à presença de minerais oxídicos, sejam eles o ferro ou o alumínio, para a elaboração dos complexos organo-metálicos migrantes. Este processo pode se dar tanto em ambientes úmidos e frios, quanto úmidos e quentes, desde que nestes últimos a má drenagem seja um aspecto presente (FORTUNATO, 2004; KER et al., 2012).

A translocação vertical e/ou lateral promovida pelas águas percolantes ou por oscilação freática opera a remoção e realocação acumulada desses complexos em subsuperfície formando o que se conhece por horizonte espódico (Bh, Bs ou Bhs, a depender da composição e presença dos materiais translocados) abaixo de um horizonte de perda E, quando intensamente processada a translocação (KER et al., 2012).

Neste sentido, a podzolização se constitui enquanto um processo diferenciador da cobertura pedológica motivado por condições ambientais e pedológicas específicas que resultam na gênese de um horizonte diagnóstico espódico. Nesse processo, observam-se alterações substanciais em sua composição e proporções entre seus elementos minerais e orgânicos constituintes, tais como uma significativa perda de componentes na fração argila ao longo da vertente e nos horizontes mais superficiais A ou E, com consequente

aumento proporcional da fração areia na composição granulométrica do solo (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998). Isso pode se atribuir pela natureza mais ácida e silícica do material de origem, que tende a gerar solos mais arenosos, como no caso dos originados por certas fácies do Grupo Barreiras, mas também por processos de depleção e destruição dos minerais de argila provocados por ácidos orgânicos oriundos do processo de decomposição da matéria orgânica, conhecido por acidólise ou por ferrólise (FORTUNATO, 2004; KER et al., 2012).

O resultado que se tem sobre a cobertura pedológica inserida nesse conjunto de processos é a sua arenização pela perda de óxidos de ferro e alumínio -vertical e lateralmente- remobilizadas para outras porções do perfil e da vertente sob formas geralmente mal cristalizadas, em condições aquosas. Neste sentido, a acidólise promovida pelos ácidos orgânicos se apresenta como um dos processos associados e tende a promover corrosão do quartzo residual nos horizontes eluviais, inclusive dissolvendo parte da sílica que se recombina ao longo da cobertura pedológica para neoformação caulínica, geralmente de baixa cristalinidade (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998). Translocações oriundas de outras porções da cobertura podem ocasionar neoformações, inclusive com rejuvenescimento mineralógico devido à recombinação dos componentes exportados num ambiente onde a lixiviação é dificultada e ocorre a reelaboração de estruturas bi e monossilicadas (BOULET et al., 2016).

Com o desenvolvimento deste processo, observa-se em microescala, a geração de microfissuras e veios internos nos grãos de quartzo, que atuam como sítios de preenchimento de matéria orgânica e óxidos translocados em suspensão, dando origem ao acúmulo dos complexos organo-metálicos, que caracteriza a gênese de horizontes espódicos. Assim, percebe-se um quadro de erosão química por compartimento, onde os setores mais de montante atuam como exportadores de compostos enquanto os de jusante atuam recebendo e reacomodando estes materiais (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998; KER et al., 2012).

Este conjunto de mecanismos que compõem o processo de podzolização das coberturas pedológicas ocorrem frequentemente em conjunção com zonas de entrecruzamento e coincidência de falhas e fraturas geológicas que operam controlando estruturalmente os fluxos hídricos e seu tempo de residência, especialmente frequentes no Litoral Norte do Estado da Bahia (ANDRADE, 2018; FORTUNATO, 2004; LIMA, 2018).

Em certos ambientes, a via geoquímica parece ser o principal fator de elaboração das estruturas internas da cobertura, refletindo na conformação superficial do modelado, nos quais a subsidência da superfície é um resultado frequente (QUEIROZ NETO, 2002). Dessa forma, eventos tectônicos podem desencadear e/ou redirecionar, significativamente, processos de evolução ou transformação da cobertura pedológica (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998).

#### **3.4.5 Associações entre Processos e Coberturas Pedológicas no Litoral Norte – BA**

No Litoral Norte da Bahia, coberturas argissólicas são frequentemente associadas à coberturas de outras natureza laterizada, espódicas ou de pedogênese incipiente (ANDRADE, 2018; FORTUNATO, 2004; LIMA, 2018). O relevo suave, exibido pelo revestimento das coberturas ferralíticas bem desenvolvidas e homogêneas, pode resultar numa convexização significativa quando submetido a estes processos de redistribuição hídrica dos componentes, as quais incluem alterações nas proporções de elementos como silício, alumínio, ferro e titânio, muito relacionadas à translocação conjugada nos complexos organo-metálicos. Esta convexidade se apresenta como uma evidência dos sítios de transição entre a cobertura laterítica e a podzolizada (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998).

Dessa forma, o que se percebe é uma associação parental entre as coberturas ferralíticas e as podzolizadas na medida em que as feições alteradas possuem um nó genético comum. Neste caso, os Espodossolos seriam resultado da ampla denudação promovida pelos agentes morfoesculturais e a erosão físico-geoquímica seletiva que, através de percolações mais lentas –que lixiviam silício e concentram alumínio e ferro- e menos lentas, que lixiviam menos intensamente ferro, alumínio, matéria orgânica e silício-

susceptibiliza certas posições da vertente à erosão mecânica e redistribuem componentes organo-metálicos ao longo da cobertura pedológica (BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1990; DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998).

Estas migrações são comumente desencadeadas pela saturação do solo por água em lentas percolações que propiciam o desenvolvimento de volumes eluviais empalidecidos, iniciando a exportação destes compostos. Processualmente há a gradual e progressiva transformação dos solos oxídicos em solos podzolizados através da dissolução ácida dos minerais na fração argila, principalmente os óxidos de ferro e a caulinita, conseqüentemente submetidos à migração complexada por solubilização em subsuperfície, podendo se acumular ou neoformar ao longo da cobertura pedológica (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998).

Essas associações estão presentes na área de estudo com Espodossolos ocupando posições intermediárias nas vertentes convexas, com coberturas lateríticas a montante e gleizadas à jusante, se constituindo assim como volumes transicionais, frequentemente sob a forma de Espodossolos Humilúvicos de meia vertente, tanto nos Tabuleiros Costeiros (Preservados ou Dissecados) quanto nos depósitos Quaternários mais recentes (FORTUNATO, 2004; LIMA, 2018). Também são relatadas associações entre coberturas espódicas e laterizadas em outras partes do planeta como no Congo, onde o desmonte destas últimas passa a dar lugar aos Espodossolos, inclusive com formação de horizontes adensados e cimentados do tipo *Ortstein* (FORTUNATO, 2004).

Coberturas espódicas também podem ser encontradas no recobrimento de depressões fechadas que evoluíram em zonas de coincidência em entrecruzamento de falhas e fraturas do embasamento e ainda não tiveram evolução para uma drenagem principal. Nestes casos, um lençol suspenso e a condição de hidromorfia operam as translocações que resultam em uma cobertura espódica que evolui às custas da degradação de outra, propelida por uma condição específica de relevo particular nos Tabuleiros Costeiros mais preservados (ANDRADE, 2018; FORTUNATO, 2004).

A princípio, a cobertura latossólica microagregada, bem aerada e porosa, sofre uma perturbação pedobiogeoquímica e reorientação plásmica por migração dos compostos da fração argila e conseqüente adensamento em profundidade que acaba por alterar o padrão de porosidade de um horizonte para o outro, restringindo a dinâmica hídrica no topo do horizonte B –textural- e fornecendo as condições para a instalação de uma frente saturada entre os horizontes A e B. Com a progressão do processo, a gênese de um horizonte E, entre ambos, denota ainda mais a intensidade do processo de translocação, impondo restrições hídricas de subsuperfície que podem favorecer o aparecimento de um lençol suspenso e erosão mecânica superficial potencializada (QUEIROZ NETO, 2002).

Este processo resulta no paulatino consumo da cobertura oxídica ferralítica com substituição da cobertura pela formação de horizontes eluviais e espódicos lateral e verticalmente que deixam como registro mantos arenosos sobrepostos a volumes translocados de composição orgânico-oxídica. Posteriormente, os horizontes eluviais podem ainda ser atacados e corroídos pela oscilação freática de solução ácida, causando subsidência e abaulamento do terreno (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998; QUEIROZ NETO, 2002).

Distanciando-se desta escala local, o que se observa no contexto mais amplo é a convexização do relevo suave ondulado em vertentes mais acentuadas, notadamente nas transições entre as coberturas, operando a erosão regressiva das encostas, rebaixamento geoquímico e ampliação dos sítios de baixa vertente que tendem a, posteriormente, formar uma superfície mais rebaixada, arenosa e aplainada que se assemelha a uma depressão fechada, com fitofisionomia herbácea arbustiva, dentre outras diferenciações fitofisionômicas (DINIZ, 2011; DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998).

O sentido remontante do processo reafirma a natureza de transformação por substituição da cobertura laterítica pela podzolizada, na medida em que surge nas porções mais baixas do relevo e evolui das bordas/periferias dos relevos suaves em direção ao topo por meio de línguas arenosas que refletem a natureza de eluviação-iluviação do processo. O resultado é o rebaixamento, aplainamento e recuo das colinas neste

contexto de erosão geoquímica seletiva e física regressiva, como suavização do sopé e ombro das vertentes (DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998).

## 4. METODOLOGIA

O trabalho operacionaliza a lógica hipotético-dedutiva, para que, baseado na literatura e conhecimento teórico disponível acerca do tema, compreenda-se o objeto de estudo pela verificação destes preceitos através de amostragens e análises morfológicas, químicas e físicas específicas, sempre à luz do problema de pesquisa. Munido destes conhecimentos, a proposta de elaboração de uma hipótese de evolução pedogeomorfológica, balizada no diagnóstico feito pelos dados disponíveis pelas amostragens, objetiva a compreensão e reconstituição da configuração dos solos, relevo e da paisagem.

A elaboração do trabalho envolveu cinco etapas básicas, alternando entre ambiente de escritório, campo e laboratório. Em cada uma delas, procedimentos específicos foram adotados com vistas a viabilizar a execução dos objetivos e a compreensão do objeto e problema de pesquisa apresentado. Os principais procedimentos do trabalho, em cada uma das etapas que constituíram sua elaboração, estão apresentados e discutidos nos tópicos que se seguem.

### 4.1 COLETA E ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES PRÉVIAS DA ÁREA DE ESTUDO

Esta primeira etapa consistiu na busca e levantamento de artigos, capítulos e referências bibliográficas que pudessem lastrear o desenvolvimento de uma revisão útil ao entendimento da área e do objeto estudado, além de subsidiar o direcionamento ao problema de pesquisa apresentado. Assim, as leituras, a organização dos conceitos e a discussão entre as visões entre autores e perspectivas são fundamentais para dar amplitude e profundidade aos conhecimentos que se relacionam a este estudo.

Além disso, a aquisição de produtos primários de sensoriamento remoto como imagens Sentinel-2 (resolução 10 metros), DEM Alos Palsar (resolução 12 metros), com posterior retrabalhamento através de operações de geoprocessamento, auxiliou na obtenção de fundamentais informações apriorísticas e de caracterização morfológica,

tectônica, padrão de drenagem e outras importantes informações da área de estudo. Subsidiaram, ainda, a elaboração de figuras úteis à localização, reflexão e análise conjunta dos aspectos de interesse na área de estudo.

Essas informações, associadas a campos exploratórios, auxiliaram no conhecimento, contextualização da área de estudo e, sobretudo, na seleção da vertente representativa estudada de aspecto tabular-subhorizontalizado, na qual as couraças ferruginosas parecem sustentar os menores gradientes topográficos e influenciar na evolução pedogeomorfológica.

#### 4.2 PROCEDIMENTOS DE CAMPO

- Levantamento topográfico e caracterização da vertente de estudo

Os procedimentos desta etapa estão referendados segundo os propostos na Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (BOULET, 1993). Ao todo, foram executadas 7 idas a campo (de 08/09/2021 a 09/12/2021) para a confirmação da área de estudo e operacionalização da metodologia adotada.

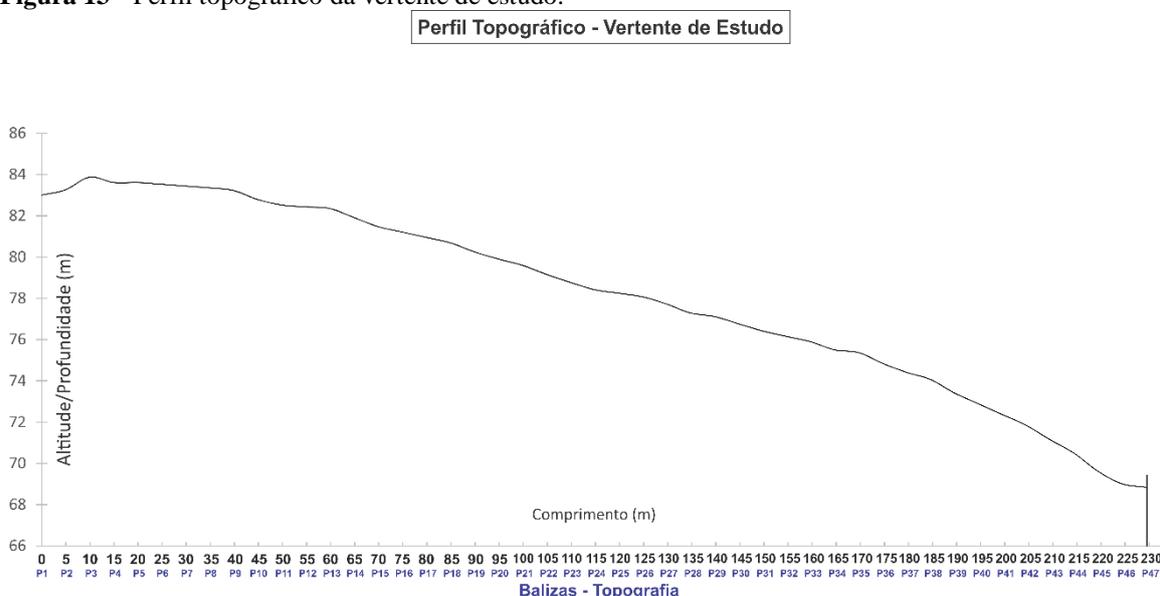
Feita a escolha da área, definiu-se a topossequência a ser trabalhada. Nela, a priori, foi executado um levantamento topográfico em escala de detalhe utilizando clinômetro e trena, com balizas posicionadas a cada 5 metros. Dessa forma, foi possível ter um retrato da configuração morfológica da vertente de trabalho que, por sua vez, subsidiou a seleção dos locais onde foram realizadas as tradagens, trincheiras (perfis) e sua descrição além de uma compartimentação morfopedológica e estudo pormenorizado de cada setor da vertente.

Alterações no gradiente de topográfico, rupturas de declividade, bem como alterações nos padrões de erosão visíveis ao longo da vertente foram identificados e podem indicar processos pedogenéticos subsuperficiais de interesse relacionados à transformação da cobertura pedológica, repercutindo superficialmente no modelado da vertente e sua

dinâmica hídrica (BOULET, 1993; BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1984; VIDAL-TORRADO; LEPSCH; CASTRO, 2005).

Iniciando no perfil de topo comum ao estudado por (ANDRADE, 2018), a topossequência deste trabalho segue no rumo a 25° NE, tendo seu marco zero no P01 das balizas topográficas utilizadas para o levantamento. Segue assim por 230 metros a jusante, onde finaliza em um curso de drenagem de primeira ordem. De posse dos dados de declividade fornecidos pelo clinômetro e das dimensões lineares da trena, procedeu-se a elaboração do perfil topográfico da vertente. Estes dados estão dispostos na figura 13:

**Figura 13** - Perfil topográfico da vertente de estudo.

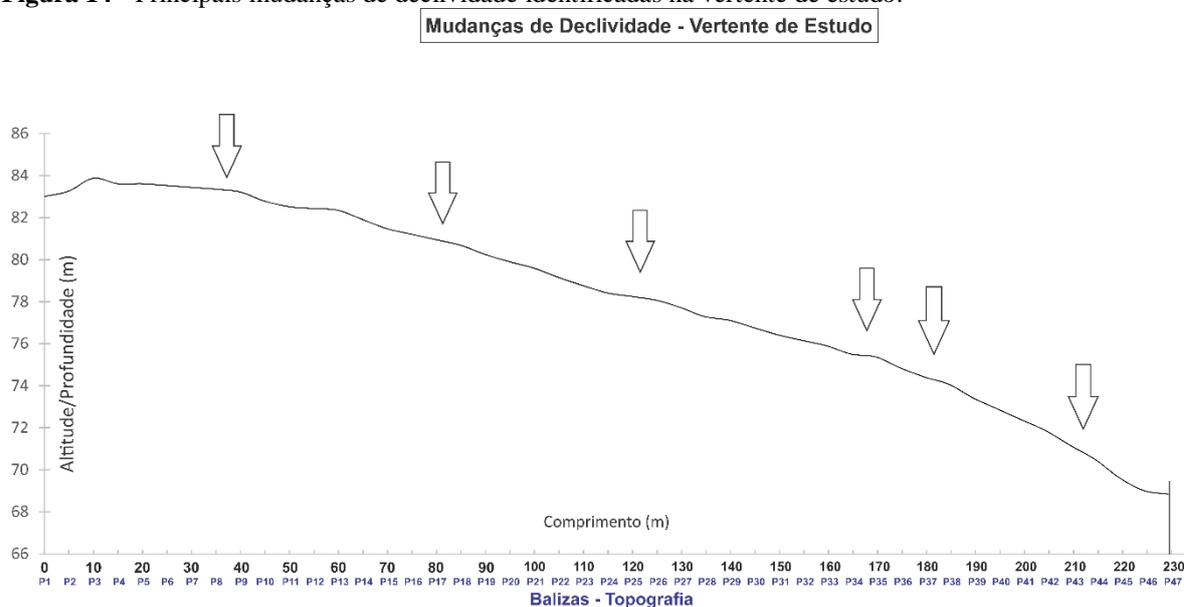


Elaborado pelo autor.

O estudo da forma da vertente, em escala de detalhe (5 metros), permitiu a identificação de sete principais rupturas de declividade que poderiam ser indicadoras de processos pedogeomorfológicos importantes, principalmente se associados à alteração da fitofisionomia e dos padrões morfológicos da vertente. Guiando a forma da vertente entre seus setores, transicionando entre porções mais convexas, côncavas ou retilíneas, estas rupturas revelaram potenciais e importantes pontos de tradagem que buscaram apreender a organização subsuperficial dos volumes pedológicos nestes micro-setores e no contexto geral da vertente. A figura 14 assinala a posição dessas principais alterações

de declividade na vertente, formando, ora pequenos setores mais abaciados, ora setores mais convexos que podem ser intercalados por outros mais retilíneos.

**Figura 14** - Principais mudanças de declividade identificadas na vertente de estudo.



Elaborado pelo autor.

- Seleção e definição dos pontos de tradagem, abertura de perfis e amostragem pedológica

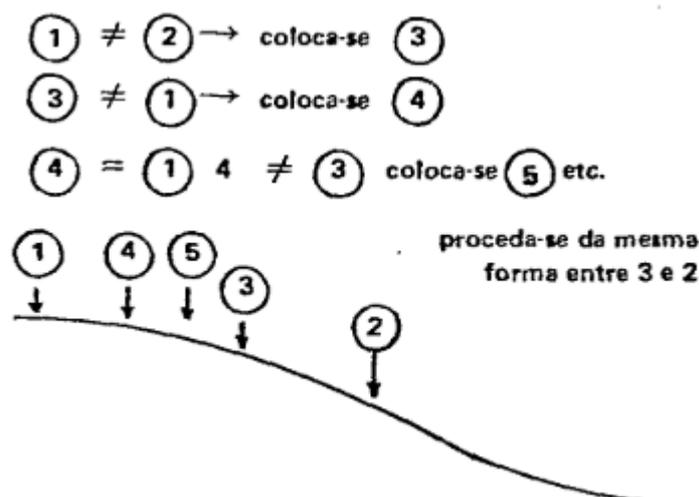
A partir da observação do perfil topográfico e suas particularidades, percebeu-se alterações no gradiente de declividade formando pequenos setores, ora côncavos, ora convexos ou retilíneos. A partir da compartimentação clássica inicial (alta, média e baixa) dos setores de uma vertente, realizaram-se com o trado holandês duas tradagens sucessivas no topo (T1 e T2), de modo a ter ideia da organização pedológica de montante. Em seguida, realizaram-se mais duas tradagens sucessivas na baixa vertente (T3 e T4), de modo a verificar o contraste das características pedológicas dos volumes que constituem a cobertura do setor de jusante.

Constatada uma diferença entre os volumes de alta e baixa vertente, entendeu-se, portanto, que existe uma descontinuidade pedológica da vertente, podendo estar instalado um sistema de transformação que atuaria sobre a cobertura pedológica,

alterando sua morfologia, características e composição por processos físicos e geoquímicos (BOULET, 1993; BOULET; CHAUVEL; LUCAS, 1984).

Dessa forma, de modo a entender a mudança, realizam-se tradagens intermediárias buscando a transição entre os volumes pedológicos encontrados nos compartimentos de montante e jusante. Este procedimento objetivou apreender de que forma ocorre a alteração do solo ao longo da vertente e, com isso, identificar e localizar frentes de transformação pedológica. Assim, a morfologia da vertente auxiliou no processo de escolha dos pontos de tradagem como reflexo dos processos de subsuperfície, alteração textural, mineral e estrutural. O procedimento se encontra de forma simplificada na figura 15:

**Figura 15** - Procedimento metodológico para posicionamento de tradagens, segundo a AECF.



Fonte: BOULET, 1993.

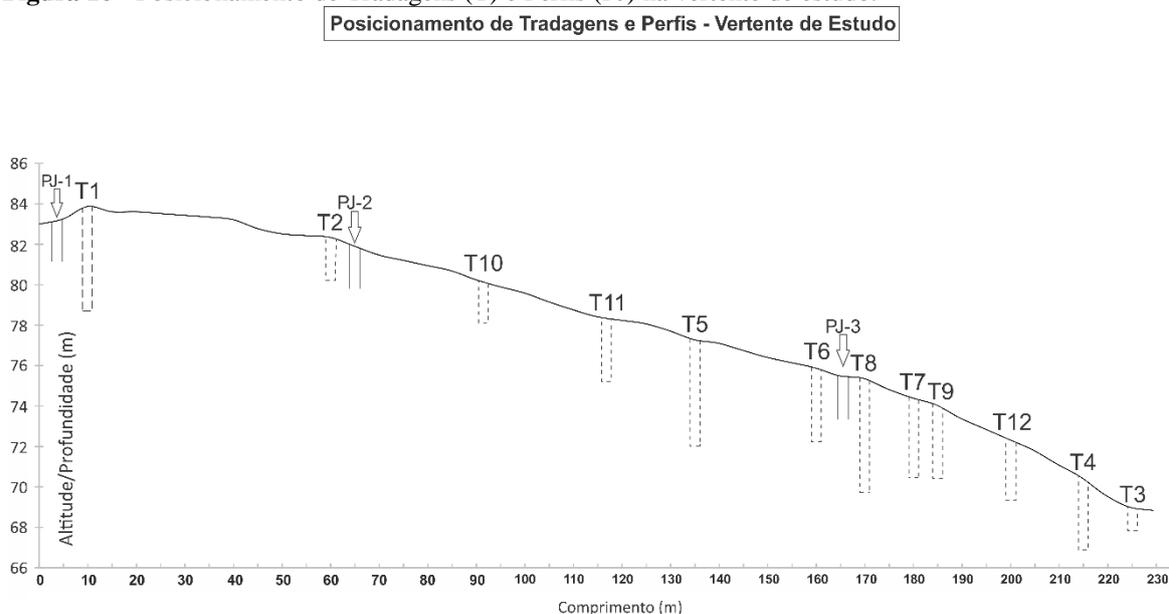
Assim, ao todo foram realizadas 12 tradagens (figura 16) ao longo da vertente, buscando acurar a compreensão das alterações nos volumes pedológicos, de montante a jusante, avaliando, principalmente, características morfológicas de cor e textura, associadas à umidade e altura do lençol nos diversos compartimentos.

A amostragem por via das tradagens foi feita por dois procedimentos: um padrão de coleta a cada 10 centímetros de profundidade e outro complementar, coletando as diferenças mais significativas em profundidade dos volumes tradados. As tradagens 9, 10, 11 e 12 foram feitas segundo o padrão complementar e visaram detalhar em que

profundidades as principais características presentes nas tradagens 1 a 8 (executadas sob o procedimento padrão) se iniciam ou deixam de aparecer. As amostras das tradagens foram descritas (cor e textura) conforme o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2015) e acondicionadas em sacos plásticos.

Quaisquer outras características e mudanças, bem como caracteres pedológicos plínticos, concrecionários, de origem biológica, níveis freáticos, presença de raízes ou setores mais orgânicos de subsuperfície foram percebidos, descritos e coletados da mesma forma.

**Figura 16** - Posicionamento de Tradagens (T) e Perfis (PJ) na vertente de estudo.



Elaborado pelo autor.

A abertura dos perfis envolveu uma escolha baseada nos dados já descritos das tradagens. Almejando detalhar ainda mais o estudo e acessar outras características impossibilitadas ou revolvidas por tradagens como estrutura, transições e outros caracteres, três trincheiras foram abertas e, portanto, três perfis foram descritos (PJ-1, PJ-2 e PJ-3) nas posições da vertente conforme figura 16.

A avaliação do estado e coleta do material encouraçado também foi objetivo fundamental da abertura dos perfis, visto que este é um impedimento à passagem do trado, sendo possível somente a coleta de fragmentos muito pequenos, já bastante

instabilizados. A disposição de tradagens e perfis ao longo da vertente no contexto dos vales estruturais, bem como sua localização está apresentado na figura 17. A descrição e coleta das amostras dos perfis seguiram os mesmos procedimentos indicados no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2015).

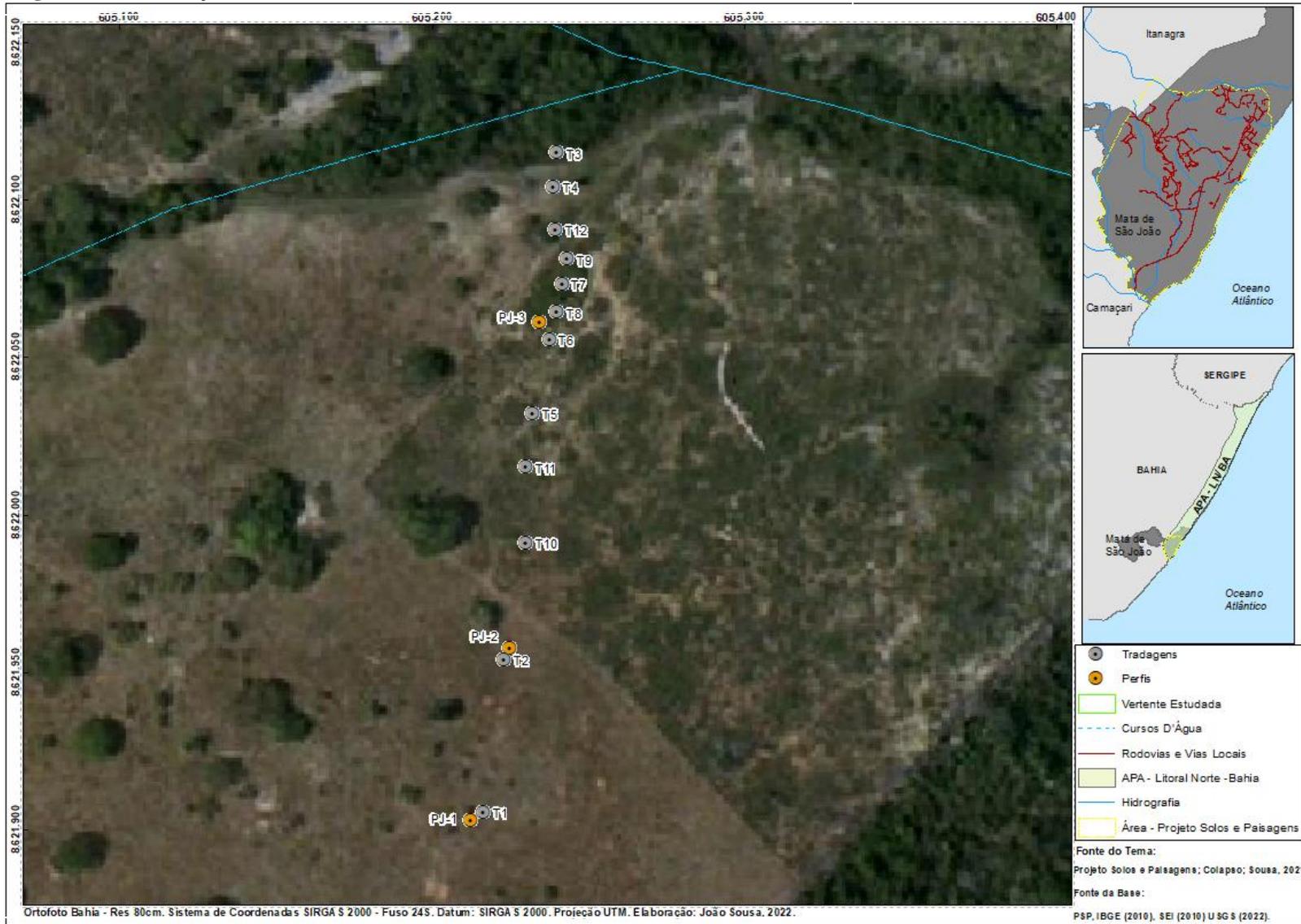
#### 4.3 PROCEDIMENTOS DE ESCRITÓRIO

Após o período de trabalho de campo e coleta das amostras, os dados foram organizados em tabelas para a sua melhor visualização e arquivamento das informações e descrições acerca dos volumes pedológicos, posteriormente submetidas à análise pedogeomorfológica. Assim, com o auxílio de fichas pré-elaboradas (Apêndice I), que alocam as informações de textura, cor e umidade das amostras, tais dados foram transferidos de anotações feitas em campo para planilhas em meio digital, que possibilitaram sintetizar e observar o panorama morfológico geral dos dados ao longo da vertente nas doze tradagens realizadas e três perfis abertos.

Dessa forma, foi possível organizar os dados seguindo a ordem das tradagens, objetivando perceber as variações nas feições descritas ao longo da vertente, de montante a jusante. Através desta síntese, somada às informações das trincheiras, foi possível organizar e representar essas informações na forma gráfica, construindo, em *software* Corel Draw X8, um modelo bidimensional de representação da cobertura pedológica que se baseou no já montado perfil topográfico elaborado no Microsoft Excel. Também no Excel foram recebidos, organizados e graficamente representados dados de análises feitas e solicitadas externamente.

O mecanismo para a elaborar a representação buscou, através da plotagem dos dados das tradagens e perfis abertos, interpolar informações nos espaços entre eles de forma a ligar e integrar os volumes pedológicos que constituem a vertente tal como são em sua própria natureza: contínua e interconectada. Assim, a figura auxiliou, associada aos dados morfológicos e analíticos físico-químicos, na abstração de como -em subsuperfície- se organizam, se dispõem, se conectam e transformam-se os volumes que compõem a cobertura pedológica na vertente.

Figura 17 – Localização da área e vertente de estudo.

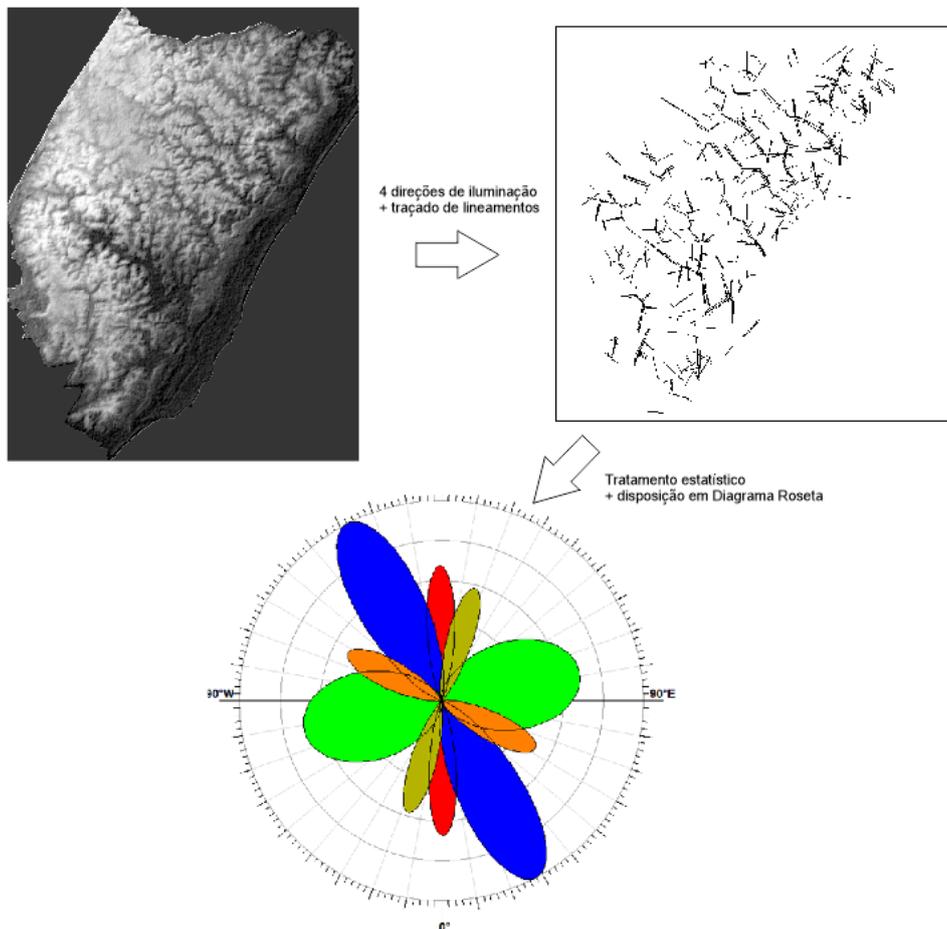


Elaborado pelo autor.

Para a análise estatística de lineamentos estruturais foi utilizado um modelo digital de elevação (MDE) Alos Palsar, com 12 metros de resolução espacial, recortado pela área de estudo entre os rios Pojuca e Imbassaí. Foi considerado como lineamento estrutural qualquer feição negativa ou positiva natural de linearidade significativa e tamanho suficientemente representativo (geralmente dezenas de metros) dentro da resolução espacial do MDE.

Este *raster* foi submetido a quatro orientações azimutais de *hillshading* (NE-SW, NW-SE, S-N e SE-NW) com uso do *software* ImageJ nas quais os lineamentos foram traçados em cada uma delas com o *software* DigLin. Após traçados, foram importados ao *software* Daisy (versão 5.43) no qual a análise estatística das orientações traçadas gerou o diagrama de roseta que representa as principais famílias azimutais de lineamentos da área. A figura 18 sumariza este roteiro metodológico:

**Figura 18** - Roteiro metodológico sumarizado para execução de análise de lineamentos estruturais.



Elaborado pelo autor.

#### 4.4 PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

Os procedimentos que envolvem a preparação e execução das análises selecionadas nas amostras coletadas no perfil, seguiram o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2017). As amostras foram submetidas às análises de rotina (granulometria, pH, complexo sortivo, dispersão e floculação de argila, entre outras), para caracterização físico-química e granulométrica (na Universidade Federal de Viçosa - UFV), necessárias à classificação pedológica dos perfis abertos, visando compreender a sucessão das classes de solo ao longo da vertente. Os solos foram classificados segundo os parâmetros estabelecidos no SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos) (SANTOS et al., 2018). As tabelas completas para as análises das amostras estão nos Apêndices III e IV.

Para obter a composição e participação relativa dos óxidos, as amostras foram selecionadas e preparadas em Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) para as análises de Fluorescência de Raios X (FRX) feitas pela GEOSOL, em Minas Gerais. Tais resultados são de fundamental importância no sentido de entender a participação proporcional dos óxidos de silício, alumínio e ferro nas amostras coletadas e como as alterações entre suas proporções indicam processos norteadores da evolução pedogeomorfológica.

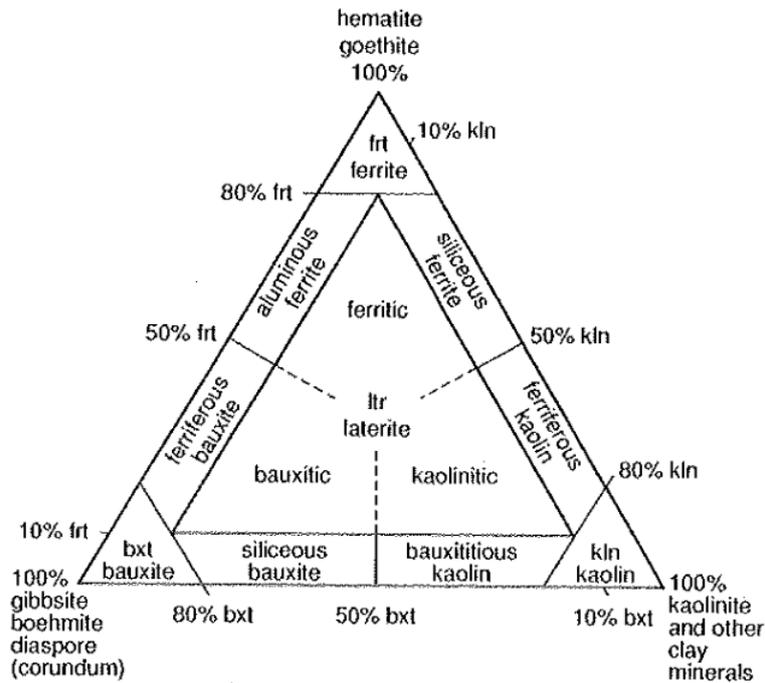
Estes dados de FRX possibilitam também a classificação da Laterita encontrada em um dos perfis abertos, conhecida a sua composição oxídica, segundo o triângulo composicional de classificação (figura 19) (BARDOSSY; ALEVA, 1990 apud THOMAS, 1994).

Para o cálculo do balanço de massa, o Titânio foi considerado como elemento-referencial de baixa mobilidade (i), sendo utilizada a seguinte equação proposta por Chadwick et al., (1990):

$$\tau_{j,w} = \frac{C_{j,w}/C_{i,w}}{C_{j,p}/C_{i,p}}$$

Para cada um dos outros elementos analisados Si, Al e Fe – (j) que desejou-se avaliar ganho ou perda no solo (w) em relação ao material parental (p), considerado neste caso como a couraça do perfil PJ-2 para todos os outros perfis.

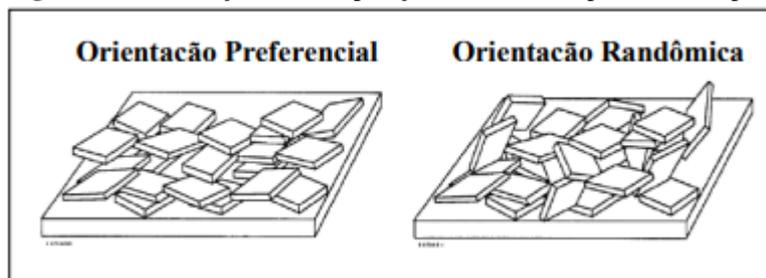
**Figura 19** – Triângulo de classificação de duricrostas segundo sua composição.



Fonte: THOMAS, 1994.

Para a determinação da composição mineralógica por Difractometria de Raios X (DRX), as amostras em TFSA foram submetidas ao preparo e separação da fração argila segundo proposto por Albers et al. (2002). Posteriormente, seguiram todas para a elaboração de lâminas orientadas e também foram armazenadas na forma pulverizada, buscando a obtenção dos resultados da mineralogia em ambas as condições de análise (orientada e não orientada). A diferença da montagem do material para análise refletida na natureza do resultado obtido está na figura 20 (OLIVEIRA, 2017; SBCS, 2019).

**Figura 20** - Diferenças entre disposições de amostras para análises por DRX.



Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Pela natureza laminar das argilas, os resultados conduzidos em lâminas orientadas tendem a ressaltar mais os picos de difração, quando as ondas difratadas estão em interferência construtiva. Já a montagem em pó, por orientação randômica toma como resultado uma média das posições dos planos atômicos presentes dos minerais da amostra, fazendo com que os picos sejam menos ressaltados na representação gráfica, que, em ambos casos, possibilita a identificação mineral (SBCS, 2019).

As análises de lâminas orientadas foram conduzidas num difratômetro Rigaku modelo D/MAX 2A com tubo de cobre apoiado por um regulador automático de voltagem Peltron e um cooler SMC modelo INR 242-3 de 200V, a 35Kv e 15 mA. As amostras foram varridas do intervalo de 2° até 30°, com passo angular de 0.05, sendo estes os parâmetros padrão do Laboratório de Difractometria de Raios X do Instituto de Geociências da UFBA. Estes resultados foram dispostos e analisados no *software* X Powder12, segundo a base de dados PDF-2.

Já as análises não orientadas de amostra seca (em pó) foram montadas sob porta-amostras específico do aparelho Bruker AXS, modelo D2 Phaser 2ª geração portando um tubo de cobre com comprimento de onda 1,54184, a 30 Kv, 10 mA, abertura da janela do feixe 0.6 mm, passo angular de 0.014° e tempo de contagem de 0,35 segundos. Nestes ensaios, as análises foram conduzidas dentro do intervalo de 2° a 60° buscando expandir o alcance de detecção de picos de minerais de argila de interesse, confirmando sua presença através de mais picos presentes dentro desta abertura tais como os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, dentre outros. Estas análises foram feitas no LAPAG – UFBA, com o auxílio do *software* Diffrac.EVA, nativo da fabricante Bruker, e sua base de dados interna.

Para a disposição dos dados oriundos de DRX, foi utilizada a função de diagramação em cascata/empilhamento em ambos softwares de interpretação (X Powder e Diffrac.EVA) buscando evidenciar substituições minerais, alterações na cristalinidade e comparações entre os difratogramas.

Dessa forma, munido dos dados oriundos das análises de FRX, de granulometria total e da Difractometria de Raios X (DRX), pôde-se cruzar dados das três análises, buscando

entender qual/quais as espécies minerais estão presentes (através de DRX), em qual composição (por FRX) e em qual fração granulométrica predominantemente se encontram nas amostras. Além disso, inferir quais espécies foram substituídas, decompostas em formas mal cristalizadas em detrimento de outras e em virtude dos processos pedogenéticos.

Por fim, os resultados foram organizados em planilhas e divididos por análise (morfológicas, químicas, físicas, Fluorescência de Raios X, Difração de Raios X) buscando a elaboração de gráficos que propiciem a comparação e compreensão, em profundidade e lateralidade, dos atributos amostrados.

Sua análise levando em consideração a variação quali-quantitativa de elementos composicionais, mineralógicos, granulométricos, químicos, físicos e morfológicos objetivou apreender, de forma integrada, as alterações que se processaram na cobertura pedológica em nível macroscópico e microscópico. Dessa forma, alternando entre estas escalas, os dados amostrados permitem um retorno aos processos que incidem na vertente de estudo e podem ser extrapolados para outros cenários pedogeomorfológicos semelhantes nos Tabuleiros Preservados. Assim, os resultados foram interpretados em profundidade e lateralmente, objetivando identificar processos e alterações na cobertura pedológica, considerada como contínua e tridimensional.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

Uma análise estatística de lineamentos estruturais feita tomando como base um Modelo Digital de Elevação Alos Palsar em quatro direções de iluminação (NE-SW, NW-SE, S-N e SE-NW) de 12 metros de resolução revelou as principais orientações destes lineamentos dentro da área do Projeto Solos e Paisagens (figura 18).

Sua elaboração pressupõe a tomada de um contexto mais amplo do que o mais restrito estudado de forma a entender o comportamento neotectônico que pode ter gerado as famílias de lineamentos estruturais presentes em menor escala espacial. Assim, foi tomada a área de estudo do Projeto Solos e Paisagens, entre os talwegues de dois dos principais rios da área (Pojuca e Imbassaí) como recorte para esta análise. A articulação entre escalas se constitui num artifício extremamente importante visto que cada uma delas pode ser fruto de rearranjos estruturais e eventos neotectônicos de outras mais amplas. Assim, entende-se que o padrão desta área deve influenciar escalas espaciais menores, incluindo da sub-bacia em que a vertente estudada está inserida.

Os resultados apontaram para a existência de cinco famílias azimutais com orientações preferenciais de lineamentos na área de estudo, como disposto no Diagrama de Roseta (figura 21). O quão mais próximos da borda do estereograma e estreitos, mais perfilados e intensamente orientados no contexto da área são os lineamentos. Por outro lado, pétalas mais amplas e distantes das bordas do estereograma indicam orientações mais esparsas, de menor ocorrência e maior desvio padrão.

Dessa forma, as famílias azimutais de lineamentos estruturais que predominam na área de estudo são NNW-SSE (pétala azul) e ENE-WSW (pétala verde). A orientação NNW-SSE apresenta lineamentos em direção muito coincidente, de muita frequência de ocorrência e baixo desvio padrão. Já a orientação ENE-WSW os apresenta de forma mais esparsa, com menor frequência de ocorrência se comparada à anterior e maior desvio. Outras direções retratadas nas pétalas vermelha (N-S), laranja (WNW-ESE) e

mostarda (NNE-SSW) apresentam orientações de considerável ocorrência e baixo desvio padrão, porém de menor significância no recorte.

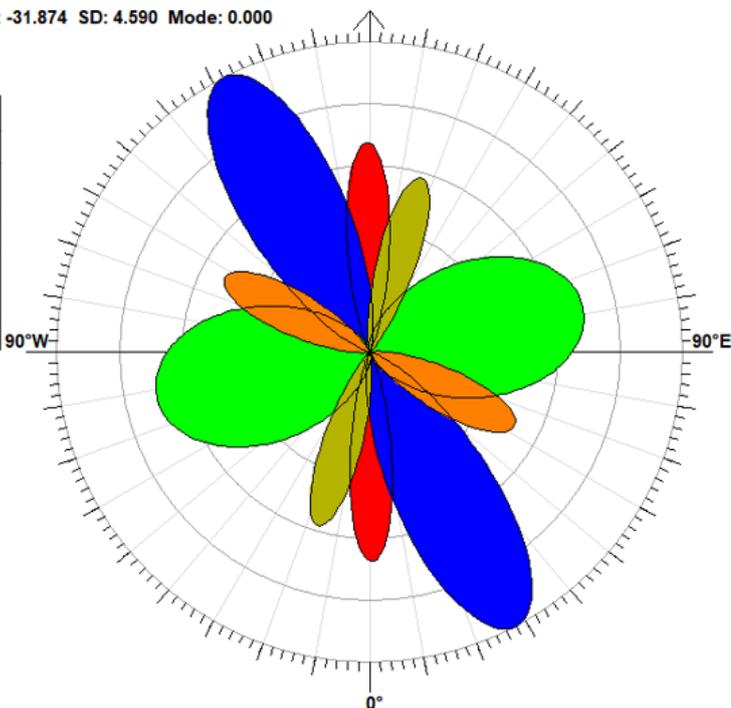
**Figura 21** – Diagrama em roseta para orientação de lineamentos da área de estudo.

Frequency Gaussians

Tot.Data: 662 h-max: 33 h-min: 0 h-mean: 7.356 Mean: -31.874 SD: 4.590 Mode: 0.000

RMS = 0.635

GAUSSIAN PARAMETERS					
#	%	Nor. H.	Max H.	Azimuth	sd
1	23.03	67.36	6.287	-0.6420°	8.05°
2	55.77	100.00	9.334	-27.87°	13.14°
3	77.76	69.63	6.500	78.00°	26.31°
4	21.48	58.44	5.455	16.50°	8.66°
5	24.13	52.11	4.864	-62.68°	10.91°



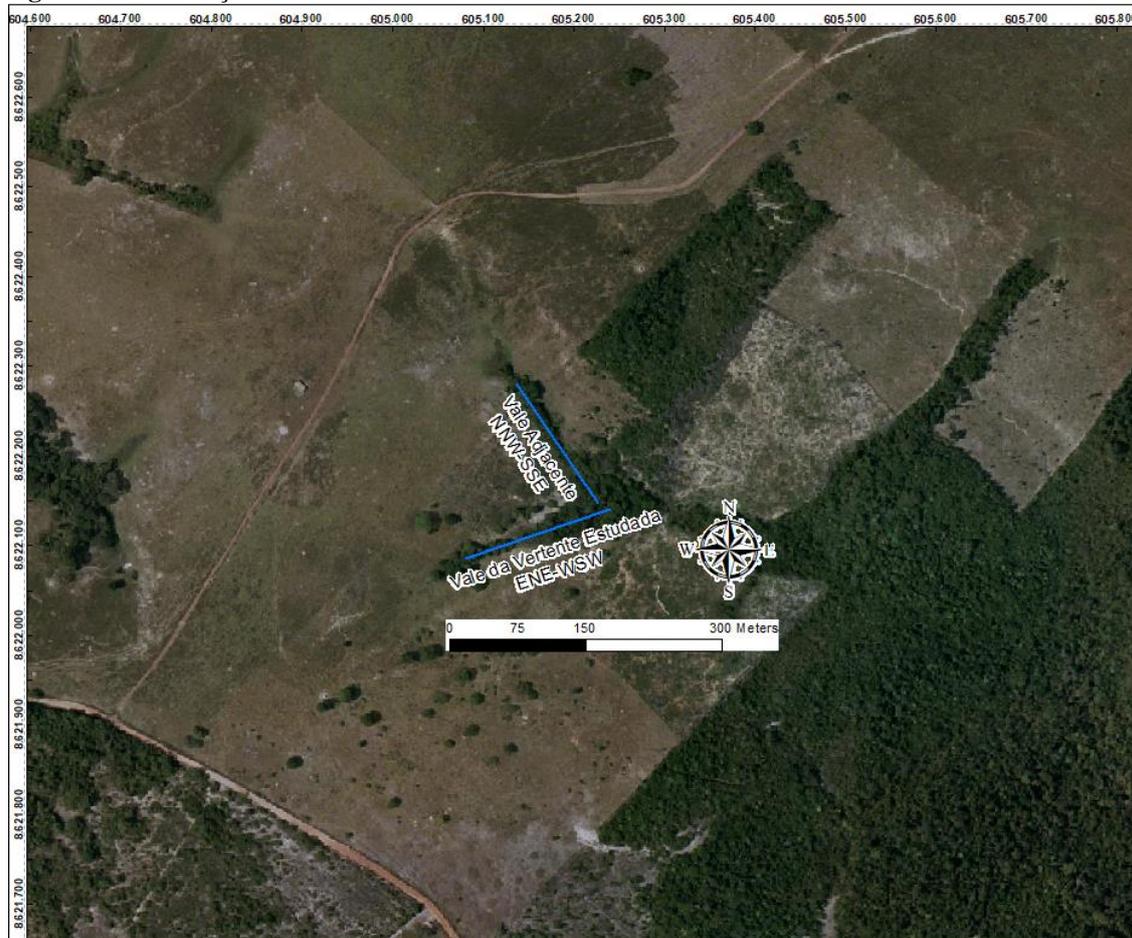
Elaborado pelo autor.

Dessa forma, considerando a identificação seguida do tratamento estatístico aos quais foram submetidos os lineamentos estruturais do embasamento cristalino (Complexo Rio Real), sabendo-se que estes se desenvolvem em paralelismo com o esforço principal que os gerou ( $\sigma_1$ ) e em perpendicularidade com o esforço mínimo de alívio das tensões ( $\sigma_3$ ), infere-se que o quadro geotectônico identificado tenha sido derivado de um campo de tensões que se desenvolveu em dois estágios ou eventos.

No primeiro deles, o esforço principal gerador provavelmente ocorreu no sentido ENE-WSW, justamente o mesmo sentido da orientação do vale estrutural que encerra a vertente estudada (pétalas verdes da figura 21), com alívio das tensões na perpendicular à esta orientação. No segundo evento, o esforço principal paralelo teria sido de orientação NNW-SSE (pétalas azuis da figura 21) - orientação do vale adjacente à vertente de estudo (figura 22) - com possível maior intensidade e de menor desvio padrão. A isto, pode-se inferir ser mais recente e não ter sofrido significativa influência

de outros esforços que perturbariam as orientações dos lineamentos gerados. Por sua vez, infere-se que este último evento possa ter gerado no primeiro as perturbações e alterações que fazem com que a família azimutal anterior (pétalas verdes) tenham maior dispersão e desvio padrão.

**Figura 22** - Orientação dos vales da vertente de estudo.



Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que esses lineamentos não somente podem se influenciar, segundo sua ordem de ocorrência, como também podem ser fruto de esforços em escalas maiores que a do recorte. Estas orientações principais de lineamentos (NNW-SSE e ENE-WSW), que refletem paralelamente os esforços principais que os geraram, são concordantes com as encontradas na Bacia de Camamu e Sul do Recôncavo (NW-SE e NE-SW), podendo ser oriundas de reativações neotectônicas de falhas antigas, da força migratória da placa tectônica e/ou resultantes da interação entre esforços de escala superior, principalmente na forma de pulsos (CORRÊA-GOMES et al., 2005).

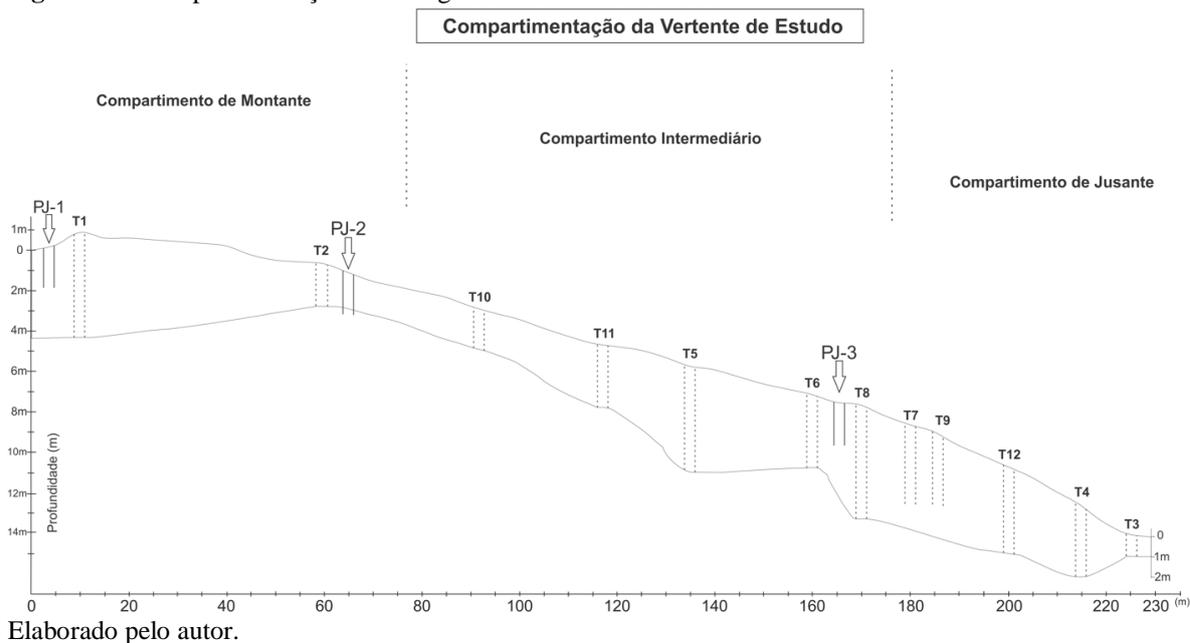
Dessa forma, observam-se, em menor frequência, orientações de esforços tectônicos que se assemelham às encontradas na porção norte do delta do Rio São Francisco que retratam um padrão de orientação WNW-ESE, concordante com a pétala laranja do diagrama (figura 21). Já a sul deste mesmo delta, observa-se uma orientação NW-SE que se aproxima, não somente geograficamente da área de estudo, como também da direção mais frequentemente observada nela (pétala azul – figura 21) (LIMA et al., 2014). Estas relações reforçam, ainda mais, a inter-relação entre diferentes escalas e a perpetuação destes esforços tectônicos originários das feições de falhas, juntas e lineamentos.

Desde o Mesozóico, as evidências sugerem que os esforços principais (sigma 1) foram predominantemente verticais, com o desenvolvimento majoritário de falhamentos de cinemática normal, constituindo o que se conhece como Estágio 1 dos eventos tectônicos que conduziram a evolução estrutural do substrato geológico. Mais adiante, a ambiência tectônica alterou-se para um cenário mais transformante (Estágios 2 e 3), com esforço principal na dimensão horizontal e falhas/cinemática do tipo cisalhante registrada nos sedimentos Terciários e Quaternários, o que reafirma sua cronologia posterior à do estágio anterior (CORRÊA-GOMES et al., 2005).

## 5.2 TOPOSSEQUÊNCIA

Os resultados aqui apresentados seguirão a sequência montante-jusante da vertente estudada, conforme os compartimentos de vertente identificados na figura 23. A delimitação desses compartimentos seguiu, como critério, a identificação de alterações na forma, natureza da cobertura pedológica e estágio dos materiais reliquiaes encontrados em conjunção com as características físicas e químicas de laboratório. A linha externa, que corresponde ao traçado do perfil topográfico da vertente, representa sua morfologia e formas dos compartimentos. Já a linha interna ao gráfico corresponde ao alcance máximo das tradagens ou perfis feitos ao longo de sua extensão (figura 23). Dessa forma, o que se tem enquanto síntese do posicionamento dos perfis e tradagens na vertente estudada é o modelo representado na figura 24, que busca representar as características principais dos volumes que compõem a cobertura pedológica e suas mais significativas alterações morfológicas ao longo da vertente.

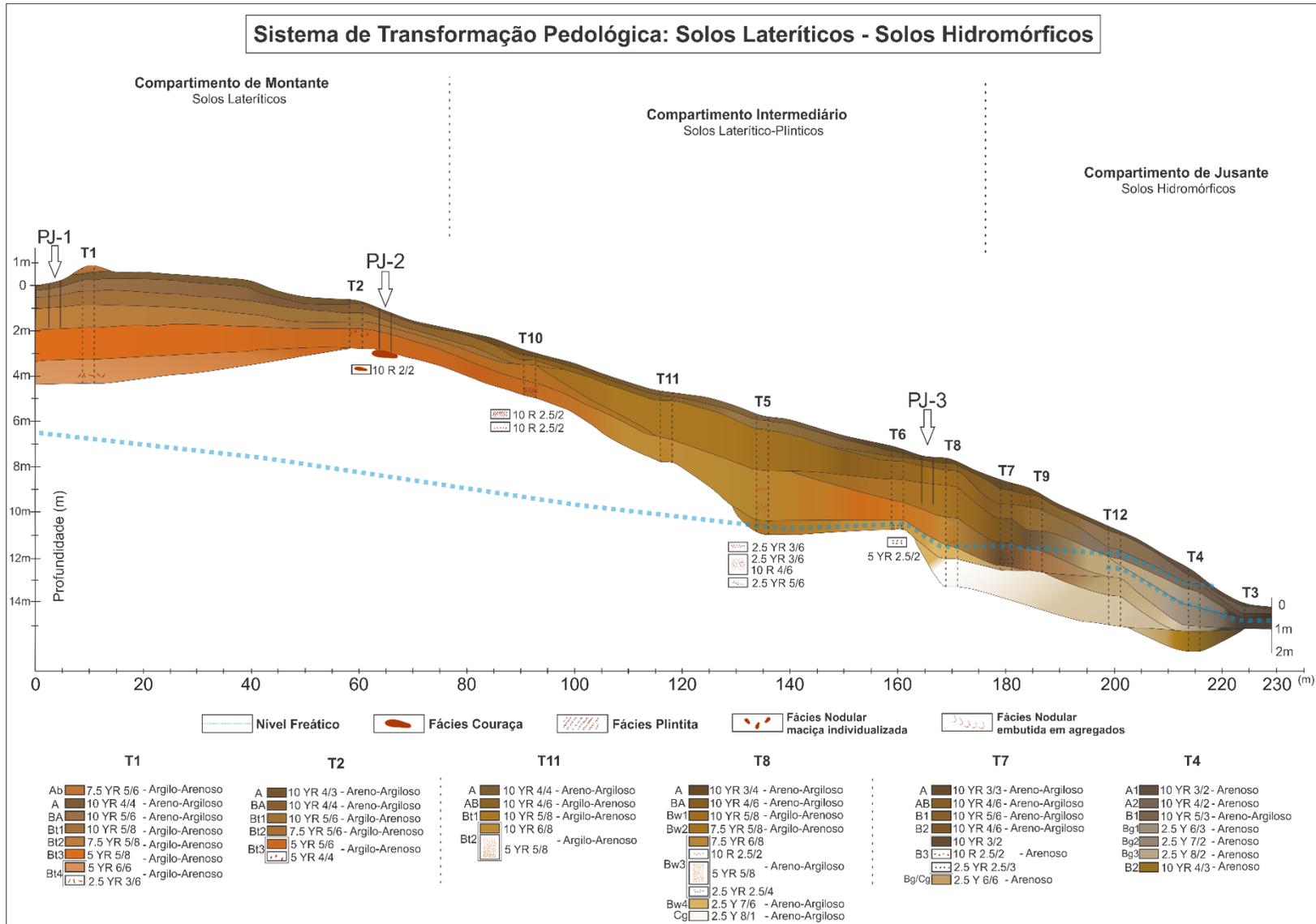
**Figura 23** - Compartimentação morfológica da vertente estudada.



Dessa forma, na topossequência (figura 24) estão representadas as características dos solos amostrados em tradagens ou perfis. Assim, observou-se na vertente, de montante a jusante, volumes lateríticos, mais avermelhados que amarelados, mais argilosos e com a presença de feições concrecionárias encouraçadas e nodulares bem desenvolvidas no Compartimento de Montante que transicionam para uma cobertura de meia vertente, ainda laterítica, mais amarelada, menos argilosa, com feições plínticas e nodulares fracas, principalmente no contato próximo com o nível freático. A partir da meia vertente e, principalmente, no começo do Compartimento de Jusante, onde a altura do lençol é mais próxima e sua atuação se faz presente, percebe-se um inicial empalidecimento dos volumes e posterior escurecimento no sopé da vertente por acúmulo de material orgânico associado à inexistência de feições lateríticas (figura 24).

O nível freático a montante da tradagem 5 (onde foi encontrado o nível freático pela primeira vez) foi identificado através de informações obtidas por métodos geofísicos de encaminhamento elétrico (Apêndice II). Através disto, obteve-se a informação da presença de água a cerca de 6,5 metros de profundidade na T1 que se aproxima gradualmente da superfície ao longo das tradagens.

Figura 24 – Representação gráfica da cobertura pedológica na vertente de estudo.



Elaborado pelo autor.

### 5.2.1 Compartimento de Montante

O compartimento de montante da vertente de estudo se constitui num setor de topo, de baixa declividade, resultando no aspecto geral de uma morfologia inicialmente tabular que transiciona e se consolida, ao final, em formas convexizadas. Nele, há a presença de um cupinzeiro anexo ao perfil PJ-1 que ressalta uma leve saliência ao traçado morfológico do compartimento, predominantemente retilíneo-convexo. Já ao final do compartimento, de natureza convexa, abarcou a Tradagem 2 (T2) e o perfil PJ-2.

#### 5.2.1.1 Caracterização Morfológica

O primeiro perfil (figura 25) desta topossequência é ponto de partida comum com o trabalho realizado por Andrade (2018). Deste perfil, seguiu-se na direção 25° N para a execução deste estudo, direção oposta ao referido trabalho de Andrade (2018), que vai em direção à depressão fechada, enquanto o presente trabalho em direção ao vale. A descrição morfológica do perfil em comum foi reaproveitada, enquanto a abertura de um novo perfil foi feito com o objetivo de coletar novas amostras.

Neste perfil, de dois metros de profundidade, foi observada uma gradação de cor que se inicia no matiz 10YR nos dois horizontes mais superficiais (A e AB), passando pelo 7.5 YR nos dois subsequentes (Bt1 e Bt2) e o encerra no matiz 5YR no horizonte mais profundo (Bt3). Os valores e cromas se mantêm na faixa 5/6 nos horizontes Bt, enquanto apresentam um leve aumento da saturação da cor nos horizontes superficiais, passando de 4/4 (A) a 4/6 (AB) – quadro 1.

Da mesma forma, uma transição de textura se processa com o aprofundamento do perfil. Os dois horizontes mais superficiais apresentaram textura areia-franca, enquanto todos os horizontes Bt subsequentes alteraram para volumes mais avermelhados e de textura franco-arenosa, refletindo uma maior participação da argila na matriz textural do solo.

**Figura 25** - Perfil de topo - PJ-1 – Abertura feita por Andrade (2018).



Fonte: ANDRADE (2018).

Estes dois horizontes (A e AB) apresentaram, predominantemente, estrutura granular com ocorrência associada de blocos pequenos e médios, de grau moderado. São friáveis, apresentam consistência não plástica e não pegajosa (A) que evolui para ligeira plasticidade e pegajosidade (AB). Todos os horizontes Bt apresentam o predomínio de blocos médios e grandes de grau moderado, associados a uma consistência seca macia (Bt1) que passa a ligeiramente dura (Bt2 e Bt3), se mantendo friável e friável a firme em profundidade. Todos estes horizontes B apresentaram significativa plasticidade e pegajosidade, refletindo o incremento de argila na composição da matriz granulométrica do solo. Todas as transições entre os horizontes identificados foram graduais. O quadro 1 sumariza as características morfológicas do perfil PJ-1.

Apesar de não identificar nenhum caractere laterítico concrecionário, a Tradagem 1 (T1), realizada muito próxima deste perfil, revelou a presença de nódulos ferruginosos bastante avermelhados a cerca de cinco metros de profundidade, muito provavelmente produto da decomposição do cimento ferruginoso que contribui no leve incremento de finos na composição granulométrica geral, dadas as evidências morfológicas da vertente

de um quadro de instabilização da couraça e contribuição na pedogênese a partir da decomposição desta.

**Quadro 1** - Características morfológicas - PJ-1.

PJ-1 - TOPO							
Horizonte	Profundidade (cm)	Cor	Textura (Lab)	Estrutura	Consist. Seca/Consist. Úmida	Consist. Molhada	Transição
A	0-20	10YR 4/4	Areia Franca	Granular com blocos pequenos e médios; Moderada	Friável	Não plástica e não pegajosa	Transição gradual
AB	20-45	10YR 4/6	Areia Franca	Granular com blocos pequenos e médios; Moderada	Macia, friável	Ligeiramente Plástica e ligeiramente pegajosa	Transição gradual
Bt1	45-95	7,5YR 5/6	Franco-Arenosa	Blocos médios e grandes; Moderada	Macia a ligeiramente dura, friável	Muito Plástica e muito pegajosa	Transição gradual
Bt2	95-140	7,5YR 5/6	Franco-Arenosa	Blocos médios e grandes; Moderada	Ligeiramente dura, friável a firme	Muito Plástica e muito pegajosa	Transição gradual
Bt3	140-200	5YR 5/6	Franco-Arenosa	Blocos médios e grandes; Moderada	Ligeiramente dura, friável	Muito Plástica e muito pegajosa	Transição gradual

Adaptado de ANDRADE (2018).

Passando ao segundo perfil (PJ-2, figura 26) está no fim do Compartimento de Montante e próximo à transição para o Compartimento Intermediário. Contendo cinco horizontes descritos, foi encontrado um pavimento concrecionário horizontalmente contínuo a 2,1m de profundidade que segue em profundidade e não pôde ser ultrapassado por uso de pá, podendo somente ser fragmentado por cavadeira ou picareta. Devido à sua significativa espessura, ainda que por fragmentação, não foi possível aprofundar a extensão vertical da couraça.

Como no PJ-1, percebe-se uma gradação de cor refletida na transição de um matiz 10YR (horizontes A e AB), passando por 7.5YR (Bt1), até 5YR (Bt2 e Bt3), finalizando com o matiz 10R da couraça. Dessa forma, percebe-se de forma muito mais nítida e menos gradual uma passagem para matizes cada vez mais avermelhados em profundidade. Desde os horizontes mais superficiais, as colorações já se apresentam bem saturadas, com cromas a partir de 6, ainda que com baixos valores (3 e 4). Em profundidade, acabam por estabilizar em valores 5 e 6 e croma 8, aumentando ainda mais a saturação da cor. Na couraça, o matiz bastante avermelhado apresenta baixa saturação da cor e tonalidade escurecida refletido no 2/2.

**Figura 26** – Perfil de topo-meia vertente - PJ-2.



Acervo pessoal.

No horizonte Bt2 foi encontrado um setor com elevada porosidade e revolvimento, com aspecto de um volume com presença de um material granular esbranquiçado, como mostrado na figura 27. Este setor foi denominado Bt2MB (material branco) e foi separadamente descrito e submetido a análises para verificar sua composição e mineralogia.

A couraça, encontrada na base do perfil, apresentou um aspecto endurecido, envolvida por um córtex goethítico levemente vermelho-amarelado por fora e escuro avermelhado por dentro. Ao ser quebrada, evidencia grânulos bastante angulosos de quartzo cimentados por óxidos de ferro, perfazendo uma estrutura concrecionária adensada e endurecida, constituindo aspecto pseudoconglomerático (conforme figura 28). Da mesma forma como no PJ-1, a mudança de matiz no PJ-2 acaba por acompanhar uma importante alteração de textura: nos horizontes superficiais, onde o matiz 10YR se faz presente, a textura é franco-argilo-arenosa. Com a alteração transicional de 7.5YR (horizonte Bt1) para 5YR (horizontes Bt2 e Bt3), a textura passa para argilo-arenosa, denotando um incremento ainda maior da argila na participação da matriz granulométrica do solo – quadro 2.

**Figura 27** - Posição e aspecto do setor MB do horizonte Bt2 - PJ-2.



Acervo pessoal.

**Quadro 2** – Características morfológicas – PJ-2.

PJ-2 - TOPO/MEIA							
Horizonte	Profundidade (cm)	Cor	Textura (Lab)	Estrutura	Consist. Seca/Consist. Úmida	Consist. Molhada	Transição
A	0-20	10YR 3/6	Franco-Argilo-Arenosa	Blocos subangulares a granular; pequenos; com unidades estruturais fracas	Macia, friável	não plástica e não pegajosa	transição ondulada gradual
AB	20-60	10YR 4/6	Franco-Argilo-Arenosa	Blocos subangulares que se desfazem em microagregados; pequenos; com unidades estruturais fracas	Macia, friável	não plástica e não pegajosa	transição ondulada e gradual
Bt1	60-130	7,5YR 5/8	Argilo-Arenosa	Blocos subangulares que se desfazem em microagregados; pequenos; com unidades estruturais fracas	Macia, friável	ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	transição ondulada gradual
Bt2	130-163	5YR 5/8	Argilo-Arenosa	Blocos subangulares que se desfazem em microagregados; pequenos; com unidades estruturais fracas	Macia, muito friável	ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	transição ondulada difusa
Bt3	163-210	5YR 6/8	Argilo-Arenosa	Blocos subangulares que se desfazem em microagregados; pequenos; com unidades estruturais fracas	Macia, muito friável	ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	transição ondulada abrupta
Couraça	210+	10R 2/2	Areia Franca	-	-	-	-

Elaborado pelo autor.

**Figura 28** - Aspecto morfológico da couraça ferruginosa em campo e em laboratório.



Acervo pessoal.

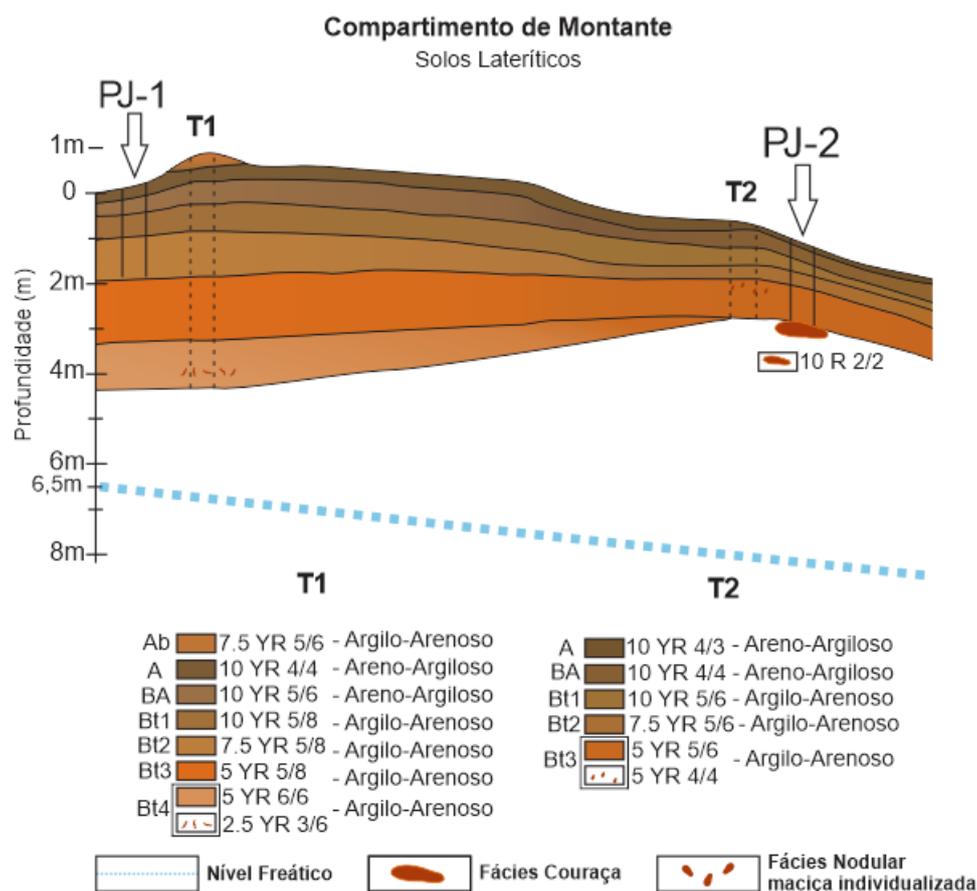
Sob o matiz 10R (couraça ferruginosa), a textura se apresenta como areia franca, refletindo a alta participação de grãos em tamanho areia, fortemente cimentados pelos óxidos de ferro (quadro 2).

A estrutura em todos os horizontes não-concrecionários é fraca e em blocos subangulares pequenos que se desfazem facilmente em outros ainda menores, exceto no horizonte A, quando se desfazem em estrutura granular pequena. Todos apresentaram consistência macia e friável, ainda mais acentuada nos horizontes Bt2 e Bt3. Os dois horizontes mais superficiais não apresentaram plasticidade e pegajosidade, enquanto todos os horizontes Bt são ligeiramente plásticos e ligeiramente pegajosos. Todas as transições são onduladas, sendo graduais do A ao Bt1, quando para o Bt2 se torna difusa e abrupta para a couraça ferruginosa subjacente (quadro 2).

Ambas as tradagens 1 e 2 (T1 e T2, representadas na figura 29) apresentaram feições lateríticas concrecionárias em meio a um manto predominantemente argiloso, em profundidades diferentes. Na T1, nódulos ferruginosos foram coletados no material tradado a cerca de 500 cm de profundidade enquanto na T2 foram encontrados a 140 cm. Em ambos os casos, nos setores onde ocorrem estes nódulos, a textura se apresenta localmente mais arenosa. A T2 teve sua perfuração obstruída pela couraça já mais próxima da superfície, impedindo a passagem do trado. Ambas tradagens exibiram volumes pedológicos bastante avermelhados principalmente em maiores profundidades e nódulos avermelhados e escuros (2.5YR 3/6, 5YR 5/6 e 4/4). Descrições morfológicas mais detalhadas destas tradagens estão presentes no Apêndice V.

A figura 29 sumariza a configuração morfológica do Compartimento de Montante, inclusos os perfis PJ-1 e PJ-2, além das tradagens T1 e T2:

**Figura 29** - Morfologia do compartimento de montante - Tradagens e perfis.

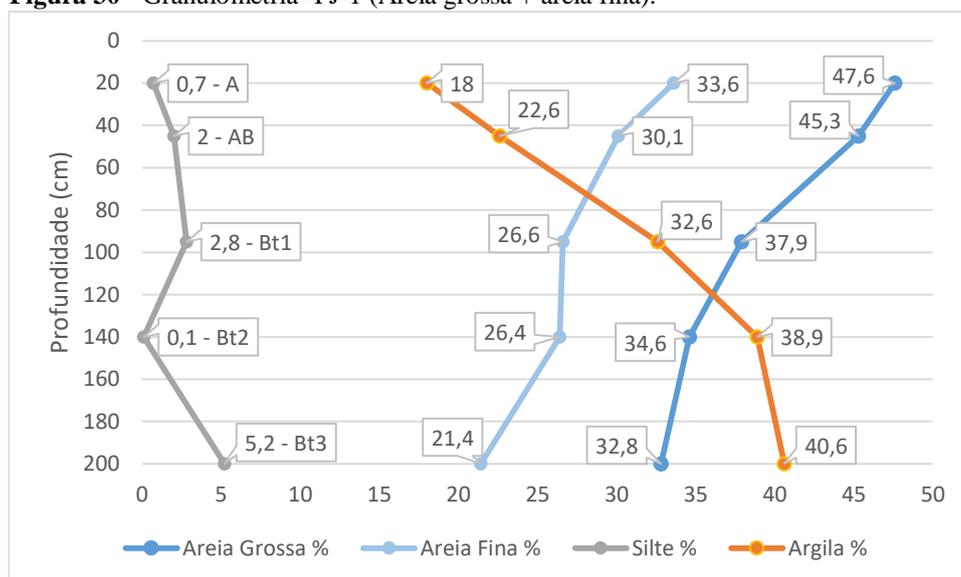


Elaborado pelo autor.

### 5.2.1.2 Atributos Físico-Químicos

O PJ-1 apresenta, como já discutido, textura areia franca nos horizontes A e AB e franco arenosa nos três horizontes mais subsuperficiais Bt1, Bt2 e Bt3. A disposição, em profundidade, das frações granulométricas presentes na figura 30 retrata o arranjo proporcional entre elas:

**Figura 30** - Granulometria -PJ-1 (Areia grossa + areia fina).



Elaborado pelo autor.

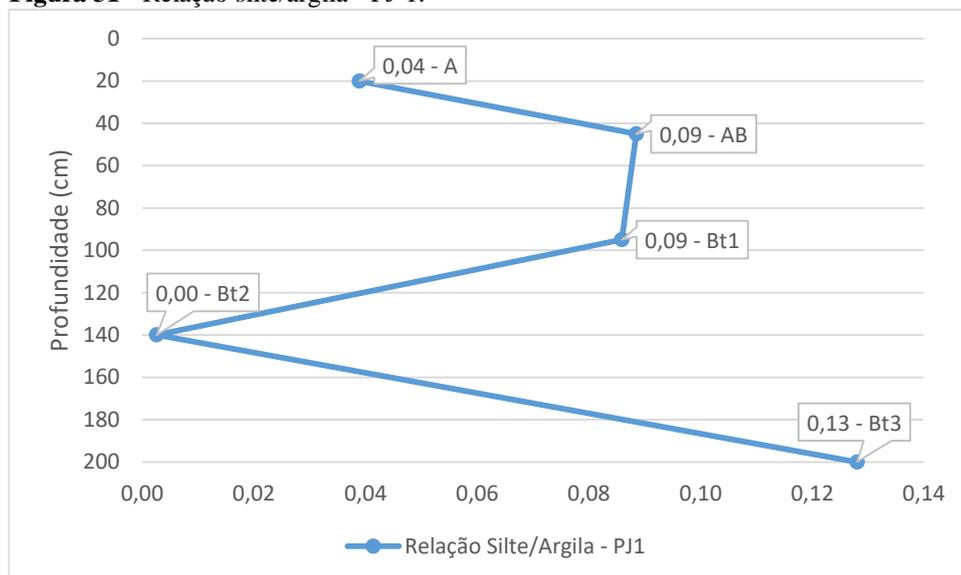
Como pode ser observado na figura 30, as sub-frações areia grossa e areia fina apresentam decréscimo conjugado, não demonstrando comportamento diferencial entre elas ao longo do perfil. A fração silte apresenta valores baixos em torno de 0,7% a 2,8% até o horizonte Bt2, quando chega a 5,2% no B3, quase duplicando o maior valor encontrado (Bt1). Já a argila apresenta uma tendência de aumento da participação no sentido da profundidade do perfil, principalmente nos horizontes Bt2 e Bt3, chegando a atingir 38,9% e 40,6% da matriz granulométrica do solo (figura 30). Associado à diminuição das frações areia fina e areia grossa, faz com que o PJ-1 se configure como um perfil de horizontes mais argilosos em profundidade, onde se verifica maior pegajosidade e plasticidade.

Tais arranjos granulométricos fazem com que os horizontes A, AB e Bt1 estejam enquadrados no grupamento textural médio, enquanto o Bt2 e Bt3 se apresentam como horizontes de textura argilosa. Dessa forma, foi verificado um gradiente textural de

1.76, sem mudança textural abrupta, entre os horizontes A-AB e Bt1, segundo a referência do SiBCS (SANTOS et al., 2018).

A relação silte-argila (figura 31) se mantém em baixos valores e oscila dentro de intervalos pequenos ao longo de toda extensão vertical do perfil, sendo extremamente sensível a baixos incrementos de argila.

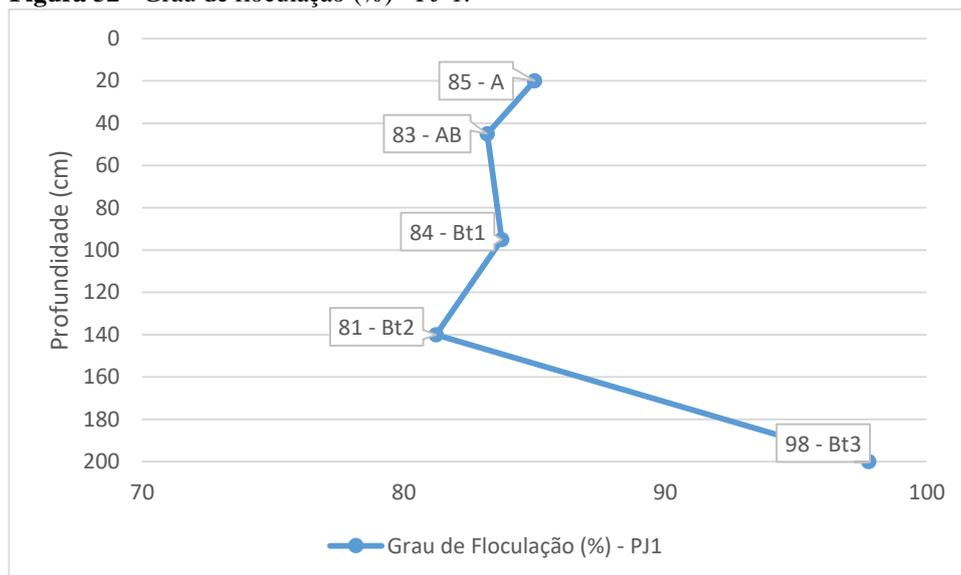
**Figura 31** - Relação silte/argila - PJ-1.



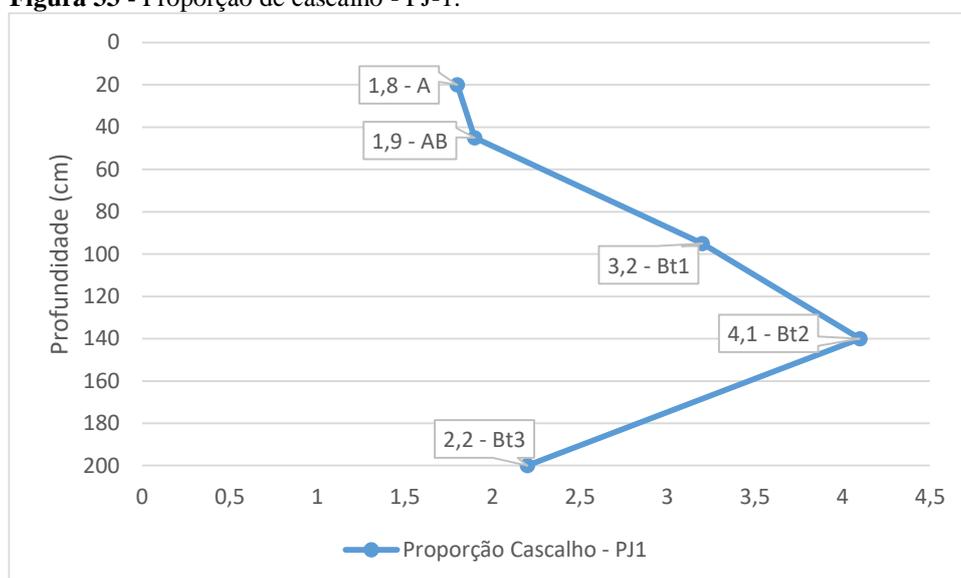
Elaborado pelo autor.

O Grau de flocculação (figura 32), por sua vez, se apresenta acima de, pelo menos, 83% em todos os horizontes, atingindo 98% no horizonte Bt3. Demonstra, dessa forma, que a maior parte da argila flocculada, não dispersa e menos móvel, se encontra nos quatro horizontes mais superficiais. No horizonte Bt3, praticamente a totalidade das argilas estão flocculadas.

A proporção de cascalho, tomada pela massa desta fração em relação à massa total da amostra coletada, reflete a participação das estruturas individualizadas com tamanho superior a dois milímetros na amostra de solo. Através dela, pode-se inferir aspectos importantes como granoascendência ou granodecrescência no perfil de solo, que apontam para processos pedogeobioquímicos importantes de decomposição de estruturas concrecionárias ou remobilização de estruturas pedológicas por agentes da pedofauna, além de discontinuidades granulométricas possivelmente fruto de processos erosivos (figura 33).

**Figura 32** - Grau de flocculação (%) - PJ-1.

Elaborado pelo autor.

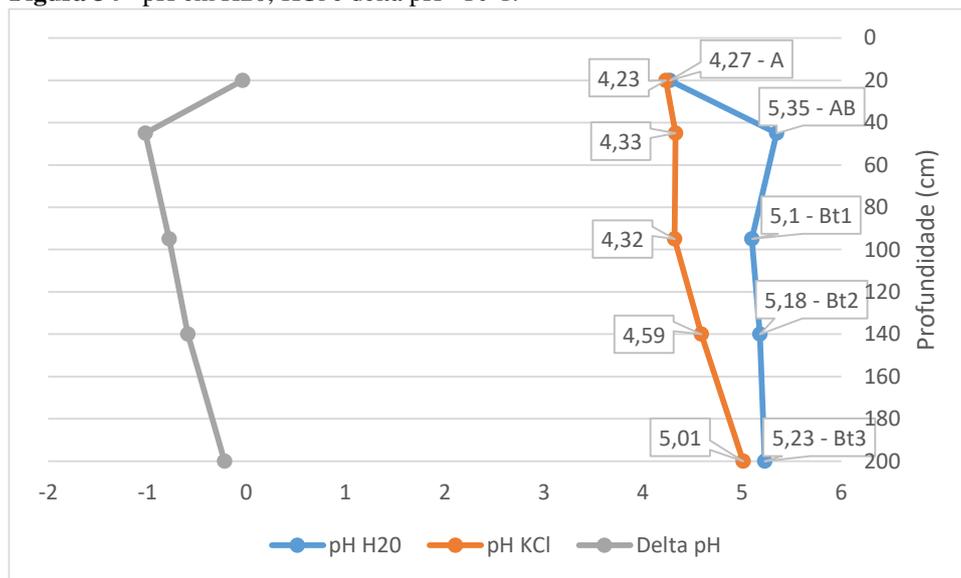
**Figura 33** - Proporção de cascalho - PJ-1.

Elaborado pelo autor.

Dentro do PJ-1, observa-se, com o aumento da profundidade, uma granoascendência até o horizonte Bt2, onde então a proporção de cascalho (composto por nódulos e grãos angulosos de quartzo) decai. No horizonte Bt3 essa proporção volta a cair para níveis semelhantes aos encontrados nos horizontes A e AB (figura 33). Isso revela, portanto, um horizonte Bt3 com a maior ocorrência dessa fração, que se apresenta frequentemente como grãos angulosos de quartzo, muito relacionados à natureza madura do material de origem pouco selecionada e à couraça.

O pH em água se mantém próximo a 5, denotando acidez moderada da solução do solo ao longo de todos os horizontes. Isso aponta para um material de natureza bastante intemperizada que afeta inclusive a solubilidade de micro e macronutrientes importantes ao desenvolvimento edáfico. Já o pH em KCl cresce gradualmente desde 4.23 (horizonte A) até 5 (horizonte Bt3), reiterando a natureza ácida da cobertura pedológica do PJ-1. A figura 34 retrata as duas extrações de pH, juntas ao delta pH, predominantemente negativo:

**Figura 34** - pH em H<sub>2</sub>O, KCl e delta pH - PJ-1.



Elaborado pelo autor.

Assim, o delta pH se mantém negativo ao longo de todo perfil, denotando o predomínio de cargas negativas nas superfícies coloidais da composição do solo. Se apresenta bem próximo a zero no horizonte A, caindo no horizonte AB seguinte e aumentando gradativamente nos seguintes até novamente se aproximar novamente de zero (figura 34).

A soma de bases se mantém baixa ao longo de todo o perfil, sendo somente pouco mais alta nos horizontes superiores devido à influência da matéria orgânica. A capacidade de troca catiônica (CTC) também é muito baixa e responde principalmente pela presença do alumínio. Todos os horizontes são distróficos, não ultrapassando 11% da cobertura dos sítios de troca ocupados por bases e elementos nutrientes. A saturação por alumínio é significativa nos horizontes superiores, ultrapassando 50%. O quadro 3 sintetiza os dados analíticos químicos do PJ-1.

**Quadro 3 - Atributos químicos - PJ1.**

PJ-1 - TOPO														
Horizonte	Profundidade (cm)	pH			Complexo Sortivo (cmolc/kg)								Valor V (%) sat. de bases	100Al / S+Al
		H <sub>2</sub> O	KCl	Delta pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>+++</sup>	H+Al	Valor T		
A	0-20	4,27	4,23	-0,04	0,18	0,12	9	-	0,32	0,29	2,6	2,92	11	48
AB	20-45	5,35	4,33	-1,02	0,1	0,06	5	-	0,17	0,2	2,3	2,47	6,9	54
Bt1	45-95	5,1	4,32	-0,78	0,04	0,03	1	-	0,07	0,29	2,3	2,37	3	81
Bt2	95-140	5,18	4,59	-0,59	0,03	0,06	1	-	0,09	0	1,6	1,69	5,3	0
Bt3	140-200	5,23	5,01	-0,22	0,06	0,09	1	-	0,15	0	1,3	1,45	10,3	0

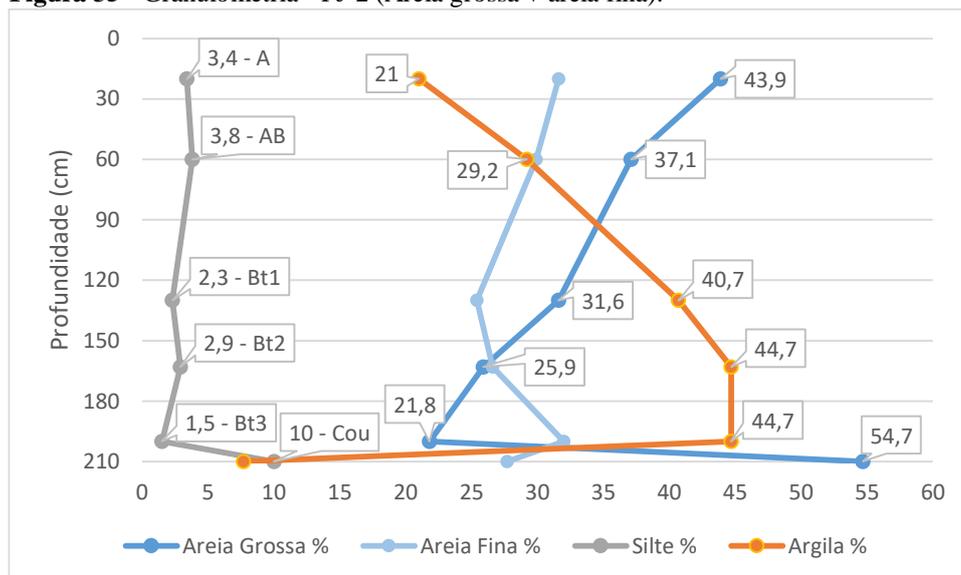
Elaborado pelo autor.

Desta forma, entende-se que este conjunto de características morfológicas, químicas e físicas se integram para a constituição de um pacote laterítico homogeneizado, vermelho-amarelado (que se avermelha em profundidade), inicialmente arenoso, mas predominantemente argiloso nos horizontes B que reflete um quadro de incremento de argila em profundidade suficiente para a identificação de um gradiente textural sem mudança abrupta que o classifica como Argissolo Amarelo Distrófico Típico no setor de topo da vertente (SANTOS et al., 2018).

Passando ao PJ-2, observa-se, pela análise da figura 35, dois padrões que revelam domínios verticais distinguíveis no perfil: um domínio friável homogêneo acima da couraça e outro domínio não-friável concrecionário representado pelo próprio ferricrete, na base do perfil a 2,10m. Sua distinção é útil ao entendimento, não só das características mensuradas, como também do comportamento dos seus atributos.

Avaliando a granulometria dentro do domínio friável, observa-se um aumento progressivo das porcentagens de argila desde o horizonte A até o Bt3, chegando a 44,7%, consolidando-o como um setor argiloso. Em concomitante, as frações areia grossa e areia fina decrescem, enquanto o baixo conteúdo de silte pouco se altera (figura 35).

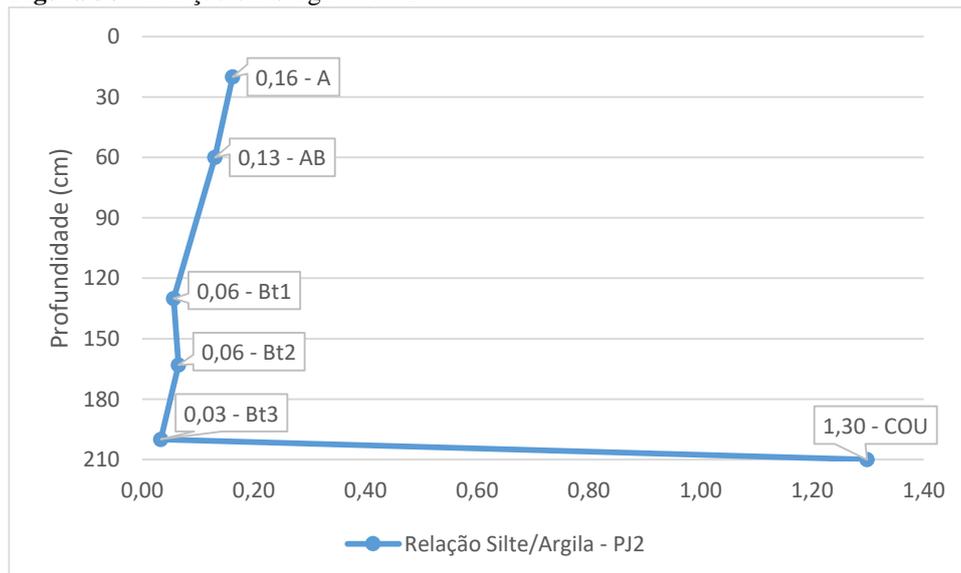
Passando ao domínio não friável concrecionário, o comportamento das frações apresenta outra configuração, com acentuada diminuição da argila para 7,7% e aumento da porcentagem do silte para 10%. A areia fina se mantém relativamente estável, ficando entre 32% e 25% e a areia grossa apresenta considerável aumento, atingindo a 54,7% da composição, conforme demonstrado na mesma figura.

**Figura 35** - Granulometria - PJ-2 (Areia grossa + areia fina).

Elaborado pelo autor.

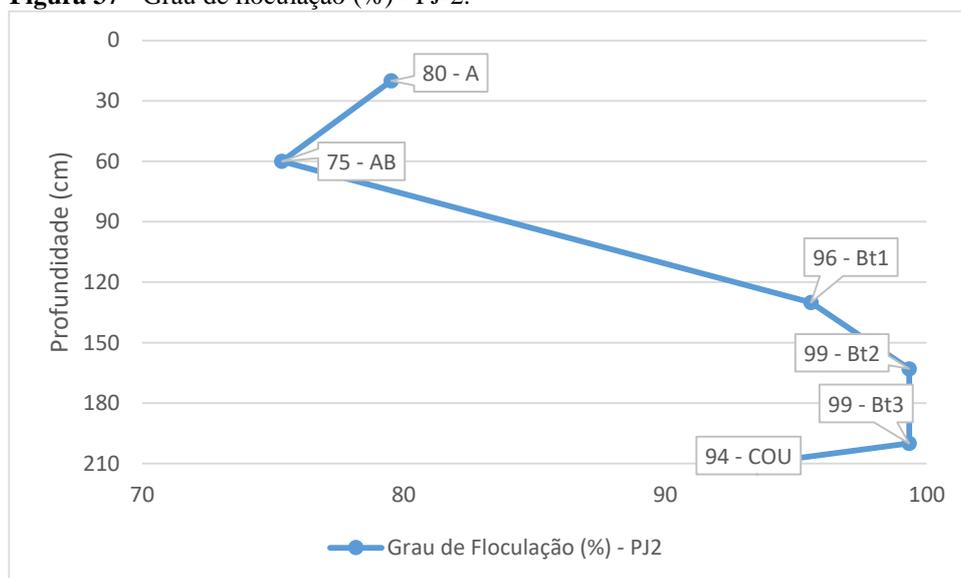
Assim, tendo em vista este arranjo granulométrico, os horizontes A e AB se enquadram como horizontes de textura média enquanto todos os horizontes B (Bt1, Bt2 e Bt3) são classificados como de textura argilosa. A couraça, subjacente, pertence ao grupamento textural arenoso. Foi verificado um gradiente textural de 1.72 sem mudança textural abrupta entre os horizontes A-AB e Bt, conforme referenciado no SiBCS (SANTOS et al., 2018).

A relação silte/argila (figura 36) se mantém bastante baixa, denotando a virtual inexistência de minerais primários facilmente intemperizáveis na cobertura pedológica. Estes valores iniciam em 0.16 no horizonte A, decrescendo gradativamente até 0.03 no horizonte Bt3. De forma excepcional, a relação aumenta significativamente na couraça em resposta à forte queda das porcentagens de argila e infere-se que isto poderia ser ocasionado pela dispersão insuficiente das frações silte e argila da amostra de couraça, fazendo com que os dados para a fração silte estejam superestimados.

**Figura 36 -** Relação silte/argila - PJ-2.

Elaborado pelo autor.

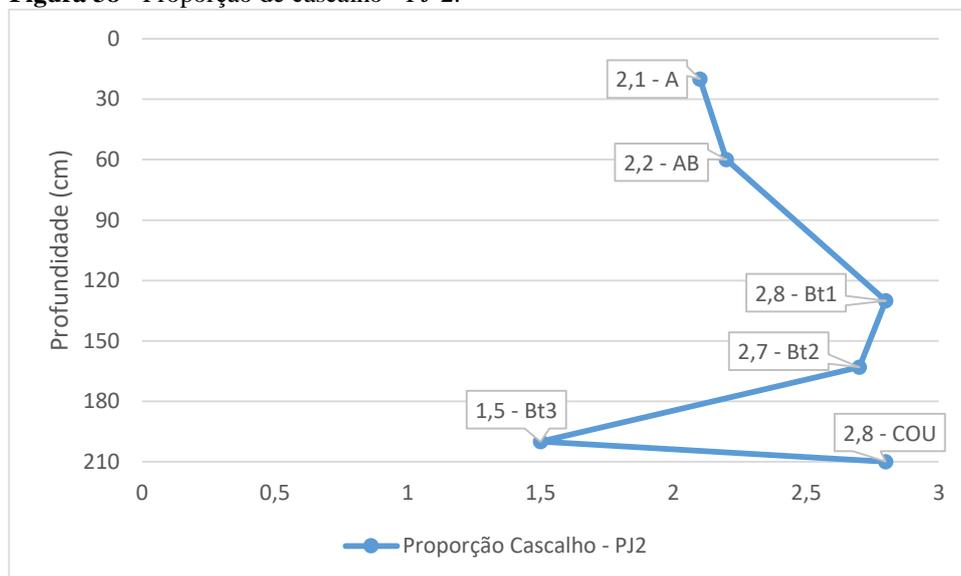
O Grau de flocculação (figura 37) se apresenta, inicialmente, em percentuais bem parecidos com os dos horizontes superficiais do PJ-1. No entanto, com o aprofundamento do perfil, principalmente nos horizontes Bt (Bt1, Bt2 e Bt3), as argilas se encontram quase totalmente flocculadas, atingindo 94 a 99% de flocculação. Somente na couraça se encontra uma discordância com o padrão de tendência ao aumento da flocculação, desde o topo. Nos horizontes A e AB, os valores menores (80 e 75%, respectivamente) indicam uma porção maior de argilas dispersas, passíveis de remobilização preferencialmente vertical e susceptibilidade física à erosão.

**Figura 37 -** Grau de flocculação (%) - PJ-2.

Elaborado pelo autor.

A proporção de cascalho (figura 38), em relação à amostra total coletada, inicia de valores mais altos em relação ao perfil anterior, apresentando gradual incremento ao longo do perfil até o horizonte Bt2. Esse padrão indica uma tendência ligeira de granoascendência do topo até a base do perfil, onde está a couraça.

**Figura 38** - Proporção de cascalho - PJ-2.

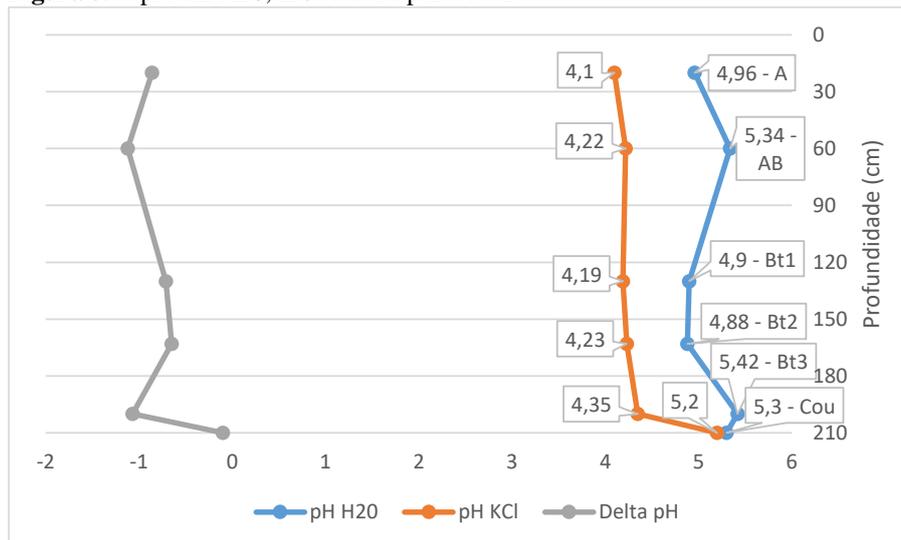


Elaborado pelo autor.

O pH (figura 39) em água varia entre 4.88 e 5.42, reafirmando a natureza moderadamente ácida da cobertura pedológica e da solução do solo. A extração por KCL se mantém mais estável, apresentando leve tendência de aumento de 4.1 a 5.2 com a profundidade. A influência da matéria orgânica e dos ácidos húmicos e fúlvicos por ela liberados acaba por contribuir num cenário de horizontes superficiais mais ácidos, ainda que os horizontes Bt1 e Bt2 sejam mais profundos e apresentem valores de acidez semelhantes a estes dentro deste domínio friável.

O delta pH se mantém negativo ao longo de todo o perfil, refletindo o predomínio de cargas negativas nos sítios coloidais de troca dos componentes do solo. Somente na couraça o valor se aproxima de zero, atingindo o maior valor dentre os aferidos.

Figura 39 - pH em H<sub>2</sub>O, KCl e delta pH – PJ-2.



Elaborado pelo autor.

A análise dos atributos químicos (quadro 4) mostra um baixo valor para a soma de bases, com reduzida disponibilidade destas, predominantemente ocupada por potássio, que decresce em profundidade. A capacidade de troca de cátions (CTC) é também baixa e decresce em profundidade, sendo significativa a participação do alumínio em sua composição. Todos os horizontes são distróficos, sendo pouco ocupadas as superfícies de adsorção por bases nutrientes. A saturação por alumínio cresce em profundidade com o maior avanço intempérico dos volumes pedológicos até o horizonte Bt3, onde decai para 59% e finaliza em 0 na couraça ferruginosa.

Quadro 4 - Atributos químicos - PJ-2.

PJ-2 - TOPO/MEIA														
Horizonte	Profundidade (cm)	pH			Complexo Sortivo (cmolc/kg)								Valor V (% sat. de bases)	100Al / S+Al
		H <sub>2</sub> O	KCl	Delta pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>+++</sup>	H+Al	Valor T		
A	0-20	4,96	4,1	-0,86	0,2	0,13	11	0	0,36	0,2	4,2	4,56	7,9	36
AB	20-60	5,34	4,22	-1,12	0,17	0,06	7	0	0,25	0,29	3,1	3,35	7,5	54
Bt1	60-130	4,9	4,19	-0,71	0,05	0	1	0	0,05	0,39	2,3	2,35	2,1	89
Bt2	130-163	4,88	4,23	-0,65	0,04	0	1	0	0,04	0,2	1,9	1,94	2,1	83
Bt3	163-210	5,42	4,35	-1,07	0,14	0	1	0	0,14	0,2	1,4	1,54	9,1	59
Couraça	210+	5,3	5,2	-0,1	0,03	0,03	3	0	0,07	0	1,1	1,17	6	0

Elaborado pelo autor.

O conjunto de características morfológicas e químico-físicas, do PJ-2 permite classificar o solo em Argissolo Amarelo Distrófico Típico, com teores de argila ainda maiores e uma maior proximidade da couraça se comparado ao perfil PJ-1.

### 5.2.1.3 Fluorescência de Raios X (FRX)

As análises de Fluorescência de Raios X (FRX) para o PJ-1 geraram os resultados que estão dispostos no quadro 5. A composição oxídica por FRX aponta para um quadro de predomínio de óxidos de silício que decrescem em profundidade, seguido por Alumínio, com participação crescente nos horizontes Bt. O Cálcio, Magnésio, Fósforo, Sódio, Potássio e Manganês aparecem em quantidades menos significativas, reflexo da baixa estabilidade das estruturas minerais que compõem em ambiente de solo e intemperismo (pH), em materiais de origem e de sua alta solubilidade.

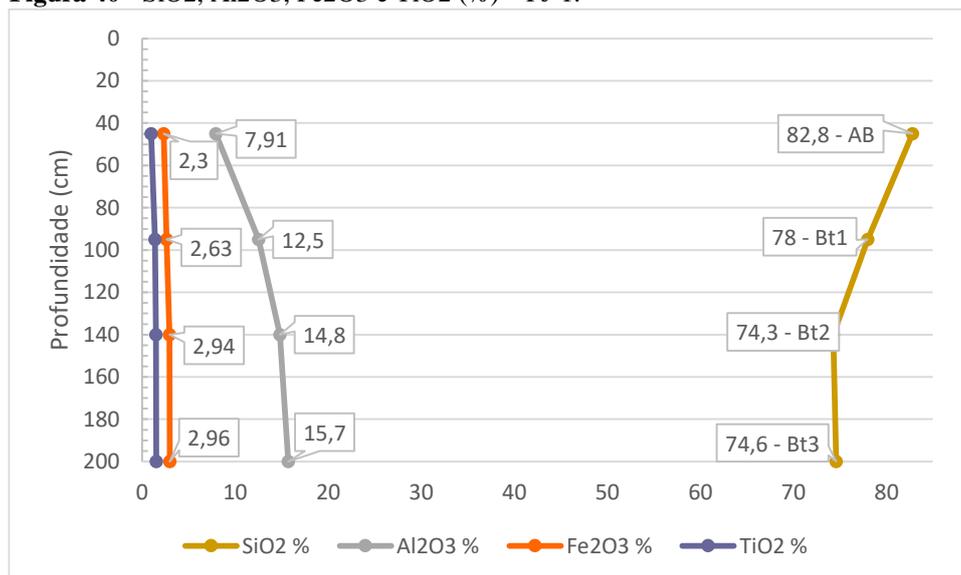
**Quadro 5** - Composição oxídica por FRX para o PJ-1.

PJ-1 - TOPO												
Horizonte	Profundidade (cm)	Teor dos Óxidos (%) - FRX										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	LOI
A	0-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AB	20-45	82,8	7,91	2,3	0,71	0,15	0,94	0,02	<0,1	<0,01	0,02	4,92
Bt1	45-95	78	12,5	2,63	0,06	<0,1	1,36	0,03	<0,1	<0,01	<0,01	6,25
Bt2	95-140	74,3	14,8	2,94	0,16	0,11	1,46	0,02	<0,1	0,01	<0,01	6,93
Bt3	140-200	74,6	15,7	2,96	0,03	<0,1	1,51	0,02	<0,1	<0,01	<0,01	7

Elaborado pelo autor.

A participação do Silício na composição das estruturas minerais do solo no PJ-1 decresce em profundidade, dando espaço para o aumento proporcional de outros componentes como o Ferro e, principalmente, Alumínio. A figura 40 retrata a variação do Silício, Alumínio, Ferro e Titânio nas formas oxídicas ao longo dos horizontes do PJ-1.

O Alumínio, por sua vez, aumenta sua participação na composição química do solo com a profundidade, passando de cerca de 8% no horizonte AB até 15,7% no horizonte B3 num gradual crescimento até a base do perfil. Isso reflete uma composição de maior presença alumínica nos minerais formados em ambiente de solo (sobretudo Caulinita e Gibbsita), principalmente nos horizontes Bt1, Bt2 e Bt3, de maior desenvolvimento pedológico (figura 40).

**Figura 40** - SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub> (%) – PJ-1.

Elaborado pelo autor.

O Ferro apresentou comportamento parecido, com um gradual e ligeiro aumento em profundidade. Constituindo 2,3% no horizonte mais superficial AB, atinge cerca de 3% no horizonte Bt3, num paulatino aumento que se estabiliza ao final do perfil. Acompanha, assim, o aumento da participação do alumínio em conjunção com a diminuição do silício, possivelmente entrando de forma mais frequente na composição mineralógica ou em substituição isomórfica das espécies presentes nos horizontes mais subsuperficiais.

Da mesma forma, o Titânio mostra um acréscimo em profundidade, desde o horizonte AB (0,94%) até o horizonte Bt3 (1,51%). Tratando-se de um elemento pouco móvel, a baixa variação, ainda que sob tendência de aumento nos horizontes Bt, reflete a alta estabilidade desse elemento em todos os horizontes. Refletem, ainda, o avançado grau de intemperismo dos horizontes B e desenvolvimento da cobertura pedológica.

No PJ-2, os resultados de Fluorescência de Raios X (quadro 6) também apontaram uma composição predominantemente silicosa, com os óxidos de silício integrando, no mínimo 74%, das estruturas minerais dos horizontes, excetuada a couraça ferruginosa. De forma semelhante ao PJ1, as outras participações mais significativas são dos óxidos de Alumínio, Ferro e Titânio. Outras formas oxídicas, de menor valência e estabilidade, se apresentam bastante reduzidas como Cálcio, Magnésio, Manganês, Fósforo e

Potássio, evidenciando e reforçando a natureza laterítica da composição da cobertura pedológica.

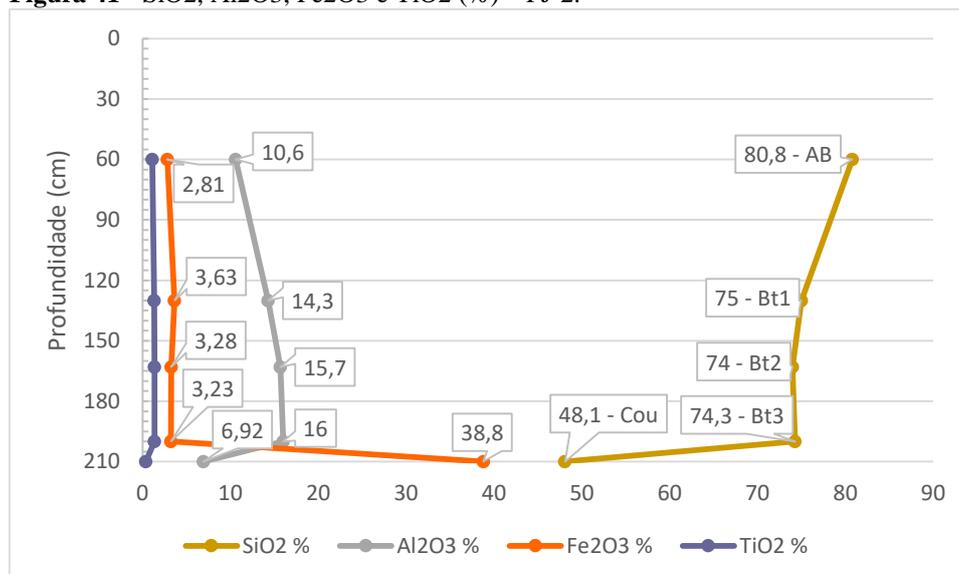
**Quadro 6** - Composição oxídica por FRX para o PJ-2.

PJ-2 - TOPO/MEIA												
Horizonte	Profundidade (cm)	Teor dos Óxidos (%) - FRX										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	LOI
A	0-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AB	20-60	80,8	10,6	2,81	0,04	<0,1	1,11	0,02	<0,1	<0,01	<0,01	5,59
Bt1	60-130	75	14,3	3,63	0,02	<0,1	1,33	0,02	<0,1	<0,01	<0,01	6,75
Bt2	130-163	74	15,7	3,28	0,02	<0,1	1,37	0,02	<0,1	<0,01	<0,01	7,03
Bt3	163-210	74,3	16	3,23	0,01	<0,1	1,37	0,02	<0,1	<0,01	<0,01	6,73
Coureira	210+	48,1	6,92	38,8	<0,01	<0,1	0,36	0,04	<0,1	0,01	<0,01	6,27

Elaborado pelo autor.

A análise do comportamento de elementos específicos, como o Silício (figura 41), ao longo do perfil evidencia um comportamento de decréscimo proporcional da participação dos óxidos de silício na estrutura dos minerais de solo. Perfazendo cerca de 80% no horizonte AB, decresce pouco e gradativamente até atingir 74,3% no horizonte Bt3. Uma queda ainda maior é registrada na coureira ferruginosa, devido ao decréscimo em participação do Silício em face do aumento bastante significativo do ferro por processos pedológicos de concrecionamento e cimentação da matriz do solo.

**Figura 41** - SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub> (%) – PJ-2.



Elaborado pelo autor.

Por outro lado, o Alumínio apresenta comportamento de aumento gradual, partindo do topo do perfil para a sua base. Com 10,6% no horizonte AB, atinge 16% no horizonte

Bt3, com gradual acréscimo entre eles, principalmente ao adentrar nos horizontes Bt, especialmente no horizonte Bt1. Da mesma forma como o silício, apresenta expressiva queda ao ser aferido na couraça, devido ao predomínio do ferro em sua composição, fazendo com que outros componentes percam proporcionalmente espaço na participação.

O Ferro apresenta pouca variação desde o horizonte mais superficial (AB – 2,81%) até o horizonte Bt3, com 3,23%, com maior porcentagem no horizonte Bt1 (3,63%), excetuada a couraça ferruginosa. Nela, a participação dos óxidos salta da faixa dos 3% e atinge 38,8%, refletindo um acúmulo relativo destes, principalmente na forma de Hematita e Goethita, que atuam como agentes cimentantes da matriz do solo, predominantemente areno-argilosa.

O Titânio acompanha o comportamento padrão de todos os outros óxidos, com gradual e leve aumento, tendo pouca alteração relativa desde o topo até a base do perfil, com um significativo decréscimo na couraça, predominantemente dominada por óxidos de ferro na sua composição. Os valores para o Titânio se iniciam em 1,11% no horizonte AB, aumentando lentamente até um alcançar 1,37% nos horizontes Bt2 e Bt3. Em seguida, na couraça, atinge as menores porcentagens - 0,36%.

Assim, em suma, a composição por FRX também segue dois padrões como os distinguíveis pela textura: um friável homogêneo e outro concrecionário. Dentro do domínio friável, observa-se um decréscimo dos teores de sílica desde o horizonte mais superficial analisado (AB) até o horizonte Bt3, em valores que se inclusive se assemelham ao perfil anterior PJ-1. Verifica-se que o mesmo acontece com o Alumínio, apresentando um pequeno aumento em profundidade, em proporções semelhantes. O Ferro, apresenta comportamento pouco variável no perfil, com aproximadamente 3% da composição amostral. O Titânio segue a mesma tendência, com valores inferiores a 3% (figura 41).

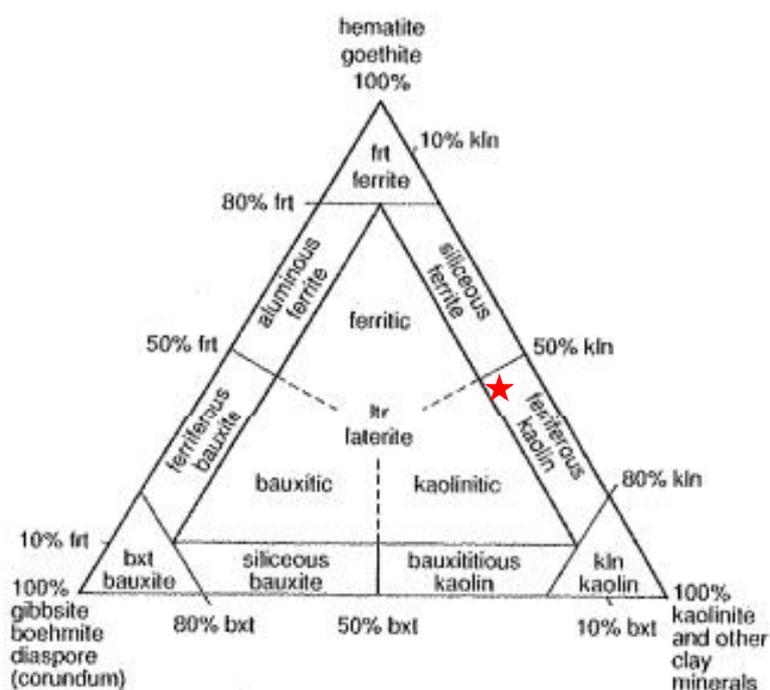
Passando ao domínio concrecionário, onde foi encontrada a couraça amostrada, percebe-se uma diminuição muito significativa da sílica e Alumínio, associado ao

aumento expressivo do Ferro, refletindo o processo de concentração, cimentação e concrecionamento na constituição do ferricrete.

Levando em consideração esta couraça ferruginosa basal representada na figura 28, constituída por grãos de quartzo angulosos e mal-selecionados, cimentada internamente por óxidos de ferro (principalmente hematita) e envolvida por um córtex externo de alteração predominantemente goethítico, juntamente com sua composição (quadro 6), é possível classificá-la, segundo sua proporção composicional (Si, Al e Fe) e conforme a proposta de Bardossy; Aleva, (1990 apud THOMAS, 1994).

Dessa forma, considerando sua composição química, a couraça ferruginosa que embasa os perfis estudados pode ser classificada como Ferrífero-Caulinítica, conforme representado pelo ponto em vermelho plotado no triângulo, que posiciona a intersecção dos teores de Si, Fe e Al presentes nela (figura 42).

**Figura 42** - Posicionamento da couraça da vertente na classificação composicional de lateritas.



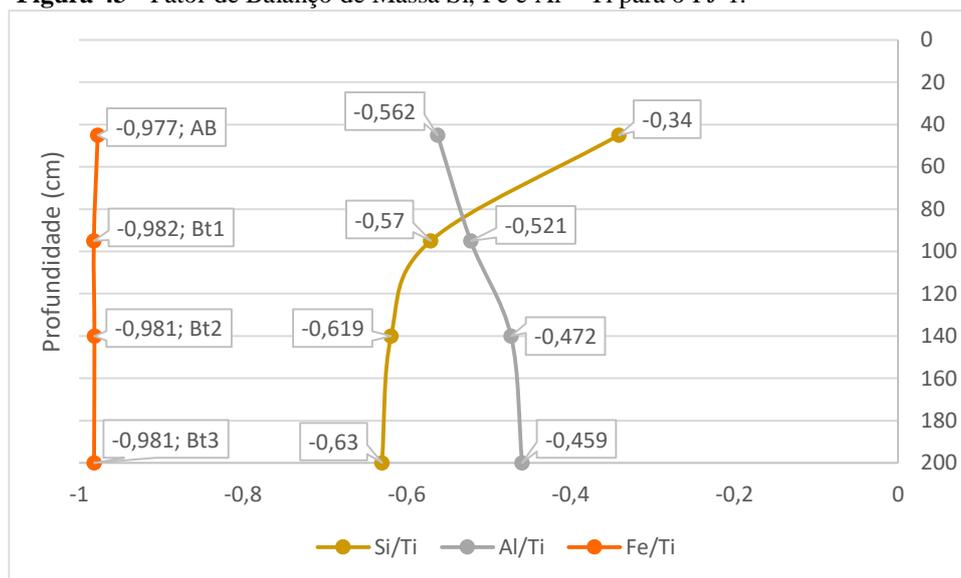
Adaptado de THOMAS, 1994.

#### 5.2.1.4 Balanço de Massa Couraça-Solos (PJ-1 e PJ-2)

Para o cálculo do fator de balanço de massa, foi tomada a couraça ferruginosa como material parental de referência para todos os cálculos dos horizontes dos três perfis buscando avaliar a possível filiação entre ela e os solos sobrejacentes, além do comportamento de perda ou ganho no perfil dos elementos Si, Al e Fe, sendo considerado como referência elemento o Titânio, por sua baixa mobilidade e alta estabilidade em solos (figuras 43 e 44, para o PJ-1 e PJ-2, respectivamente).

Observando o gráfico do balanço de massa para o perfil PJ-1 (figura 43), percebem-se perdas constantes do ferro ao longo de todo o perfil em relação ao material parental, com um leve ganho no horizonte mais superficial AB. O Silício apresenta um ganho em direção à superfície, com perdas maiores nos horizontes Bt ao longo da profundidade. Por fim, o Alumínio apresenta um padrão inverso, com horizontes superficiais mais empobrecidos e ganho deste elemento em profundidade nos horizontes Bt.

**Figura 43** - Fator de Balanço de Massa Si, Fe e Al – Ti para o PJ-1.

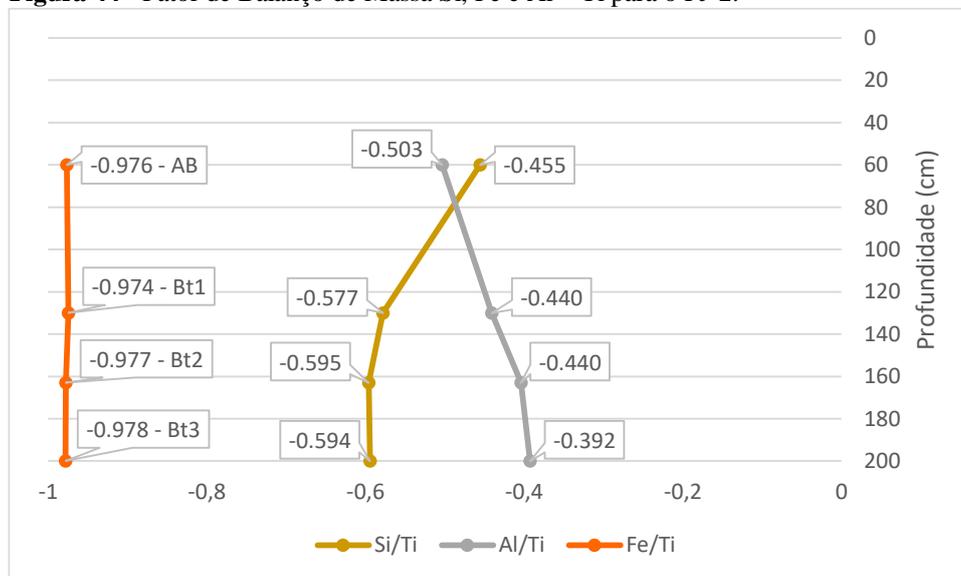


Elaborado pelo autor.

A partir do cálculo e disposição dos dados nos gráficos (figura 43 e 44), observa-se que, de forma absoluta, todos os elementos sofrem perda em relação à couraça ferruginosa no perfil PJ-2, posicionando-se no lado negativo do gráfico. O Alumínio um padrão semelhante ao encontrado no PJ-1, com ganhos relativos em direção aos horizontes Bt vindos de empobrecimento superficial do horizonte AB. O Silício novamente exhibe

padrão inverso, com enriquecimento na porção superficial e maiores perdas nos horizontes subsuperficiais enquanto o Ferro apresenta perdas acentuadas e constantes ao longo de todo o perfil.

**Figura 44** - Fator de Balanço de Massa Si, Fe e Al – Ti para o PJ-2.



Elaborado pelo autor.

#### 5.1.2.5 Difratomia de Raios X (DRX)

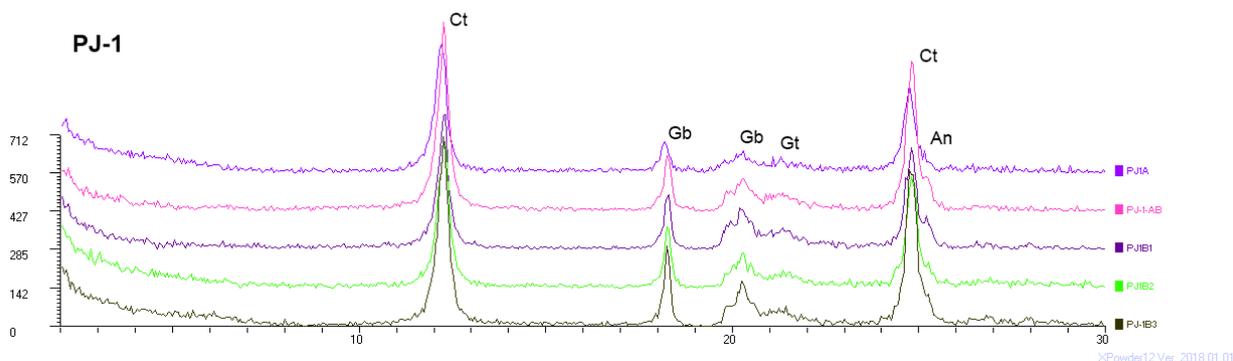
As análises de difratometria de raios X foram conduzidas após separada a fração argila e submetida segundo duas amplitudes de varredura: uma primeira de 2° a 30°, buscando identificar as principais fases minerais contidas nas amostras e outra de 2° a 60°, aumentando o espectro de identificação com o objetivo entender quais outras associações minerais ocorrem em conjunto com os resultados das primeiras, com que grau de cristalinidade e em que setores laterais e verticais da vertente se processam através da intensidade dos picos e sua largura à meia-altura (LMA) (RESENDE et al., 2011). Também foi possível, nas análises mais amplas, identificar fases minerais ausentes dentro do intervalo da primeira varredura.

- **Análises de DRX - 2° a 30°**

A figura 45 exibe o difratograma de raios X referente ao PJ-1. Cada uma das linhas nele contidas, diferenciadas pela cor, representa a resposta da fração argila de seus horizontes, do topo à base.

Os resultados destas análises apontaram a existência, dentro da abertura varrida, de quatro espécies minerais no perfil PJ-1, entre elas, a Caulinita (Ct), que apresentou nitidez na identificação em dois picos conforme figura 45, aumentando sua cristalinidade com a profundidade através de picos de menor largura à meia-altura (LMA), principalmente nos horizontes B texturais.

**Figura 45** - Difratograma da fração argila (2°-30°) - PJ-1.



Elaborado pelo autor.

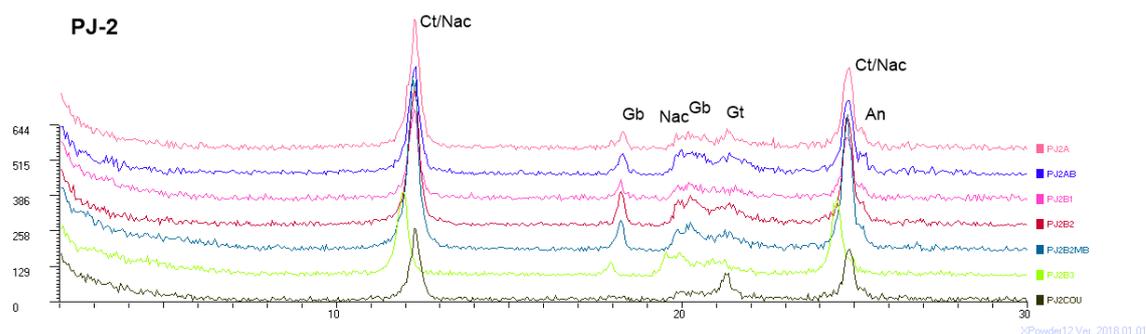
A Gibbsita (Gb), da mesma forma, também foi identificada através da presença de dois picos (figura 45). Com o aumento da profundidade, observa-se não somente um aumento da intensidade da resposta, como também o estreitamento dos picos deste mineral, apontando melhor cristalinidade e maior tamanho da estrutura mineral nos horizontes Bt, como também observado na Caulinita (figura 45).

Na mesma figura, observa-se a presença da Goethita (Gt), que apresentou com o aumento da profundidade, maior individualização e menor largura, sendo mais agudo, principalmente nos horizontes Bt2 e Bt3. Outros picos da Goethita estão além do alcance da varredura, tendo sido somente identificados nas análises de maior abertura (2° - 60°).

O Anatásio (An) foi identificado num pico adjacente ao secundário da Caulinita (Ct), conforme observado na figura 45, resaindo-se de forma ainda mais nítida nos horizontes Bt1 e Bt2. Sendo um mineral bastante estável em solos e composto por um elemento pesado e pouco móvel como o Titânio, sua presença ao longo de todos os horizontes foi identificada, sobretudo nestes dois horizontes (Bt1 e Bt2), onde indicaram ser maiores e melhor cristalizados.

Da mesma forma, o PJ-2 teve seus horizontes amostrados segundo o procedimento de difração de Raios X e gerou o difratograma representado na figura 46. Nele, foi identificado um pequeno deslocamento horizontal do gráfico referente à amostra PJ2-Bt3, em verde. Isso faz com que o gráfico desta amostra esteja levemente à esquerda dos outros, estando normal em todos os outros além desta amostra. Entende-se que tenha sido oriundo de um leve deslocamento do goniômetro analógico no momento de execução da análise desta amostra em específico.

**Figura 46** - Difratograma da fração argila ( $2^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ) - PJ-2.



Elaborado pelo autor.

Para este perfil (PJ-2), foram identificadas as mesmas quatro espécies minerais do PJ-1, com a ocorrência associada de isomorfias do grupo das Caulinitas, como a Nacrita (figura 46). Assim, apresentando diferenciações em relação à posição de certos picos e intensidades diferentes, assume-se, portanto, um quadro de co-participação de Caulinita (Ct) e Nacrita (Nac) na composição mineralógica do solo. Isso se reflete no compartilhamento de dois picos comuns à Caulinita e Nacrita, evidenciando também sua presença em um pico individual que aparece próximo ao da Gibbsita (Gb), conforme representado na figura 46.

Tanto a Caulinita, quanto a Nacrita, apresentam, nos picos compartilhados e no individual, boa cristalização e menor largura de pico desde a superfície que aumenta ainda mais em profundidade, principalmente nos horizontes Bt1, Bt2 e Bt2MB (setor do horizonte Bt2 coletado pela presença de um material esbranquiçado em meio à matriz do solo).

A Gibbsita (Gb) foi identificada nos mesmos dois picos, apresentando maior intensidade, menor largura (LMA) e picos mais intensos e agudos com o aumento da profundidade até o horizonte Bt2 e Bt2MB, como na figura 46. Dessa forma, entende-se um maior desenvolvimento das estruturas gibbsíticas em profundidade até o horizonte Bt2MB, horizontes de maior expressão da pedogênese e intemperismo. Nas amostras do horizonte Bt3 e na couraça a Gibbsita perde cristalinidade em picos mais largos.

A Goethita (Gt) aparece de forma tímida em picos de baixa intensidade relativa em todos os horizontes desde o topo, apresentando maior relevância nos horizontes Bt texturais e na couraça ferruginosa. A maior parte desse aumento se deve à transformação da cimentação, predominantemente hematítica, em formas mais hidratadas ferridríicas e sobretudo goethíticas, principalmente no córtex superficial de alteração. Os picos de hematita mais significativos estão fora do alcance de varredura desta análise.

O Anatásio (An), por sua vez, foi novamente identificado por meio de seu pico principal, que adquire menor largura e maior intensidade nos horizontes Bt e AB, sendo pior cristalizado e de menor tamanho médio nos horizontes A e na couraça.

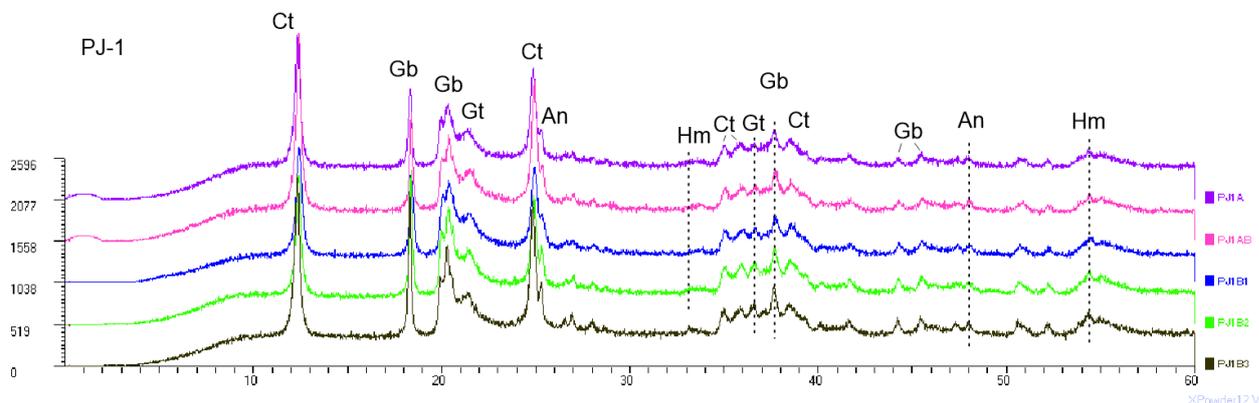
- **Análises de DRX - 2° a 60°**

Aumentando-se o ângulo de varredura das análises de difratometria de Raios X (DRX), pretendeu-se acessar informações de planos atômicos da estrutura mineral posteriores a 30°. Alguns picos, principalmente os referentes aos óxidos e hidróxidos de Ferro (Hematita e Goethita) e outros que confirmam a ocorrência dos minerais previamente identificados, ocorrem em angulações superiores a 30°. A figura 47 representa o difratograma compilando a fração argila dos horizontes do perfil PJ1.

A partir de sua observação e análise, podem ser identificadas cinco fases minerais principais: Caulinita (Ct), Gibbsita (Gb), Goethita (Gt), Anatásio (An) e Hematita (Hm). A Caulinita, previamente identificada em dois picos principais, teve sua confirmação através de mais picos posteriores a 30°. Ao longo dos horizontes, apresenta aumento da intensidade e ligeiro estreitamento na largura à meia altura (LMA) dos picos principais

e secundários, denotando uma melhor cristalização das estruturas minerais e maior tamanho médio dos cristalitos, especialmente nos horizontes Bt.

**Figura 47** – Difratoograma da fração argila (2°-60°) – PJ1.



Elaborado pelo autor.

A Gibbsita (Gb) ocorre em todos os cinco horizontes, também sendo confirmada em quatro outros picos de angulações superiores a 30°. Apresenta maior agudez e intensidade de sinal e menor LMA, indicando cristais mais desenvolvidos e melhor cristalizados à medida que se aprofunda no perfil, sobretudo nos horizontes B inferiores (Bt2 e Bt3), de maior desenvolvimento pedogênico.

A Goethita (Gt) aparece em dois picos que se apresentam largos e achatados nos horizontes mais superficiais, indicando cristais pouco desenvolvidos e mal cristalizados. À medida que se aprofunda no perfil, principalmente nos horizontes Bt, ambos os picos identificados tornam-se ligeiramente mais intensos, mais agudos e de menor LMA, refletindo uma melhor cristalização e desenvolvimento das estruturas minerais (figura 47).

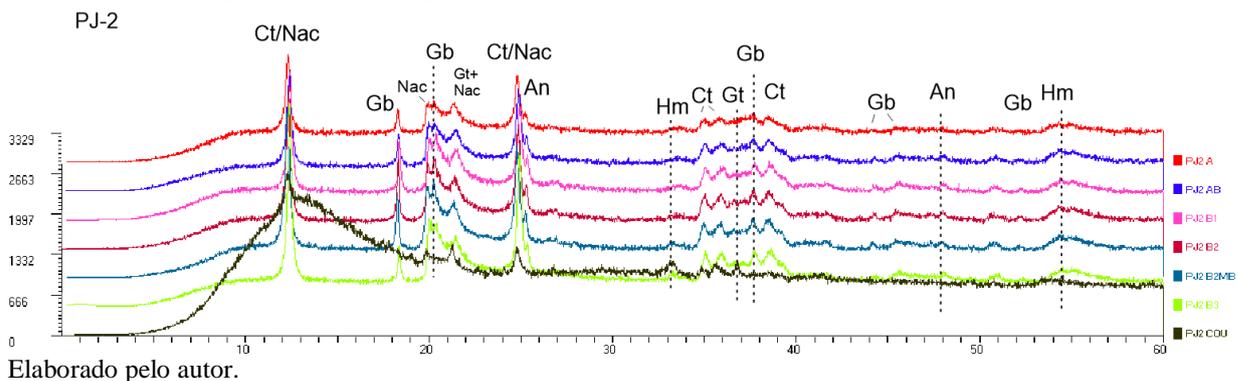
O Anatásio (An) foi confirmado pela ocorrência de seu segundo pico, para além do previamente identificado, anexo à Caulinita. Os horizontes exibem picos mais agudos e de menor LMA à medida que se aprofunda no perfil, comportando-se, da mesma maneira, que as outras espécies minerais citadas, com maior desenvolvimento e cristalização nos horizontes Bt, principalmente os mais basais e de maior expressão pedogenética.

Por fim, a Hematita (Hm) exibiu dois picos após os 30°, ambos de baixa intensidade, com o principal se localizando na parte final do difratograma. Da mesma forma, apresentou aumento da intensidade e agudez dos picos com a profundidade, sendo bastante aguçado e com maior intensidade no horizonte Bt3. Infere-se, assim, um desenvolvimento progressivo das estruturais minerais hematíticas em profundidade, atingindo melhor cristalinidade e tamanho nos horizontes Bt mais profundos.

Em suma, das fases minerais identificadas na difratometria de Raios X da fração argila do PJ-1, destacam-se a Caulinita e Gibbsita. Os picos cada vez mais agudos e estreitos indicam melhor cristalinidade e tamanho desses minerais com o aumento da profundidade, ocorrendo principalmente nos horizontes Bt, mais pedogeneticamente desenvolvidos. Secundariamente, a Goethita, Hematita e o Anatásio seguiram o mesmo padrão, ainda que em picos menos intensos, mas de cristalinidade também crescente com a profundidade.

Em relação ao perfil PJ-2, os dados de DRX deste perfil para a abertura de 2° a 60° possibilitaram a identificação de seis fases minerais, conforme pode ser observado na figura 48. Além das cinco já identificadas no perfil anterior, verificou-se, como nos ensaios de 2° a 30°, neste perfil, uma ocorrência dos picos da Nacrita nesta análise. Associada à Caulinita, foi identificada em um quadro de coexistência, a Nacrita. Caracterizada por apresentar dois picos em comum com os dois principais da Caulinita (0,717 e 0,358 nm), se difere pela presença de picos secundários a 0,441 nm e 0,413 nm, à esquerda do segundo pico da Gibbsita e o outro muito próximo ao da Goethita, respectivamente, formando um pico conjugado mais alargado (figura 48).

A Nacrita é um mineral dioctaedral componente do grande grupo dos Caulins, sendo um polimorfo da Caulinita, geralmente encontrado na fração argila. Possui fórmula química idêntica, diferenciando-se pela natureza do seu sistema cristalino monoclinico em contraposição do sistema triclinico da Caulinita (SBCS, 2019). Em virtude deste arranjo, no contexto da estrutura cristalina, as tensões angulares entre as ligações atômicas são mais tensionadas na Nacrita e contribuem para uma instabilidade maior frente a outros polimorfos como a própria Caulinita e a Diquita (BLOUNT; THREADGOLD; BAILEY, 1969; ZHENG; BAILEY, 1994).

**Figura 48** – Difratoograma da fração argila (2°-60°) – PJ2.

Dessa forma, a Nacrita é considerada como a mais rara forma dos polimorfos da Caulinita, extremamente associada geneticamente a ambientes de alta temperatura e pressão que apontam para uma origem relacionada a depósitos hidrotermais ou resultado de baixo metamorfismo como os processos geradores destas condições mais acentuadas, principalmente de temperatura, que aparenta ser o fator controlador de formação (MERRIMAN, 2005; MILLOT, 1970; ZHENG; BAILEY, 1994).

Considerando sua diferenciação morfológica, não se evidenciaram diferenciações nos picos exibidos pelo horizonte Bt2MB, onde foi verificado a ocorrência de material esbranquiçado, possivelmente de origem biológica, na cristalização das estruturas caulínicas. Na couraça ferruginosa basal (horizonte PJ2COU), verificou-se uma diminuição da intensidade dos picos principais e ausência de picos menores secundários, principalmente após 30°, refletindo um quadro de piora na qualidade cristalográfica da Caulinita no ferricrete. O ombro causado no gráfico deste horizonte após o primeiro pico se deve ao comportamento do porta-amostra específico para pequenas quantidades difratadas, visto que foi um horizonte concrecionário do qual foi muito difícil a extração da fração argila pela sua natureza granulométrica predominantemente grosseira.

A Gibbsita (Gb), por sua vez, exibiu picos bem individualizados, agudos e de menor LMA à medida em que se aprofunda no perfil de solo, onde atinge o maior e melhor desenvolvimento cristalográfico de seus cristalitos nos horizontes Bt2 e Bt3 do perfil. Os picos identificados após 30° evidenciam ainda mais esta tendência, visto que aparecem de forma muito tímida nos horizontes superficiais e são melhor identificados a

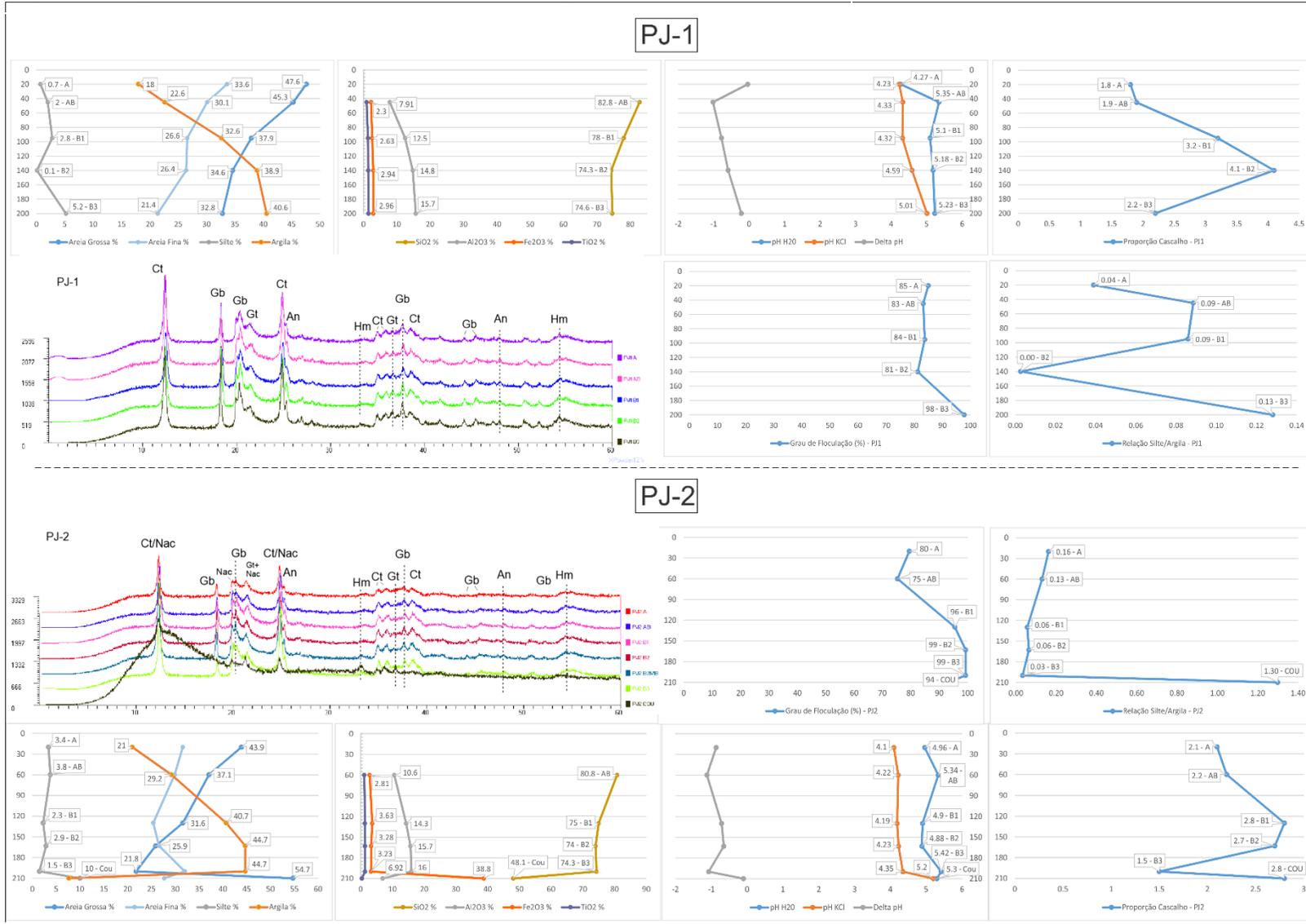
partir do horizonte Bt1 (figura 48). Não foi identificada influência na qualidade da cristalização da Gibbsita no horizonte Bt2MB.

A Goethita (Gt) revelou, neste perfil, picos bastante nítidos, agudos, individualizados e de menor LMA à medida que se aprofunda nos horizontes do PJ2, sendo mais notáveis que o do perfil anterior, PJ1. Mesmo nos horizontes superficiais, com maior influência da matéria orgânica, resai com expressividade no pico principal, anterior a 30°. Já no secundário, por volta de 37°, exibe picos mais expressivos somente a partir do horizonte Bt1 em diante. Para este mineral, foi observada uma leve retração do pico secundário no horizonte Bt2MB. Na couraça (PJ2COU), ambos os picos da Goethita apresentam-se ainda mais individualizados, agudos, intensos e com menor LMA. Isso reflete a presença deste mineral em melhor desenvolvimento de seus cristais neste horizonte concrecionário ferruginoso ao longo de todo o perfil (figura 48).

O Anatásio (An) apresentou ambos picos pouco intensos no horizonte A, ganhando intensidade e agudez nos horizontes AB e em diante, até o Bt3. Ao longo destes, apresenta boa intensidade e menor LMA à medida em que se aprofunda no perfil, denotando estruturas mais desenvolvidas e melhor cristalizadas com a profundidade. Não foi identificada qualquer diferenciação nos picos do horizonte Bt2MB para este mineral. Na couraça (PJ2COU) os picos do Anatásio não foram identificados.

Por fim, a Hematita (Hm) apresentou dois picos identificáveis: um na parte final do difratograma (a cerca de 54°) e outro a 33°. Nos horizontes lateríticos friáveis o pico mais distal apresentou progressiva agudez e menor LMA com o aumento da profundidade, principalmente nos horizontes Bt1, B2 (ambos) e Bt3, sendo pouco significativo na couraça. Já no pico a 33° o quadro se inverte e o desenvolvimento cristalográfico da Hematita neste plano atômico na amostra da couraça é melhor, com um pico significativo e de destaque, contrastante em relação aos horizontes subjacentes. A figura 49 sintetiza atributos físicos, químicos, composicionais e mineralógicos dos perfis do Compartimento de Montante.

Figura 49 – Figura-síntese das características dos solos do Compartimento de Montante.

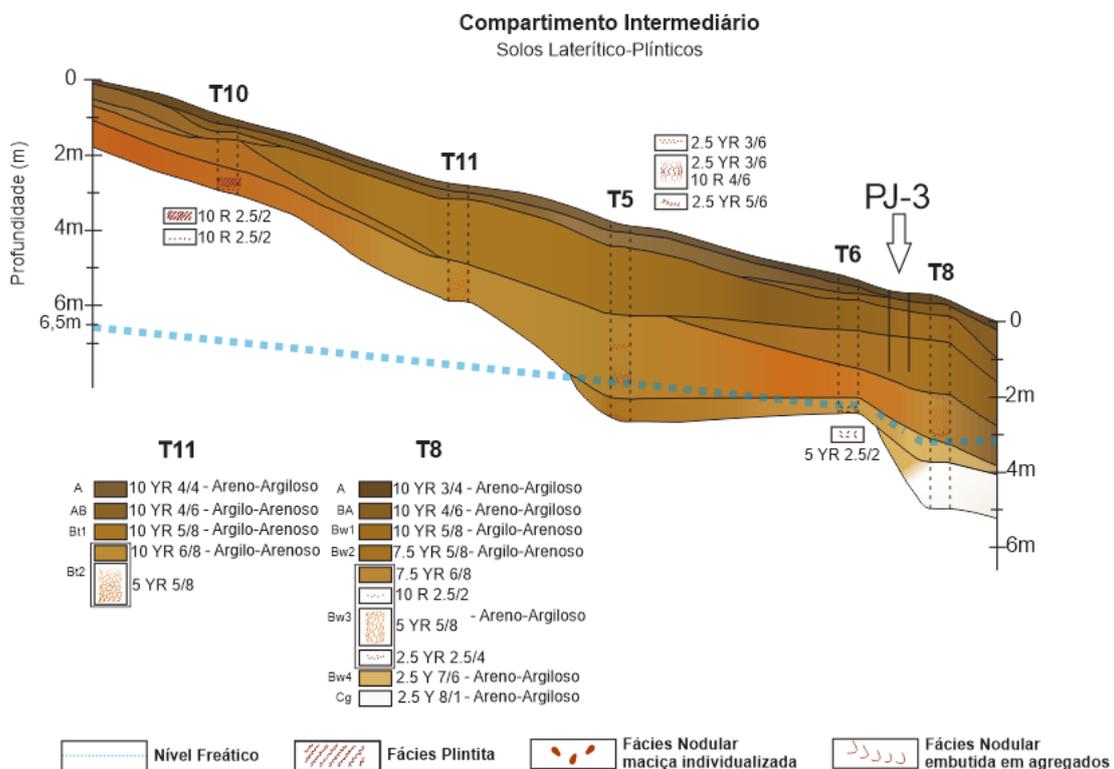


Elaborado pelo autor.

## 5.2.2 Compartimento Intermediário

Logo após o PJ-2, inicia-se o Compartimento Intermediário. Nele, a característica convexa que encerra o Compartimento de Montante se altera em uma mais retilínea, composta por seguidas e suaves alterações de declividade pequenas e sequenciais. Ao final, transiciona novamente para uma característica mais convexizada que dá início ao Compartimento de Jusante subsequente. Se constitui numa seção que exibem uma variedade de feições lateríticas e processos importantes que se dão na vertente. Dessa forma, a representação gráfica presente na figura 50 sintetiza as características morfológicas das tradagens e o perfil contidos no Compartimento Intermediário.

**Figura 50** - Morfologia do Compartimento de Intermediário - Tradagens e perfis.



Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na figura 50, este compartimento abarcou cinco tradagens (T10, T11, T5, T6 e T8) e um perfil (PJ-3) e se caracterizou por apresentar, superficialmente, os primeiros sinais mais significativos de erosão laminar e a coexistência de feições lateríticas e plínticas subsuperficialmente.

### 5.2.2.1 Caracterização Morfológica

As tradagens 10, 11 e 5 inauguram e afirmam a característica laterítico-plíntica do Compartimento intermediário (figura 50). Nelas, percebe-se uma gradual transição de colorações mais avermelhadas para outras mais alaranjadas juntamente com a presença de feições mosqueadas e nodulares em profundidade que se destacam da matriz argilosa e mais amarelada.

Ao final do compartimento, a Tradagem 8 (T8) aparece como uma tradagem-chave por ser uma transição vertical importante entre os volumes lateríticos ferralíticos e um contato com um material esbranquiçado coletado a mais de quatro metros de profundidade (figura 50). Ao longo de sua extensão vertical laterítica, a textura é argilosa e os tons são mais amarelados, com presença de mosqueados e nódulos mais vermelhos em decomposição.

Vinte centímetros abaixo dessa zona plíntica e nodular, interceptou-se o nível freático, a cerca de 380 centímetros da superfície. Este nível possivelmente oscila sazonalmente nesta zona mais arenosa e mosqueada, promovendo nova redução do ferro e decomposição das fácies nodular e plíntica, reincorporando-o à matriz do solo homogênea, laterítica e friável.

Abaixo deste nível freático, passando ao material subjacente muito embranquecido, a textura passa a ser mais arenosa e com uma presença significativa ao tato da fração silte. A textura se apresenta predominantemente arenosa enquanto percebe-se um rápido amarelecimento da matriz do solo, que por fim resulta num empalidecimento gradual dos volumes pedológicos em coloração branca (2.5Y 8/1). Todos estes volumes estão submetidos a um significativo umedecimento, estando em diversos setores encharcados ou bastante úmidos. Descrições morfológicas mais detalhadas destas tradagens estão presentes no Apêndice V.

O aspecto deste material esbranquiçado mais argiloso e sua transição, no contato com o pacote laterítico sobrejacente, além das outras tradagens, está retratado na coluna central do pedocomparador (figura 51) que comporta e representa as principais transições

verticais dos volumes pedológicos. Nele, através da amostragem dos principais volumes tradados, percebe-se a variação vertical de cores em subsuperfície. Além disso, em diversos setores de múltiplas tradagens, foram encontrados fragmentos, nódulos e volumes mosqueados.

**Figura 51** - Pedocomparador contendo as principais tradagens da vertente.



Acervo pessoal.

O único perfil do compartimento, PJ-3 (figura 52), se encontra posicionado após a tradagem 6 e antes da tradagem 8, que o encerra (figura 50). Nele, aprofundou-se cerca de 210 centímetros de profundidade sob uma cobertura laterítica com as características constantes no quadro 7.

**Figura 52** – Perfil de meia-vertente – PJ-3.



Acervo pessoal.

**Quadro 7** – Características morfológicas PJ-3.

PJ-3 - MEIA							
Horizonte	Profundidade (cm)	Cor	Textura (Lab)	Estrutura	Consist. Seca/Consist. Úmida	Consist. Molhada	Transição
A	0-35	10YR 3/4	Franco-Arenosa	Blocos subangulares; médios; com unidades estruturais moderada	Macia, Muito Friável	Não Plástica, Não Pegajosa	transição irregular e difusa
AB	30-50(55)	10YR 4/4	Franco-Argilo-Arenosa	Blocos subangulares; grandes e médios; com unidades estruturais moderadas	Macia, Muito Friável	Não Plástica, Não Pegajosa	transição irregular e difusa
Bw1	50-91	7,5YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa	Blocos subangulares pequenos e muito pequenos a granular pequena e muito pequena; com unidades estruturais moderada	Macia, Friável	Não Plástica, Não Pegajosa	transição plana e difusa
Bw21	91-169	5YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa	Blocos subangulares grandes e médios a granular pequena e muito pequena; moderada	Macia, Friável	Não Plástica, Não Pegajosa	transição plana e difusa
Bw3	169-210	5YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa	Blocos subangulares médios a granular pequena e muito pequena; moderada	Macia, Friável	Não Plástica, Não Pegajosa	transição plana e difusa
Bw4	210+	5YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa	Blocos subangulares médios a granular pequena e muito pequena; moderada	Macia, Friável	Não Plástica, Não Pegajosa	transição plana e difusa

Elaborado pelo autor.

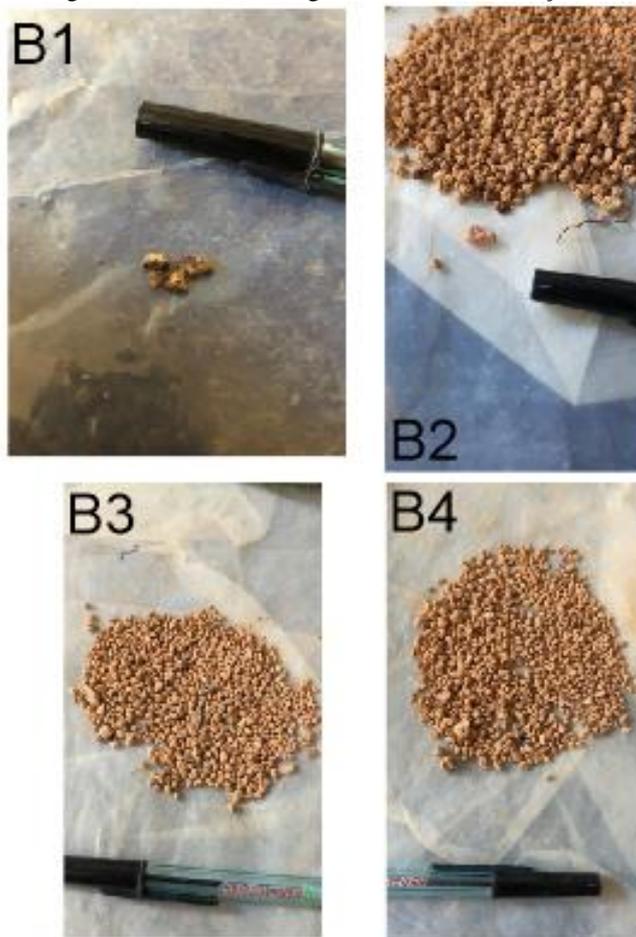
Tanto pela observação da figura 52, que retrata o perfil, quanto pelo quadro 7 que transcreve suas características morfológicas, percebe-se uma passagem gradual de tons brunados pertencentes aos matizes mais amarelos (10YR 3/4 e 10YR 4/4) para colorações avermelhadas e saturadas de matiz 7.5YR, finalizando com ainda maior avermelhamento no matiz 5YR, com valor e croma 5/6. A textura inicia-se como franco arenosa no topo do perfil, no horizonte A mais brunado, e altera-se para franco-argilo arenosa, ganhando um pouco mais de argila a partir do horizonte AB até a base do perfil, por onde se mantém relativamente homogênea em baixas porcentagens de frações mais finas.

A estrutura, por sua vez, se apresenta em blocos subangulares médios e grandes, tanto no horizonte A quanto no AB, com grau moderado. Entrando no horizonte Bw1 adiante, os blocos se apresentam predominantemente médios e fracos que se desfazem em estruturas granulares pequenas e/ou muito pequenas, de grau moderado. A consistência seca se mantém macia ao longo de todo o perfil enquanto a úmida se mostra muito friável nos horizontes A e AB e friável nos horizontes Bw1, Bw2, Bw3 e Bw4.

Da mesma forma, a consistência molhada não mostrou variações em profundidade, sendo não-plástica e não-pegajosa ao longo de todo o perfil, concordando com baixas porcentagens de frações finas, já refletidas na textura dos horizontes identificados. As transições dos horizontes A e AB se mostraram irregulares, possivelmente fruto da intensa incisão na dissecação do vale estrutural, enquanto dos horizontes restantes, planas. Todas as transições identificadas se mostraram difusas.

Ao longo do processo de preparação e encaminhamento das amostras para análises mineralógicas de raios X, observou-se, em meio à fração cascalho, diversos fragmentos quartzosos angulosos e subangulosos acompanhados de muitos pequenos nódulos ferruginosos fracos. Estes pequenos nódulos foram encontrados nos horizontes Bw1, Bw2, Bw3 e Bw4 do PJ-3 e têm seu aspecto retratado na figura 53. Apresentam-se amarelados por fora, facilmente quebráveis, e exibem por dentro, a coloração avermelhada escura intensa da couraça ferruginosa encontrada no PJ-2.

**Figura 53** - Fragmentos/nódulos ferruginosos em meio à fração cascalho – PJ-3.



Elaborado pelo autor.

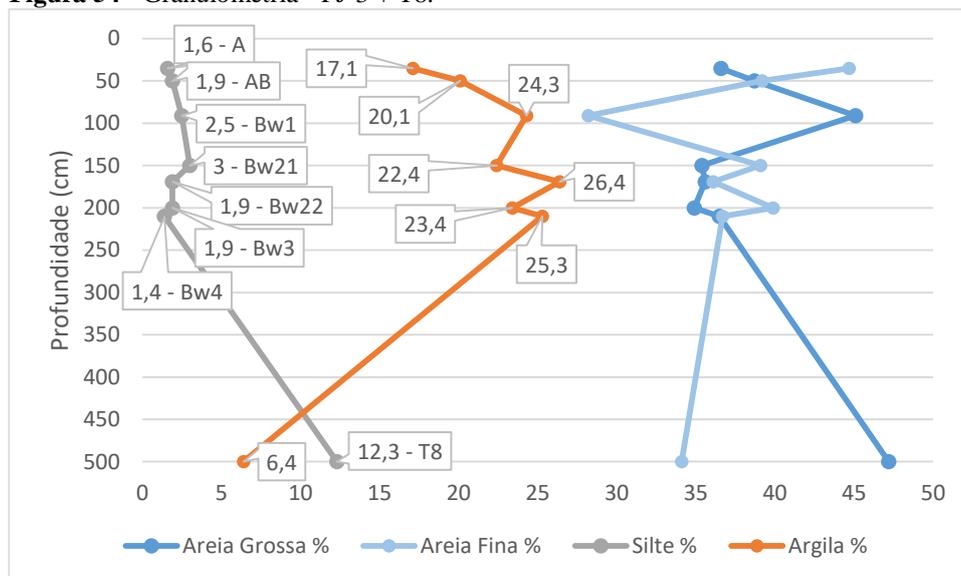
#### 5.2.2.2 Atributos Físico-Químicos

Para fins analíticos, o material esbranquiçado basal coletado na Tradagem 8 (denominado daqui em diante PJ3T8) será tratado em conjunto com os dados do PJ-3, visto que, através das inferências feitas e das observações de campo, deve estar subjacente à cobertura laterítica do perfil. O conhecimento de seus atributos físicos, químicos, mineralógicos e composicionais é fundamental para sua caracterização e reflexões no entendimento da gênese e evolução da cobertura pedológica e modelado.

Como retratado anteriormente, a textura dos horizontes que compõem o PJ-3 é franco-arenosa no horizonte A e franco-argilo-arenosa nos cinco horizontes sobrejacentes, apresentando ligeiro maior teor de argila quando comparado à superfície (figura 54). Assim, a partir dos dados de laboratório, os horizontes A, AB, Bw1, Bw2

(desmembrado em Bw21 e Bw22), Bw3 e Bw4 se enquadram enquanto textura média e o material da T8 (PJ3T8) pôde ser incluso no grupamento textural arenoso.

**Figura 54 - Granulometria - PJ-3 + T8.**



Elaborado pelo autor.

A análise do comportamento e distribuição das frações granulométricas requer a distinção de dois setores verticais: a cobertura laterítica do PJ-3 propriamente dita e o material esbranquiçado obtido através da Tradagem 8 a cerca de 5 metros de profundidade. Infere-se que este material esteja subjacente ao perfil por sua proximidade e que está submetido a um ambiente permanentemente encharcado, abaixo do nível freático identificado.

Observa-se, a partir da figura 54, que no PJ3 predomina a textura arenosa. Juntas, areia fina e grossa perfazem 60% ou mais da composição em muitos horizontes, com um predomínio da fração areia fina na maior parte dos horizontes (A, AB, Bw21, Bw22, Bw3 e Bw4) e a areia grossa no horizonte Bw1, ambas prevalecendo nesta fração em percentuais próximos a 30-40% tanto na cobertura laterítica quanto na amostra PJ3T8. Nota-se que há um predomínio da fração areia fina na maior parte dos horizontes B lateríticos, enquanto a areia grossa ressaí na PJ3T8 e no horizonte Bw1. Não foi identificado gradiente textural no PJ-3.

A fração silte apresenta uma tendência percentual de continuidade em valores baixos girando em torno de 1.5 a 2% ao longo de todo o PJ-3, aumentando ligeiramente nos

horizontes Bw1 e Bw21, voltando decrescer após este, até o Bw4. Este padrão é rompido com o significativo aumento da fração silte em participação no material da tradagem 8, alcançando 12% (figura 54). Em campo e em laboratório, após seco, a sedosidade, em meio ao predomínio da areia, era uma característica notável do material.

A fração argila apresenta pouca variação vertical ao longo dos horizontes. Percebe-se leve aumento em profundidade a partir dos horizontes mais superficiais e estabiliza-se entre 22 e 26%, oscilando pouco entre os horizontes Bw e afirmando a textura média. No material esbranquiçado da Tradagem 8, a fração argila participa com valores ainda menores, atingindo somente 6,4% da composição granulométrica do solo (figura 54). Os valores obtidos no PJ-3 são os menores valores de argila observados e mensurados em toda a topossequência, considerando os três perfis. Não foi verificado gradiente textural neste perfil.

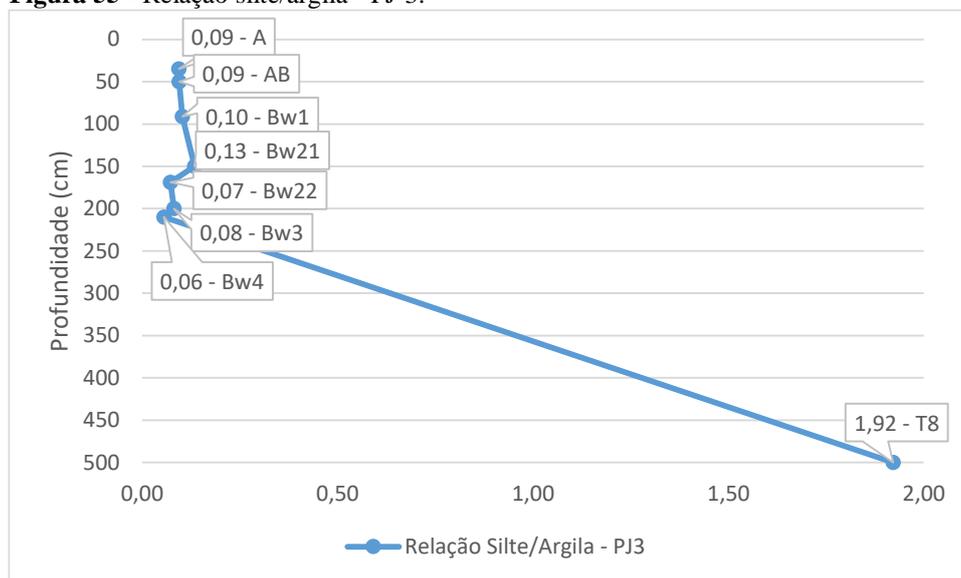
No setor hidromórfico subsuperficial representado pelo material branco subjacente oriundo da Tradagem 8 observa-se uma ruptura textural e mudança de comportamento na distribuição das frações. A areia grossa volta a predominar com mais de 45% de participação, seguida da areia fina, com cerca de 35% que, juntas, perfazem cerca de 80% da matriz. O silte, anteriormente participando com a menor parcela, salta para os maiores valores encontrados na vertente (12,3%), enquanto a argila cai para 6%. Nenhum dos materiais apresentou plasticidade ou pegajosidade no perfil (figura 54).

Considerando a não existência de problemas de dispersão das frações que mascarem os resultados apresentados, fica evidente uma mudança na topossequência de um quadro mais argiloso, menos siltoso e arenoso (Compartimento de Montante) para outro mais siltoso e arenoso e com pouquíssima argila (Compartimento de Intermediário e principalmente de Jusante). Essas diferenças texturais foram percebidas ao tato com muitos grãos de areia grossa na retirada do material em campo e pela significativa sedosidade quando seco.

A relação silte/argila (figura 55) se mantém baixa ao longo de todo o PJ-3, raramente sendo superior a 0.10, denotando o predomínio da fração argila sobre o silte, mesmo que a argila tenha os menores valores encontrados na topossequência. Dentro do setor

hidromórfico, esbranquiçado, subjacente, essa tendência é rompida, com a relação atingindo 1.92 em resposta aos cerca de 12% de silte presentes no material conjugados à presença de cerca de 6% de argila. Imagina-se que esta discordância textural pode apontar para o quadro de um contato faciológico entre o solo e este material que terá suas características composicionais e mineralógicas próprias discutidas mais a frente.

**Figura 55** - Relação silte/argila - PJ-3.



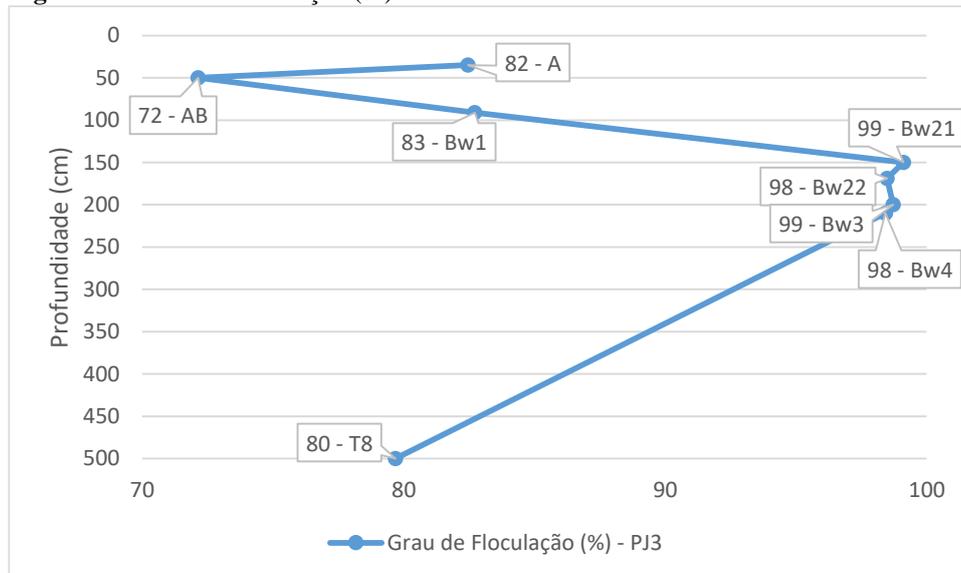
Elaborado pelo autor.

Observando a figura 56, percebe-se que assim como no PJ-2, a maioria das argilas se encontra floculada, frequentemente atingindo níveis de 98 a 99%, típico de coberturas bem intemperizadas, estáveis e latolizadas. Os menores valores (72% no AB e 82% no A) são gradualmente substituídos por horizontes Bw menos argilosos que os perfis anteriores, mas de percentuais de floculação parecidos. No setor inferior hidromórfico, ainda menos argiloso, a floculação cai para 80%, também denotando não somente uma nova configuração das frações, mas um comportamento físico-químico ligeiramente diferente das argilas, ainda que com predomínio do estado floculado.

A proporção de cascalho (figura 57) evidencia um comportamento oscilante desde o horizonte A até o Bw3, continuando a aumentar no Bw4. Como tendência, apresenta um cenário de granoascendência em profundidade, com cascalhos mais frequentes e evidentes nos horizontes mais subsuperficiais. Estes cascalhos, conforme apresentado na figura 52, são frequentemente pequenos nódulos ferruginosos de consistência fraca,

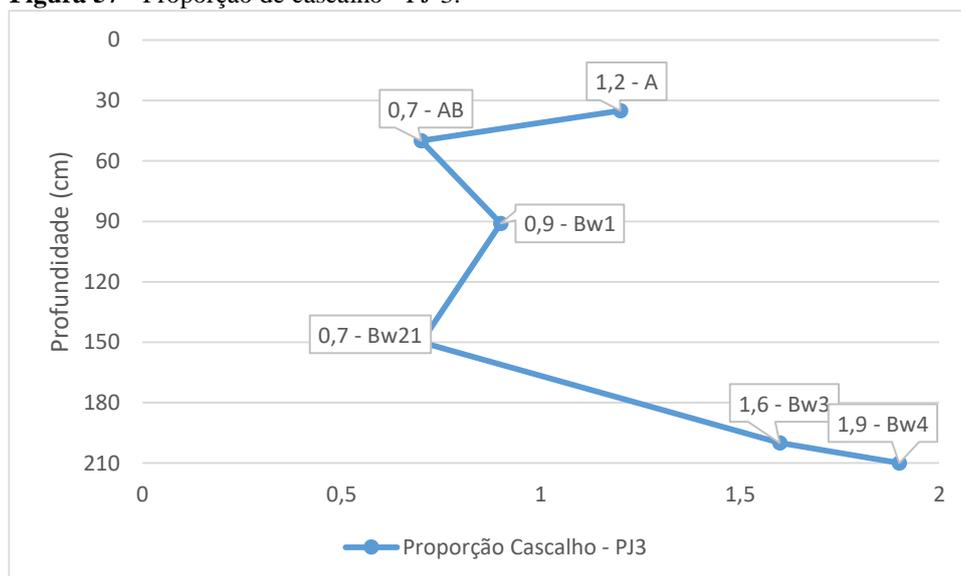
facilmente friabilizados e intemperizados, bastante avermelhados por dentro e envoltos por uma camada externa de alteração goethítica.

**Figura 56** - Grau de flocculação (%) - PJ-3.



Elaborado pelo autor.

**Figura 57** - Proporção de cascalho - PJ-3.

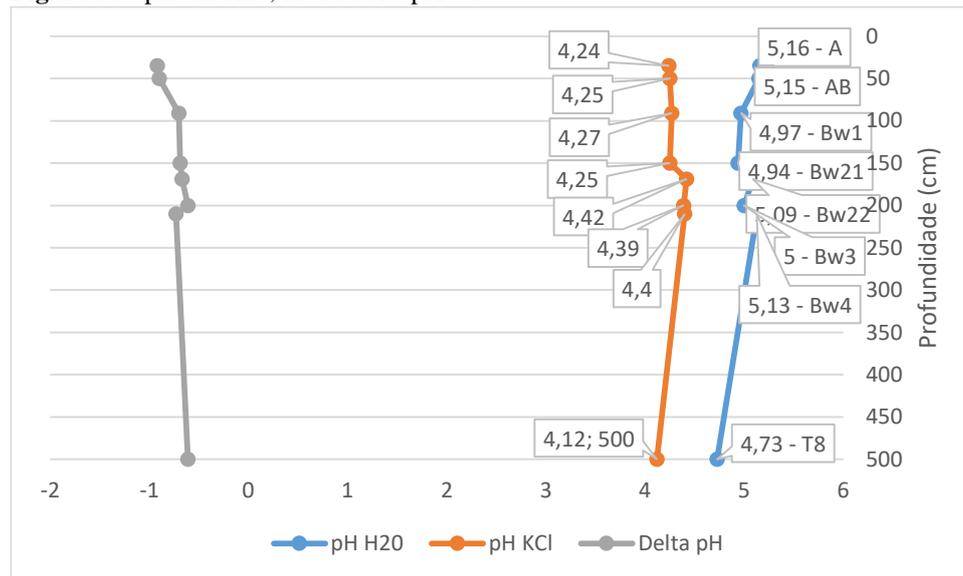


Elaborado pelo autor.

O pH em água oscila pouco, assumindo maiores valores nos horizontes superficiais. Decresce ligeiramente no horizonte Bw1 e se mantém num patamar próximo a 5 nos outros horizontes Bw (figura 58). Apresenta valores próximos aos do PJ-1 e PJ-2, sendo moderadamente ácido. Desde o horizonte A, que costuma ser mais baixo nos perfis anteriores, apresenta valores superiores a 5, coincidindo com o setor da vertente de

maiores declividades, onde a cobertura vegetal se apresenta mais esparsa e os primeiros sinais de erosão laminar começam a se fazer evidentes. Este conjunto de fatores faz com que um fino estrato de serrapilheira seja um componente importante no horizonte A, evidenciando a influência da acidez da matéria orgânica. O material da Tradagem 8 é ainda mais ácido, com pH próximo a 4,75. Tanto a extração em água quanto em KCl a seguir (figura 58) evidenciam a natureza da cobertura pedológica enquanto ácida, estável e bem intemperizada.

**Figura 58** - pH em H<sub>2</sub>O, KCl e delta pH – PJ-3.



Elaborado pelo autor.

A extração em KCl aponta para valores próximos a 4,25 na superfície com um ligeiro aumento que se mantém por volta de 4,4 até o Bw4 e decai a 4,12 na amostra PJ3T8. O delta pH apresenta ligeiro aumento, numa tendência estável ao longo de todos os horizontes. Ainda assim, se mantém negativo oscilando de -0,92 a -0,61 nessa tendência crescente.

O restante dos atributos químicos está constante no quadro 8. Nele, observa-se, além das características de pH já discutidas, valores muito baixos para soma de bases (Ca, Mg, K e Na), que apresentam decréscimo para valores ainda menores em profundidade. A capacidade de troca catiônica (CTC) também é baixa e decresce no mesmo sentido, refletindo a presença de argilas de baixa atividade.

**Quadro 8 - Atributos químicos - PJ3.**

PJ-3 - MEIA/BAIXA VERTENTE														
Horizonte	Profundidade (cm)	pH			Complexo Sortivo (cmolc/kg)								Valor V (% sat. de bases)	100Al / S+Al
		H <sub>2</sub> O	KCl	Delta pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>+++</sup>	H+Al	Valor T		
A	0-35	5,16	4,24	-0,92	0,15	0,04	7	-	0,21	0,49	3,7	3,91	5,4	70
AB	30-50(55)	5,15	4,25	-0,9	0	0	5	-	0,01	0,39	3,4	3,41	0,3	98
Bw1	50-91	4,97	4,27	-0,7	0,04	0,01	3	-	0,06	0,39	2,3	2,36	2,5	87
Bw21	91-169	4,94	4,25	-0,69	0,04	0	1	-	0,04	0,29	2,1	2,14	1,9	88
Bw22		5,09	4,42	-0,67	0,04	0,01	1	-	0,05	0,2	1,6	1,65	3	80
Bw3	169-210	5	4,39	-0,61	0,01	0	1	-	0,01	0,2	1,4	1,41	0,7	95
Bw4	210+	5,13	4,4	-0,73	0,02	0	1	-	0,02	0,2	1,1	1,12	1,8	91
T8	480-500	4,73	4,12	-0,61	0,07	0,05	1	-	0,12	0,78	1,1	1,22	9,8	87

Elaborado pelo autor.

A maior parte dos sítios de troca aparentam estar ocupados por alumínio, refletido na sua alta saturação ao longo de todo o perfil, incluindo o material branco basal acessado na T8, atingindo valores acima de 87% nos horizontes Bw. Todos os horizontes analisados apresentam severa distrofia e baixa disponibilidade e capacidade de retenção desses elementos nutrientes.

Dessa forma, levando em consideração esse conjunto de dados referentes às características morfológicas, físicas e químicas do PJ3, classificou-se o perfil como um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico.

### 5.2.2.3 Fluorescência de Raios X (FRX)

O quadro 9 representa de forma sintética os resultados das análises de Fluorescência de Raios X (FRX) para o PJ-3. Nele estão contidas as formas oxídicas dos principais elementos componentes que integram a mineralogia das amostras dos horizontes do perfil.

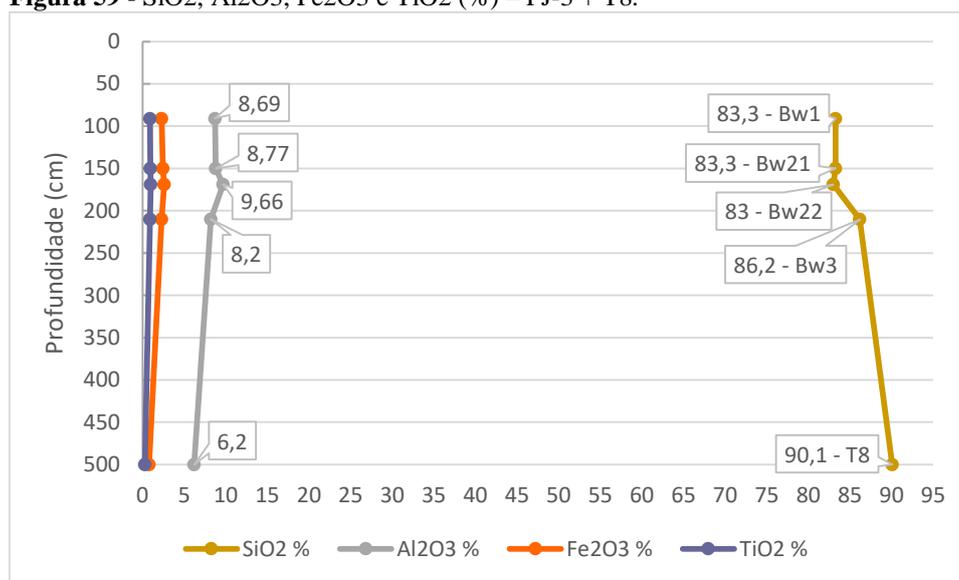
A participação dos elementos nutrientes de baixa valência (Ca, Mg, P, Na, K) e do manganês se revela bastante baixa, raramente alcançando valores iguais ou superiores a 0,1%, sendo frequentemente inferiores. Dessa forma, verifica-se uma participação virtualmente ausente destes elementos da composição mineralógica do solo, em conformidade com a natureza latossólica bem intemperizada dos volumes pedológicos.

**Quadro 9** - Composição oxidica por FRX para o PJ-3.

PJ-3 - MEIA/BAIXA VERTENTE												
	Profundidade (cm)	Teor dos Óxidos (%) - FRX										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	LOI
A	0-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AB	30-50(55)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bw1	50-91	83,3	8,69	2,27	0,01	<0,1	0,91	0,03	<0,1	<0,01	<0,01	4,49
Bw21	91-169	83,3	8,77	2,43	0,01	<0,1	0,92	0,02	<0,1	0,01	<0,01	4,42
Bw22		83	9,66	2,58	0,01	<0,1	0,98	0,03	<0,1	<0,01	<0,01	4,59
Bw3	169-210	86,2	8,2	2,3	<0,01	<0,1	0,88	0,03	<0,1	0,01	<0,01	3,72
Bw4	210+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T8	480-500	90,1	6,2	0,77	0,01	<0,1	0,26	0,08	<0,1	0,02	<0,01	2,41

Elaborado pelo autor.

Partindo aos elementos componentes de maior participação, o Silício apresenta o comportamento conforme na figura 59 ao longo dos horizontes do PJ-3 e do material da Tradagem 8 associados. Assim, considerando os elementos com maior participação, observa-se uma tendência de aumento desde o Bw1, passando pelo Bw2 (Bw21 e Bw22), cujos valores permanecem em torno de 83%, até o Bw3 (86,2%). Os valores aumentam ainda mais na amostra PJ3T8, atingindo 90,1% da participação composicional. Dessa forma, percebe-se um quadro que aponta para uma composição cada vez mais silícica integrando as estruturas minerais do solo.

**Figura 59** - SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub> (%) – PJ-3 + T8.

Elaborado pelo autor.

Analisando o Alumínio (figura 59), percebe-se uma tendência de manutenção do percentual próximo de 8,7% nos horizontes Bw1 e Bw21 seguido de um ligeiro aumento para 9,6% no horizonte Bw22. Em seguida, os valores decrescem

gradualmente, passando por 8,2% (Bw3) até 6,2% (PJ3T8). Observa-se, então, uma tendência relativa de manutenção das porcentagens de  $Al_2O_3$  ao longo dos horizontes lateríticos do PJ-3, cujos valores gradativamente decaem em direção ao material esbranquiçado basal da Tradagem 8.

O comportamento do Ferro se mostra semelhante ao do Alumínio, com relativa estabilidade e ligeiro aumento nos horizontes Bw mais superficiais, de 2,2 a 2,5% (Bw1-Bw22). A partir do horizonte Bw22, observa-se uma tendência de queda dos percentuais de composição, passando por 2,3% até fechar em 0,7% na amostra PJ3T8 (figura 59), virtualmente ausente de ferro, reforçada pela coloração empalidecida, principalmente se tratando de um ambiente muito úmido/encharcado onde os processos de redução e solubilização do ferro se fazem presentes.

O Titânio, enquanto um elemento pouco móvel, de maior estabilidade e menos frequentemente presente teve o comportamento concordante com a natureza composicional do elemento e dos minerais por ele constituídos, uma tendência bastante estável (cerca de 0,9%) ao longo de todos os horizontes do PJ-3, consolidando-se como um pacote laterítico estável e homogêneo. Esta tendência é quebrada com o decréscimo considerável do titânio no material da T8, que atinge o mínimo de 0,2% em participação composicional (figura 59).

Dessa forma, os dados evidenciam uma composição, assim como nos outros perfis (PJ-1 e PJ-2), predominantemente silicosa partindo de horizontes mais superficiais com percentuais próximos a 80% (nos horizontes A destes perfis) que decaem até cerca de 70% nos horizontes Bt do PJ-1 e PJ-2 conjugada ao aumento proporcional de outros compostos, principalmente alumínicos e férricos. Já no PJ-3 observa-se um aumento dos teores composicionais de sílica em profundidade que partem de 83% e encerram o perfil em 86,2%.

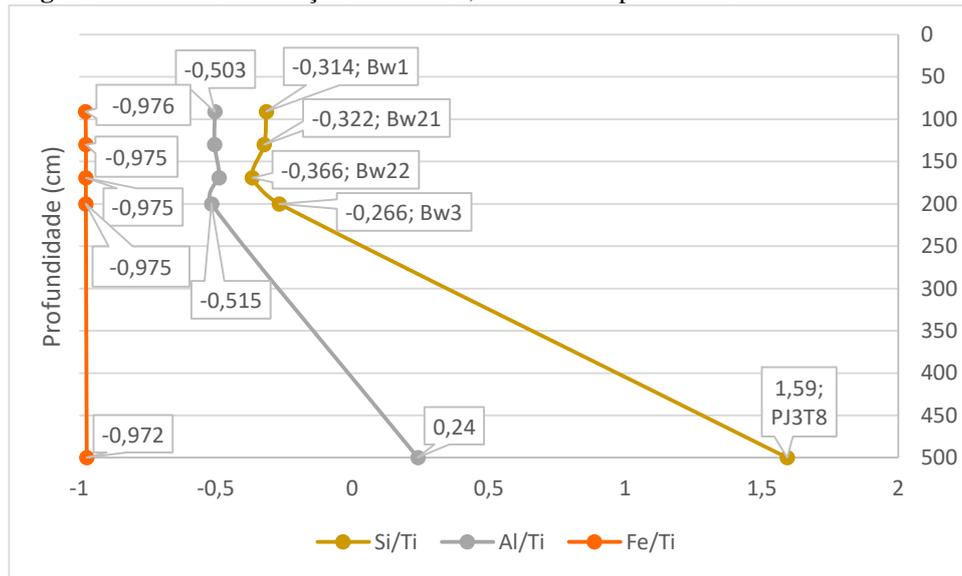
O Alumínio, que apresentou tendência de aumento em profundidade nos outros perfis, neste caso exibe um leve decréscimo em profundidade, não alcançando 10%. Da mesma forma, o Ferro e o Titânio apresentam comportamento de ligeira queda, com o Ferro

exibindo percentuais abaixo de 2.6% e o Titânio abaixo de 1% em tendência de queda em direção ao fundo do perfil.

Passando ao setor hidromórfico de onde foi retirada a amostra do material esbranquiçado da T8 a cinco metros de profundidade, novamente o comportamento dos dados de FRX mostram a peculiaridade da condição hidromórfica e as características do material. O Silício, anteriormente decrescente em profundidade nos perfis, atinge 90% neste setor, dominando composição do material e das estruturas minerais que nele se arranjam. O Alumínio, também em queda na composição das estruturas do solo, atinge o menor valor registrado na topossequência (6.2%). Da mesma forma, o Titânio, de significativa resistência e estabilidade, também exhibe os menores valores registrados para o elemento neste material subjacente (figura 59).

#### 5.2.2.4 Balanço de Massa Couraça-Solo (PJ-3)

Observando o gráfico (figura 60) que representa o cálculo do balanço de massa para os horizontes do PJ-3, fica nítida uma diferenciação em relação ao comportamento do Silício e Alumínio, em relação aos dados do PJ-1 e PJ-2. Anteriormente apresentando maiores valores seguido de queda em direção ao fundo do perfil, o Silício mostra leve queda até o horizonte Bw22, quando volta a evidenciar um ganho bastante expressivo passando pelo Bw3 até a amostra PJ3T8. Já o Alumínio, que anteriormente apresentou um ganho em profundidade mostra relativa estabilidade até o Bw3, quando sofre grande incremento em profundidade no material da PJ3T8. Por fim, o ferro sofre perdas constantes absolutas de pouca variação ao longo de todos os horizontes analisados.

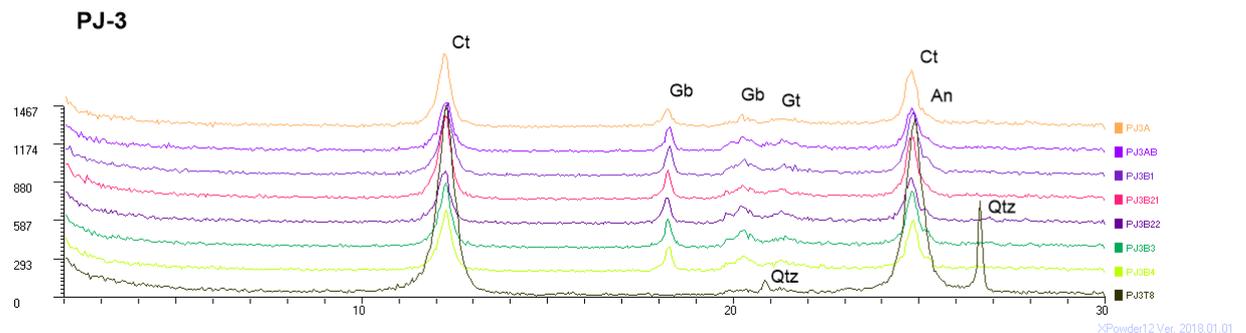
**Figura 60** - Fator de Balanço de Massa Si, Fe e Al – Ti para o PJ-3.

Elaborado pelo autor.

#### 5.2.2.5 Difractometria de Raios X (DRX)

- **Análises de DRX - 2° a 30°**

A figura 61 retrata a compilação dos difratogramas referentes às amostras dos horizontes do PJ-3, acrescidos do material esbranquiçado da Tradagem 8. Assim, a partir da sobreposição dos difratogramas ordenados segundo os horizontes horizontes/amostras, percebe-se, de antemão, um aumento da intensidade dos picos conjugada a uma diminuição de sua largura à meia-altura (LMA) em profundidade dentro do PJ-3. Isso reflete um aumento médio do tamanho das partículas minerais e uma melhor cristalização de suas estruturas.

**Figura 61** - Difractograma da fração argila (2°-30°) - PJ-3 + T8.

Elaborado pelo autor.

A partir da figura 61, observa-se que foram identificadas 5 espécies minerais principais no perfil: Caulinita, Gibbsita, Goethita, Anatásio e Quartzo. A Caulinita (Ct) aparece ao longo de todos os horizontes com pico principal bastante nítido e que aumenta em intensidade associado a menor largura com a profundidade, denotando melhor cristalização e maior tamanho médio da partícula dentro deste perfil, em profundidade. Seu pico secundário segue a mesma tendência, reafirmando a identificação do mineral. Na amostra PJ3T8, ambos os picos aparecem bastante aguçados e de intensidade parecida, demonstrando uma composição caulinítica predominante.

A Gibbsita (Gb) apresenta seu pico principal bastante nítido, de intensidade gradualmente maior em profundidade nos horizontes Bw do PJ-3. Percebe-se uma leve diminuição da LMA desde a superfície até o horizonte Bw4, refletindo aumento da cristalinidade de suas estruturas. Da mesma forma, seu pico secundário apresenta maior intensidade e definição em direção aos horizontes Bw, ainda que de intensidades absolutas menores. Ambos os picos não ocorrem no material basal (PJ3T8), não sendo possível reconhecer traços de Gibbsita nesta amostra.

O Quartzo (Qtz) aparece em dois picos bem nítidos exclusivamente na amostra basal PJ3T8. São picos de média e baixa intensidade, baixa LMA, demonstrando uma boa cristalização, apesar de um desenvolvimento cristalográfico médio não tão expressivo devido à intensidade e à fração em que foram identificados.

A Goethita (Gt), por sua vez, aparece de forma tímida, com picos de baixa intensidade característica, pequenos cristais mas de alta superfície específica e poder pigmentante, que confere característica cromática aos solos, principalmente nos horizontes Bw. Existem relações importantes entre as cristalinidades da Caulinita e de minerais portadores de ferro tais como a Goethita em coberturas lateríticas que serão discutidas também a posteriori.

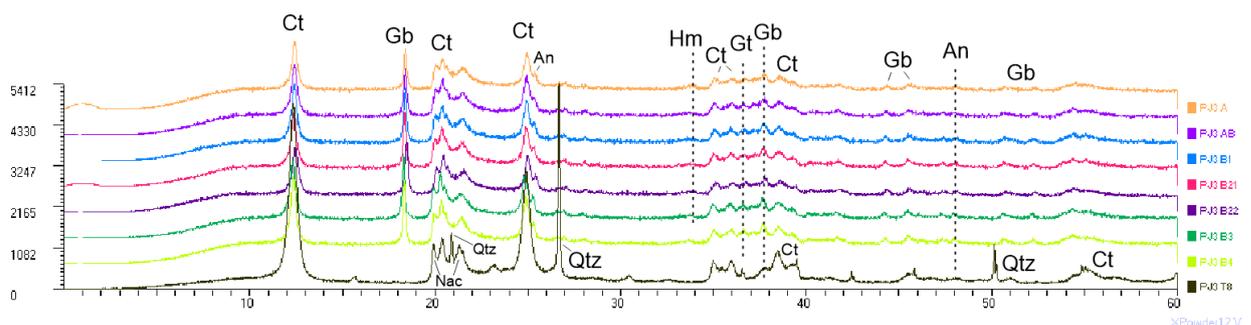
O Anatásio (An) também aparece, como ao longo de todos os perfis, em um pico principal anexo ao secundário da Caulinita (Ct), sendo mais nítidos nos horizontes A, Bw22, Bw3 e Bw4. Nos outros horizontes, as intensidades são menores ou os picos

exibidos são pouco nítidos. No material basal (PJ3T8) não foram encontrados traços significativos deste mineral.

- **Análises de DRX - 2° a 60°**

Nas amostras do PJ3, incluindo a Tradagem 8, foram identificadas seis fases minerais, conforme retratado na figura 62 que representa a compilação dos difratogramas de Raios X, realizados com a abertura de 2° a 60°. Dentre elas, destaca-se a presença da Caulinita (Ct) com picos bastante agudos, de maior intensidade e menor largura à meia altura (LMA) à medida que se aprofunda no perfil em todos os picos da Caulinita identificados, sobretudo em ambos horizontes Bw2 e Bw3, onde apresentam maior desenvolvimento pedogênico e melhor cristalização. No material da Tradagem 8 apresentam-se muito ressaltados, intensos e agudos, porém com LMA ligeiramente maior nos picos principais, refletindo uma pior cristalinidade neste material basal profundo.

**Figura 62** - Difratograma da fração argila (2°-60°) - PJ-3 + T8.  
PJ-3



Elaborado pelo autor.

A Gibbsita (Gb) apresenta o mesmo comportamento de maior desenvolvimento do tamanho e melhor cristalinidade com a profundidade, sendo possível observar esta tendência em todos os picos de todos horizontes A e Bw do perfil. Não foram identificados picos da Gibbsita no material da Tradagem 8, o que reflete sua ausência nas suas amostras. A Goethita (Gt) exibiu baixa intensidade, mas relativo aguçamento à medida em que se aprofunda no perfil de solo em ambos os picos identificados, inclusive na T8. Principalmente nos horizontes B (sobretudo Bw2, Bw3 e Bw4),

apresenta-se em picos ligeiramente mais agudos e uma LMA menor, exibindo estruturas melhor organizadas e de maior expressão pedogênica.

O Anatásio (An), por sua vez, segue a mesma tendência, sendo identificado em todos os horizontes do perfil PJ3, em intensidades maiores, picos mais agudos e de menor LMA em profundidade, especialmente no Bw2, Bw3 e Bw4, onde tendem a se apresentar com tamanho médio maior de cristais e melhor cristalinidade. O Anatásio não teve nenhum dos dois picos identificados na amostra PJ3T8.

A Hematita (Hm) foi identificada em dois picos pouco expressivos e de baixa intensidade em todos os horizontes do PJ3. Aparece em maior intensidade e em picos mais agudos a partir do horizonte Bw21 até o Bw4, mesmo que em uma situação que tende a apontar uma cristalinidade ruim e pouco desenvolvimento cristalográfico. Não foram identificados picos com nitidez suficiente para a identificação deste mineral no material da Tradagem 8.

Por fim, o Quartzo (Qtz) apareceu em três picos bastante agudos e de significativa intensidade, exclusivamente na amostra PJ3T8. Todos os três picos apresentam baixa LMA, denotando estruturas bem cristalizadas e relativamente bem desenvolvidas. Em se tratando de uma extração e posterior difração da fração argila, não é muito comum encontrar este mineral neste contexto, tendo suas possíveis razões de ocorrência discutidas posteriormente neste trabalho.

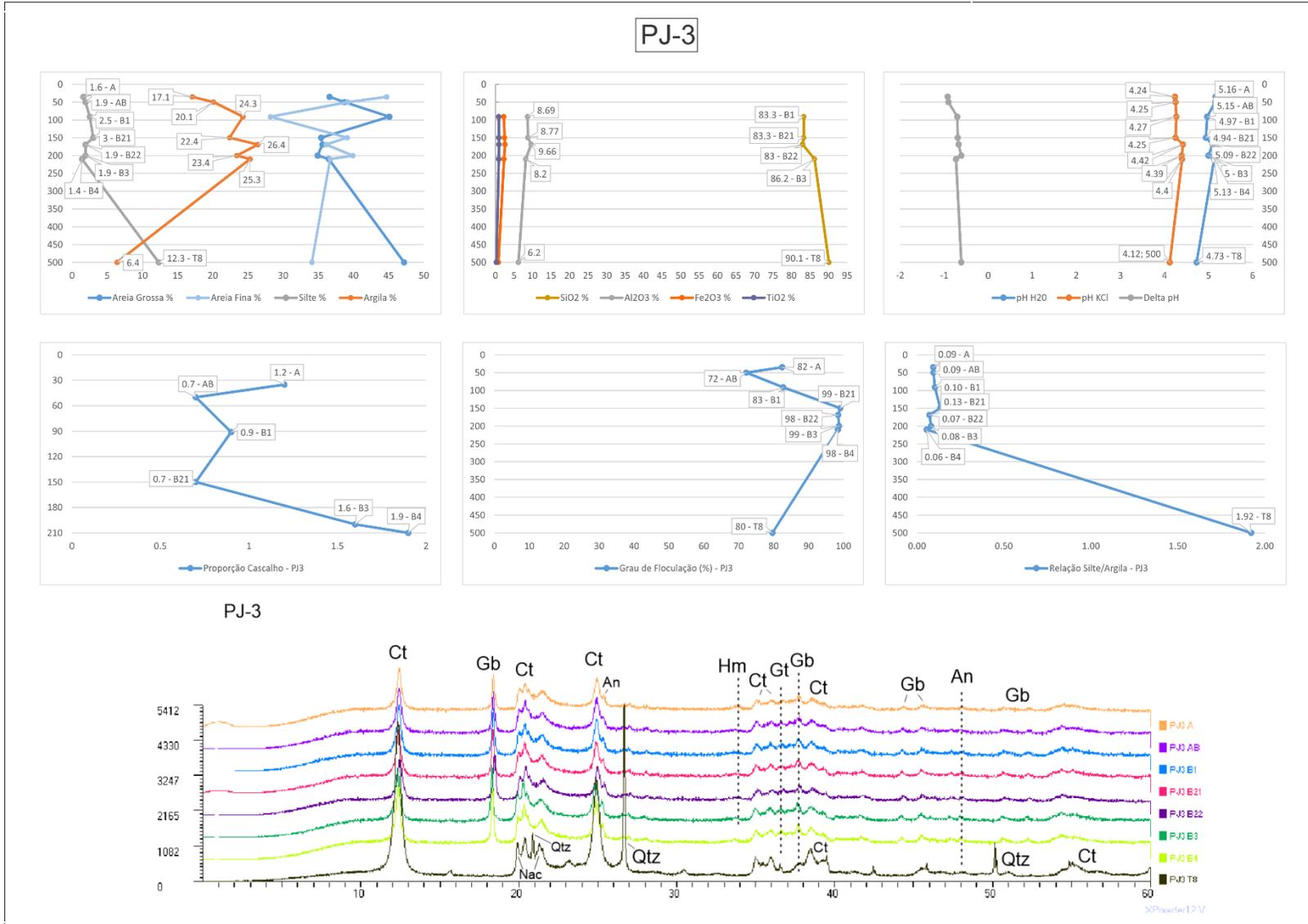
Em suma, os dados de DRX, apontaram a existência de uma assembleia mineralógica semelhante à encontrada pelos outros dois perfis abertos (PJ-1 e PJ-2). Através dela, foram identificadas as mesmas fases minerais principais que aparecem ao longo de toda topossequência, a saber: Caulinita, Gibbsita, Anatásio, Goethita. Todas estas fases minerais aparentam apresentar picos mais intensos e de menor largura à meia-altura com o aumento da profundidade, sugerindo cristais mais desenvolvidos e melhor cristalizados em profundidade, principalmente nos horizontes Bw.

A difração da amostra PJ3T8, posicionada na base do difratograma (em preto), revela a ausência de minerais que apareceram em todas as outras amostras dos perfis anteriores.

Uma destas fases é a Gibbsita, que não apresenta os picos principais característicos na amostra, a 0.485 e 0.438 nm. O mesmo acontece com o Anatásio, a Hematita e a Goethita e é reforçado pelas baixos teores composicionais de Ferro e Titânio oriundos de FRX que acabam por não estruturar fases minerais, virtualmente ausentes neste ambiente. Por outro lado, identificou-se traços mais nítidos da Nacrita na amostra PJ3T8 nos picos compartilhados com a Caulinita e outros secundários próximos a 0.441, 0.436 e 0.413 nm, juntamente com três picos nítidos do quartzo, a saber: 0.425, 0.334 e 0.181 nm. Outros picos secundários da Caulinita, mais nítidos que nos horizontes do PJ-3 foram identificados nesta amostra, principalmente a partir de 35°.

A figura 63 sintetiza o conjunto de características do perfil do compartimento, transicionando para o setor de jusante.

Figura 63 – Figura-síntese das características do perfil do Compartimento Intermediário-Jusante.

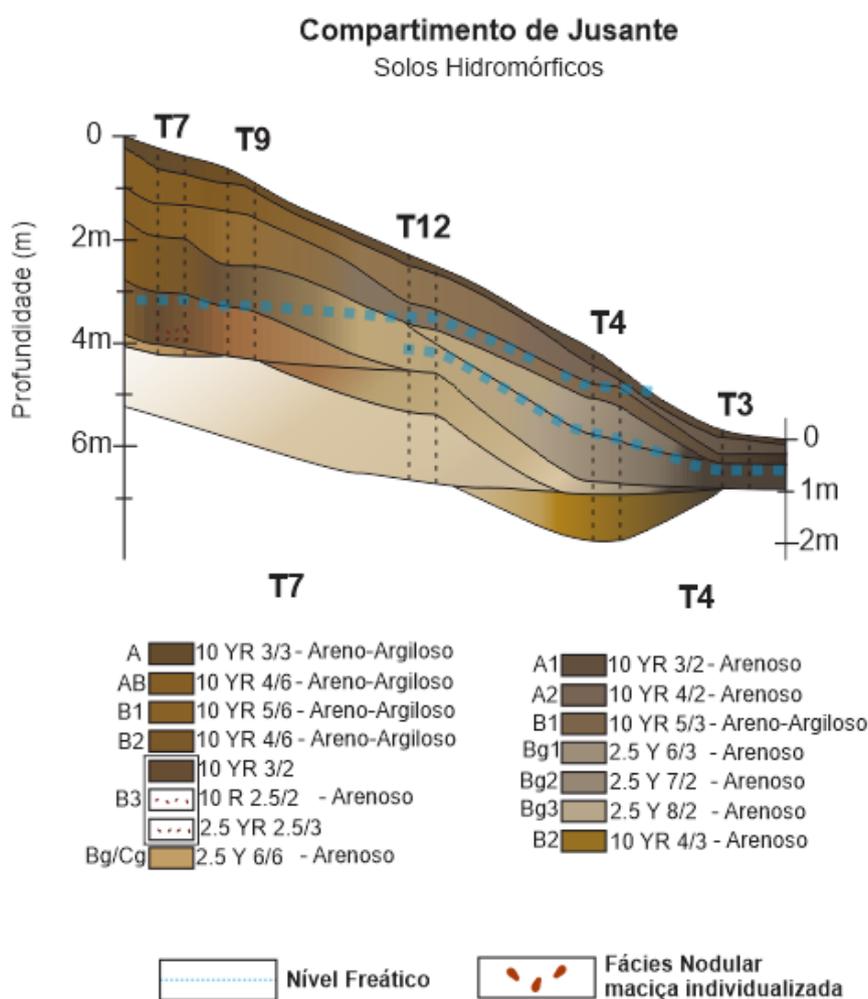


Elaborado pelo autor.

### 5.2.3 Compartimento de Jusante

O Compartimento de Jusante encerra a vertente estudada numa configuração que transiciona de feições retilíneo-convexas, passando a uma leve convexidade no seu terço médio e encerrando-se em uma concavidade pronunciada, onde encontra a drenagem fluvial de primeira ordem (figura 64). Neste compartimento, pequenas mudanças de declividade foram identificadas, nas quais executaram-se tradagens para examinar os volumes e suas alterações subsuperficiais que refletem estas feições. Mostrou-se um compartimento predominantemente submetido às condições de hidromorfia, principalmente a partir da tradagem 9.

**Figura 64** - Morfologia do Compartimento de Jusante – Tradagens.



Elaborado pelo autor.

Em todas essas tradagens, foi interceptado o nível freático em diferentes alturas, sendo gradualmente mais superficial à medida em que se avança no sentido jusante. Nas tradagens 12 e 4 em diante foram identificados dois níveis freáticos, onde os volumes pedológicos se apresentaram ora encharcados, ora bastante úmidos. Logo após a Tradagem 4, o nível freático aflora, minando e escoando em superfície em direção ao córrego, água de coloração escura e avermelhada.

Na figura 64, estão inseridas as tradagens 7, 9, 12, 4 e 3 do Compartimento de Jusante, num contexto de atuação freática intensa sob materiais que advém de uma transição laterítico-plíntica para volumes bastante arenizados, gleizados e de acumulação orgânica.

#### 5.2.3.1 Caracterização Morfológica

Iniciando o Compartimento de Jusante, a Tradagem 7 (quadro 10) atingiu 390 centímetros e foi a última tradagem que apresentou feições lateríticas não friáveis com de nódulos maciços individualizados na matriz do solo. Se constituiu, dessa forma, enquanto uma transição importante entre o domínio laterítico-plíntico e o regime hidromórfico que se segue adiante.

Na Tradagem 7 como um todo passam a predominar tons mais brunados em contraposição a cobertura laterítica vermelho-amarelada do setor intermediário, denotando a alteração para um ambiente de acumulação de compostos orgânicos e hidromorfia em um ambiente predominantemente arenoso. As últimas feições lateríticas nodulares indicam um ambiente de degradação da couraça ferruginosa por ação do lençol que remobiliza o Ferro na fração argila, desagregando sua estrutura coesa que em outros setores da vertente tem papel estrutural. A coloração destas feições ferruginosas nodulares (10R 2,5/2 e 2,5YR 2,5/3) é bastante destacada da matriz que o envolve (7.5YR 4/6) e que destoa do contexto acima e abaixo dela, deixando evidências da influência da pigmentação oriunda da sua degradação (figura 64 e quadro 10).

**Quadro 10** - Informações morfológicas da T7.

T7			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/3	Bruno escuro	arenoso
10 a 20	10YR 3/3		
20-30	10YR 3/3		
30-40	10YR 4/3		
40-50	10YR 4/4	Bruno amarelado esc	areia-argila
50-60	10YR 4/4		
60-70	10YR 4/6		
70-80	10YR 4/6		
80-90	10YR 4/6		
90-100	10YR 4/6	Bruno amarelado	arenoso
100-110	10YR 5/6		
110-120	10YR 5/6		
120-130	10YR 5/6	Bruno amarelado esc	areia-argila
130-140	10YR 4/6		
140-150	10YR 4/6		
150-160	10YR 4/6		
160-170	10YR 4/6		
170-180	10YR 5/6	Bruno amarelado	areia-argila
180-190	10YR 5/6		
190-200	10YR 5/6		
200-210	10YR 5/6		
210-220	10YR 5/6	Bruno amarelado esc	arenoso
220-230	10YR 4/6		
230-240	10YR 4/6		
240-250	10YR 4/6		
250-260	10YR 4/6		
260-270	10YR 4/6	Bruno-oliváceo claro	areia-argila
270-280	2.5Y 5/4		
280-290	2.5Y 4/3	Bruno-oliváceo	arenoso
290-300	10YR 3/2	Bruno acinz muito esc	
300-310	10YR 3/2		
310-320	10YR 3/2		
320-330	10YR 4/3	Bruno	areia-argila
330-340	2.5Y 6/4	Bruno amarelado claro	
340-350	7.5YR 4/6	Bruno forte	areia-argila
350-360	7.5YR 4/6   10R 2.5/2	Bruno forte/verm mt esc acinz	arenoso
360-370	7.5YR 4/6   2.5YR 2.5/3	Bruno forte/bruno averm esc	
370-380	10YR 5/6	Bruno amarelado	areia-argila
380-390	2.5Y 6/6	Amarelo-oliváceo	arenoso

Elaborado pelo autor.

Em seguida, a Tradagem 9 (quadro 11) atingiu uma profundidade máxima de 340 centímetros, encontrando-se o nível freático a cerca de 250 centímetros. Entretanto, não foi possível prosseguir com a perfuração devido à impossibilidade de aprofundamento frente a um obstáculo subsuperficial, significativamente adensado endurecido, que não veio juntamente com os volumes extraídos de subsuperfície, possivelmente sendo uma

porção mais coesa e impermeável do material basal PJ3T8, que se imagina estar subjacente à cobertura.

**Quadro 11 - Informações morfológicas da T9.**

T9			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/4	Bruno-amarelado-esc	arenosa
10 a 20	10YR 3/4		
20-30	10YR 3/4		
30-40	10YR 3/6		
40-50	10YR 4/6		
50-60	10YR 4/6		
60-70	10YR 4/6		
70-80	10YR 4/6		
80-90	10YR 4/6		
90-100	10YR 5/6	Bruno-amarelado	argila-areia
100-110	10YR 5/6		
110-120	10YR 5/6		
120-130	10YR 5/6	Bruno-amarelado-esc	argila-areia
130-140	10YR 5/6		
140-150	10YR 4/6		
150-160	10YR 4/6		
160-170	10YR 4/6		
170-180	10YR 4/6		
180-190	10YR 4/4		
190-200	10YR 3/2		
200-210	10YR 3/2		
210-220	10YR 3/2	Bruno	argila-areia
220-230	10YR 4/3		
230-240	10YR 4/3		
240-250	10YR 4/2	Bruno-acinz esc	argila-areia
250-260	10YR 4/2		
260-270	10YR 5/3	Bruno	arenosa
270-280	10YR 5/3		
280-290	10YR 5/3		
290-300	10YR 5/3		
300-310	10YR 5/3		
310-320	10YR 5/3		
320-330	10YR 5/3		
330-340	10YR 5/3		

Elaborado pelo autor.

Assim como na tradagem 7, predominam na tradagem 9 tons brunados que já iniciam uma transição na cobertura para outros mais empalidecidos e gleizados em profundidade e mais escurecidos em superfície, concordantes com a natureza hidromórfica e de acumulação orgânica do compartimento.

A análise textural das amostras de tradagens analisadas em campo reafirma, nas tradagens 7 e 9, a prevalência da areia sobre a argila em todas as outras tradagens e profundidades subseqüentes. Nelas, observam-se características mais próximas do setor de jusante, mas ainda carregando feições lateríticas nodulares e/ou bastante avermelhadas abaixo do nível freático interceptado. Esta ocorrência aponta para um cenário de instabilização destas estruturas nodulares pela redução do Ferro, reincorporação à massa do solo e conseqüente provável exportação em solução, como verificado numa zona bruno-avermelhada da T9.

A Tradagem 12 (quadro 12), por sua vez, atingiu 300 centímetros de profundidade e interceptou dois níveis freáticos (um primeiro -comum às tradagens 7 e 9- a 120 centímetros e outro a cerca de 170 centímetros, abrangendo cerca de 30 centímetros) onde os volumes se encontraram bastante encharcados, intercalados por um setor onde eram menos úmidos.

Já incorporando e exibindo as características do compartimento, a T12 apresenta uma cobertura bastante empalidecida e submetida à ação freática por gleização nos horizontes mais subsuperficiais enquanto mais brunada nos superficiais (figura 64). Sendo predominantemente arenosa, evidencia o processo de instabilização das frações finas, principalmente ferruginosas, e permanência das mais grosseiras e resistentes às condições de hidromorfia, principalmente silicosas.

A partir desta tradagem não se encontram mais feições lateríticas de qualquer grau de desenvolvimento e a textura ainda mais arenosa exhibe colorações embranquecidas e pálidas, principalmente nas tradagens 12 e 4, onde a superposição de níveis freáticos e a ação redutora instabiliza os principais minerais pigmentantes do solo e exporta o Ferro em solução, que mina em superfície em direção à drenagem de primeira ordem próxima.

**Quadro 12 -** Informações morfológicas da T12.

T12				
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura	
0-10	10YR 3/3	Bruno escuro	arenoso	
10 a 20	10YR 3/3			
20-30	10YR 4/4			
30-40	10YR 4/4	Bruno amarelado esc	areia-argila	
40-50	10YR 5/4	Bruno amarelado		
50-60	10YR 5/4			
60-70	10YR 5/4			
70-80	10YR 5/4			
80-90	10YR 5/4	Bruno		argila-areia
90-100	10YR 5/3			
100-110	10YR 5/3			
110-120	10YR 5/2	Bruno-acinz	arenoso	
120-130	10YR 5/3	Bruno		
130-140	2.5Y 6/3	Bruno-amarel-claro		
140-150	2.5Y 6/3			
150-160	2.5Y 7/3			
160-170	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinz		areia-argila
170-180	2.5Y 7/3			
180-190	2.5Y 7/3			
190-200	2.5Y 7/3			
200-210	2.5Y 7/3			
210-220	2.5Y 7/3			
220-230	2.5Y 6/4	Bruno-amarel-claro	arenoso	
230-240	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinz		
240-250	2.5Y 7/3			
250-260	2.5Y 6/3	Bruno-amarel-claro	areia-argila	
260-270	2.5Y 6/3	Bruno-claro-acinz	arenoso	
270-280	2.5Y 7/3			
280-290	2.5Y 7/3			
290-300	2.5Y 7/3			

Elaborado pelo autor.

Por fim, a vertente se encerra nas tradagens 4 (quadro 13) e 3, já em setor de sopé côncavo da vertente, se assemelham por exibir colorações bastante empalidecidas e acinzentadas pela ação redutora do lençol freático subsuperficialmente em conjunção com horizontes superficiais bastante escurecidos pelo acúmulo de material orgânico ao final da topossequência, num setor de recepção e acúmulo de compostos minerais e orgânicos oriundos de erosão física e geoquímica de toda a vertente.

São volumes pedológicos bastante arenosos, muito fluidificados pela proximidade com o lençol e de difícil coleta. Abaixo do setor hidromórfico da T4 chama atenção o retorno em profundidade para volumes pedológicos bem amarelados saturados após uma seção

vertical considerável dominada por processos de gleização, o que se imagina que deve ser mantido devido a condições diferenciadas de permeabilidade e residência da água que não processa hidromorfismo naquele setor específico, fazendo com que a coloração característica dos óxidos de Ferro expresse-se em um pedoambiente mais restrito.

**Quadro 13 - Informações morfológicas da T4.**

T4			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito esc	arenoso
10 a 20	10YR 3/2		
20-30	10YR 3/2		
30-40	10YR 4/2	Bruno-acinzentado esc	
40-50	10YR 4/2		
50-60	10YR 5/3	Bruno	areia-argila
60-70	10YR 5/3		
70-80	10YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	arenoso
80-90	2.5Y 6/3	Bruno-amarelado-claro	
90-100	2.5Y 6/3		
100-110	2.5Y 6/3		
110-120	2.5Y 6/3		
120-130	2.5Y 6/3		
130-140	2.5Y 6/3		
140-150	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinzentado	
150-160	2.5Y 7/2	Cinzento-claro	
160-170	2.5Y 7/2		
170-180	2.5Y 7/2		
180-190	2.5Y 7/2		
190-200	2.5Y 7/2		
200-210	2.5Y 7/2		
210-220	2.5Y 7/2		
220-230	2.5Y 7/2		
230-240	2.5Y 7/2	Bruno-claro-acinzentado	areia-argila
240-250	2.5Y 7/3		
250-260	2.5Y 8/2		
260-270	10YR 6/6	Amarelo-brunado	arenoso
270-280	10YR 5/8	Bruno-amarelado	
280-290	10YR 6/8	Amarelo-brunado	areia-argila
290-300	10YR 6/8		
300-310	10YR 6/6		
310-320	10YR 6/8		
320-330	10YR 6/8		arenoso
330-340	10YR 5/8	Bruno-amarelado	
340-350	10YR 6/6	Amarelo-brunado	

Elaborado pelo autor.

## 6. DISCUSSÃO

Considerando os Tabuleiros Costeiros enquanto a expressão geomorfológica do Grupo Barreiras, seu aspecto característico subhorizontalizado em topos planos, amplos e altimetricamente correspondentes aparentam ter relação estreita com a presença das couraças ferruginosas e o papel estruturante que elas exercem na paisagem. Resultado dos processos pedogenéticos de segregação das ligações ferro-argila, essas feições lateríticas concrecionárias revelaram, através da análise estrutural na perspectiva geomorfológica e pedológica, estarem relacionadas ao setor da vertente onde se verifica a manutenção das menores declividades, especialmente os topos planos e ombro do Compartimento de Montante, onde elas ocorrem na paisagem.

A formação do ferricrete, enquanto material de origem das coberturas superficiais lateríticas latossólicas que precederam os Argissolos identificados, esteve associada a um nível freático acima do atual, alto o suficiente para segregação destas ligações ferro-argila em setores de topo, remobilização e oxidação em altitudes superiores às que se encontram atualmente em curso na vertente (parte intermediária e final do Compartimento Intermediário). Este processo deve ter garantido as condições para a acumulação relativa do Ferro e o desenvolvimento gradual das feições lateríticas plínticas e nodulares até, por fim, ganhar dimensão horizontalizada e reafirmar a característica concrecionária contínua do ferricrete, aproveitando-se de uma cobertura mal selecionada e empobrecida em finos, característica do Grupo Barreiras.

Essa configuração do ferricrete confirma a observação de campo de uma couraça composta predominantemente por grãos angulosos e sub-angulosos de quartzo cimentados por óxidos de Ferro, principalmente a Hematita, oriunda dos pretéritos ciclos de redução, mobilização e reprecipitação do Ferro, desenvolvendo-se inicialmente desde a plintização, passando por estruturas nodulares, até o concrecionamento com desenvolvimento horizontal contínuo (PEDRO; MELFI, 1983; TARDY; NAHON, 1985).

O desmonte do ferricrete por desagregação e decomposição geoquímica certamente estão associadas ao posterior rebaixamento do nível de eustático e freático em condições

pedoclimáticas que, em concomitante à dissecação inicial dos Tabuleiros Costeiros, propiciaram maiores taxas de infiltração, percolação e alteração subsuperficial da couraça, instabilizando e alterando-a gradualmente para nódulos, na substituição de uma mineralogia predominantemente hematítica cimentante para outra mais goethítica, homogênea, friável e mais latossólica. Isso constitui-se enquanto uma evidência e endossa o já discutido processo de xantização na evolução dos solos nos Tabuleiros Costeiros apontado por Nunes et al. (2019) que se confirma nas coberturas mais amareladas do Compartimento Intermediário.

Considerando que no PJ-1 não foi encontrado nenhum tipo de caractere ou feição concrecionária, nodular ou mosqueada, o aumento da proporção da fração cascalho nos horizontes Bt1 e Bt2 pode ser atribuído à uma evidência da contribuição da couraça na pedogênese basal dos solos de topo. Da mesma forma, no PJ-2, a proporção de cascalho, crescente em profundidade, apresenta um indício da aproximação em relação à couraça em desagregação e decomposição, contribuindo assim na pedogênese e deixando na matriz do solo estes nódulos mais resistentes principalmente na fração cascalho, envoltos em Goethita e internamente constituídos por uma cimentação ainda hematítica. Nesta fração, muitos deles também são grãos individualizados de quartzo angulosos e sub-angulosos que se assemelham muito ao aspecto dos que compõem o ferricrete.

Na condição pretérita hipotética, onde o aspecto horizontalizado dos Tabuleiros Costeiros esteve menos modificado pela dissecação, existiram paleodepressões fechadas caracterizadas por um relevo levemente abaulado, fruto da evolução solo-relevo por intercruzamento de falhas do embasamento da área, como já evidenciado por Andrade (2018) e Lima (2018). Neste contexto dos falhamentos, a evolução do relevo, através de depressões fechadas de topo, aparentemente direcionou a pedogênese para processos de translocação de argila e matéria orgânica que resultariam na geração de topos depressionários, bastante arenizados, na forma de coberturas espódicas, transformadas a partir, principalmente, dos Latossolos de topo plano (ANDRADE, 2018; FORTUNATO, 2004; LIMA, 2018). Na vertente estudada neste trabalho, de orientação oposta à depressão fechada estudada por Andrade (2018), os processos de dissecação e morfogênese instalados teriam se desenvolvido em conformidade com os sucessivos

níveis de base locais e gerais mais altos, ajustados às condições climáticas e ambientais globais, principalmente no Neógeno. Estes níveis freáticos mais altos teriam sido responsáveis por desencadear os processos identificados de translocação de argila no antigo Latossolo, que geraram horizontes B texturais dos Argissolos de topo comuns às duas vertentes e os Espodossolos da depressão fechada estudados por Andrade (2018), (não encontrados na vertente deste trabalho) a partir dos Latossolos gerados pelo intemperismo da couraça.

Corroboram com esta hipótese o predomínio da fração areia, os baixos teores de argila, com composição predominantemente silicosa e aluminosa que, através dos dados oriundos do balanço de massa dos perfis de topo e transição para meia vertente (PJ-1 e PJ-2), apresenta horizontes bastante silicosos em superfície, com perda destes compostos em profundidade, dando espaço a estruturas mais aluminosas em subsuperfície, contribuindo na geração dos horizontes Bt dos Argissolos do Compartimento de Montante. Assim, os horizontes superficiais mais arenosos e os iluviados mais profundos seriam produto do processo inicial de podzolização interrompido que a priori empobreceu de finos a cobertura mais superficial e enriqueceu os horizontes B de argila translocada os perfis PJ-1 e PJ-2.

Na vertente estudada, provavelmente teriam sido gerados Espodossolos semelhantes a esses estudados por Andrade (2018) em sua depressão fechada, pela continuidade da atuação dos processos de iluviação promovidos pelo lençol mais alto, a partir da transformação dos Argissolos de topo. Entretanto, o processo não teve continuidade devido à incisão do vale, que impediu a geração de um Espodossolo como produto final. Como etapa intermediária na tendência de sequência de transformação pedológica Argissolo-Espodossolo, foi identificado, na vertente deste estudo, um Latossolo bastante arenoso, possivelmente produto de uma pré-podzolização, que teve sua continuidade interrompida pela dissecação estruturalmente orientada e que degradou os horizontes Bt.

Assim, entende-se que o desenvolvimento da morfogênese por meio de uma rede de drenagem estruturalmente encaixada em duas das principais orientações de lineamentos presentes na área de estudo (ENE-WSW e NNW-SSE) acabou por interromper o

provável processo semelhante de geração de Espodosolos na vertente estudada, operando o desmonte da hipotética paleodepressão e da própria couraça ferruginosa, que hoje sustenta somente os setores de topo e ombro do Compartimento de Montante. Neste sentido, o arcabouço geológico herdado, especialmente os lineamentos estruturais, tem fundamental importância na preferencialização das orientações do encaixe das drenagens, na dissecação desta área desde os cursos de primeira ordem e redirecionamento da pedogênese, como apontado também por Lima (2018), Andrade (2018) e Fortunato (2004).

Assim, a abertura do vale estruturalmente encaixado envolve, portanto, a instabilização da couraça e a interrupção dos processos de translocação de argila, bem como a perda de solo por erosão, que acentua as declividades e favorece o escoamento lateral e superficial nos setores de média e baixa encosta mais recentemente desenvolvidos, potencializando ainda mais a morfogênese. Com a decomposição do ferricrete, associada ao estabelecimento inicial da rede de drenagem, processou-se a dissecação do relevo que respondeu principalmente ao nível de base do vale estrutural.

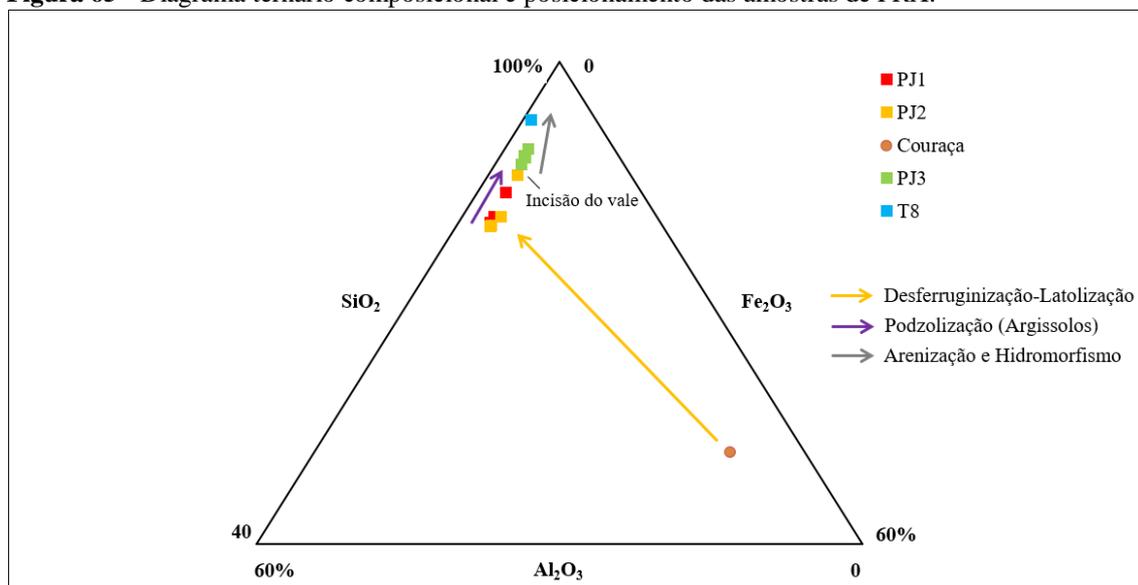
Pelo avanço da morfogênese estrutural, aprofunda-se o talvegue à medida em que se consolidam os setores da vertente em porções de topo (com a couraça tendo papel preponderante na manutenção e resistência do aspecto plano), meia-encosta e baixa vertente. Assim, o atual novo nível freático promove processos pedogenéticos principalmente associados ao hidromorfismo, dissolução lenta dos minerais já bastante intemperizados e residuais da cobertura pedológica, desmonte gradual das feições lateríticas concrecionárias em nódulos e mosqueados constituindo-se enquanto uma frente de alteração basal importante atuante nos compartimentos intermediário e de jusante.

A oscilação do nível médio do lençol atual é que parece gerar parte das feições plúnticas mais recentes, pelas reações de oxi-redução e remobilização do Ferro presentes principalmente no Compartimento Intermediário, dentro de sua amplitude sazonal. Mais abaixo, no Compartimento de Jusante, a sobreposição dos dois níveis encontrados executa hidromorfismo intenso, refletido na palidez dos volumes gleizados encontrados nas tradagens 12 e 4.

A figura 65 retrata um diagrama ternário composicional considerando os teores dos óxidos de Silício, Ferro e Alumínio. As setas em laranja (desferruginização e latolização), roxa (podzolização que gerou os Argissolos) e cinza (hidromorfismo/gleização) apontam as composições resultantes em cada um dos processos que as representam o itinerário evolutivo dos solos e da vertente.

Percebe-se, através do posicionamento dos resultados composicionais oriundos de FRX de cada uma das amostras no diagrama, a confirmação de algumas tendências importantes. A primeira delas é a dispersão da amostra da couraça (PJ2COU) em relação a todas as outras amostras, sendo um indicativo de uma feição pedolaterítica de natureza reliquial, produto claro de um processo de laterização ferruginizante (aproximação da face direita do triângulo - eixo do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) que originou um ferricrete, posteriormente instabilizado, mas que ainda permanece em um setor de topo da vertente auxiliando na estruturação e manutenção dos topos planos e amplos.

**Figura 65** - Diagrama ternário composicional e posicionamento das amostras de FRX.



Elaborado pelo autor.

Outra constatação importante é a de que todas as outras amostras do mesmo perfil da couraça (PJ-2), em quadrados laranja, posicionam-se distantes desta, oriundas do processo de desferruginização e latolização promovido pela seta laranja, pela qual os indícios morfológicos das tradagens e dos perfis já apontavam um processo de nova pedogênese da cobertura com contribuição pelo intemperismo da couraça ferruginosa.

Da mesma forma, as amostras do perfil PJ-1 também encontram-se nesta zona e alinhadas entre si, indicando um processo de podzolização (seta roxa) ocorrente no setor de Montante que, ao final, gerou ambos Argissolos (PJ-1 e PJ-2) de topo mais plano e favorável aos fluxos verticais de infiltração.

A composição dos dois perfis (PJ-1 e PJ-2), majoritariamente silicosa-aluminosa, constata a natureza ferralítica de sua pedogênese com predomínio das forças de ligação Silício-Oxigênio nas estruturas minerais presentes. Nestas ligações, principalmente na forma dos tetraedros do grupamento Siloxano, são bastante significativas estáveis e por isso resistem bastante à alteração mineral nas condições pedoambientais do Compartimento de Montante (RESENDE et al., 2011). Por serem elementos frequentemente presentes na elaboração das estruturas monossilicadas e alitizadas caulínicas e gibbsíticas, Silício e Alumínio acabam tendo maior parcela de ocorrência na composição dos horizontes devido ao evidenciado processo de laterização e concentração relativa destes óxidos.

Ferro e o Titânio, elementos de dinâmicas e mobilidades bastante diferentes, estão muito relacionados aos óxidos nos solos, principalmente a Hematita e a Goethita, no caso do Ferro. Mesmo que em menores quantidades, apresenta boa mobilidade em condições de alteração do potencial oxi-redox e seus óxidos atuam sobremaneira no desenvolvimento das condições físico-químicas, sobretudo físicas dos solos a exemplo da porosidade, aeração, superfície específica e troca de íons, juntamente com a Gibbsita. Já o Titânio participa na elaboração de minerais residuais extremamente resistentes à decomposição intempérica e baixa mobilidade como o Anatásio (RESENDE et al., 2011; SBCS, 2019).

A boa cristalinidade e intensidade aguda dos picos identificados por DRX, principalmente para as fases minerais do PJ-1, corrobora com uma situação de relativa estabilidade pedológica do topo, com o solo sendo bem drenado, não afetado por mecanismos de retenção de água e hidromorfia, onde predominam fluxos verticais de percolação e onde a Hematita se mostra mais ajustada às condições pedobioambientais, num quadro de co-participação com a Goethita, que tende a formar cristais menores. A Gibbsita, por sua vez, também mais cristalina com a profundidade crescente e com o

enriquecimento em Alumínio evidenciado pelo balanço de massa, denota o grau de avanço intempérico por total dessilificação destes componentes do solo e reforça as condições mais estáveis para a geração de estruturas que tendem a ser maiores e mais bem cristalizadas, de picos com baixa largura à meia-altura (LMA) e picos intensos (RESENDE et al., 2011).

Em ambos os perfis e no contexto dos Tabuleiros Costeiros, a Caulinita exibe-se como a forma mais recorrente de arranjo mineral monossilicizado mais estável com o ambiente de formação, principalmente em solos. No entanto, a Nacrita ocorre no PJ-2 e no PJ3T8, sendo também identificada em outras coberturas pedológicas superficiais mais recentes do Barreiras, também associada à uma assembleia mineralógica pouco diversa, representada principalmente por minerais monossilicizados, óxidos de Ferro, Quartzo e Anatásio (FREIRE et al., 2022).

Portanto, entende-se que mais ocorrências deste polimorfo-traço também possam ocorrer nas coberturas pedológicas dos Tabuleiros Costeiros, visto que é ocasionalmente classificado como Caulinita devido à semelhança entre as estruturas (triclínica na Caulinita e Monoclínica na Nacrita) e a dificuldade de diferenciação pelos picos secundários característicos pelas tradicionais técnicas de identificação mineral, principalmente a DRX (BLOUNT; THREADGOLD; BAILEY, 1969; CHEN; WANG; YANG, 2001). Maiores cuidados nos estudos e aplicação das técnicas são requeridos na precisa identificação das fases minerais para a satisfatória apreensão do significado genético das estruturas reconhecidas e os mecanismos de origem destas.

Na couraça ferruginosa (PJ2COU), observou-se por DRX, a ausência dos picos de Gibbsita identificados em todos os seis horizontes lateríticos friáveis sobrepostos, revelando uma descontinuidade mineralógica entre estes e o material concrecionário na base deste perfil. Isso pode indicar que boa parte do Alumínio presente pode estar substituindo isomorficamente o Ferro na estrutura da Goethita, sendo um fenômeno comum em coberturas lateríticas e bastante intemperizadas (PEDRO; MELFI, 1983; RESENDE et al., 2011; TARDY; NAHON, 1985).

Dessa forma, entende-se o Compartimento de Montante como um balizador importante na vertente de ocorrência de uma cobertura laterítica, expressão de uma pedogênese predominantemente ferralítica que carrega clara influência do material de origem sedimentar e dos paleoprocessos pedogenéticos nas características químicas, físicas, mineralógicas e morfológicas sob as baixas declividades em setores de topo e ombro da vertente.

Em suma, neste setor onde predominam fluxos verticais de percolação e infiltração, os solos se apresentam mais avermelhados, argilosos em profundidade e indicam que a couraça tem contribuído na pedogênese por decomposição de sua estrutura concrecionária em nódulos cada vez menores e mais alterados, onde o ambiente pedológico atual aponta a Goethita como a forma atualmente mais estável dos óxidos de Ferro neste processo de degradação e xantização que segue Compartimento Intermediário adiante.

A própria morfologia da vertente reflete o conjunto de características discutidas e a presença da couraça. A partir do PJ-2, juntamente com o encerramento do Compartimento de Montante e a ocorrência do ferricrete, têm-se a acentuação da declividade e a transição do setor de topo e ombro mais horizontalizado-convexo, característica marcante Tabuleiros Preservados, para outro mais retilíneo e acidentado na meia encosta, já dentro do Compartimento Intermediário. Este cenário aponta o papel importante das couraças ferruginosas não somente na pedogênese, mas também na conformação morfológica das vertentes dos Tabuleiros Costeiros, principalmente os mais interioranos preservados e menos dissecados, enquanto estruturas que preservam este aspecto tabular e subhorizontalizado nos setores de topo, ainda que sob evidências de instabilidade ambiental, principalmente promovidas pela drenagem, alteração subsuperficial, ação freática, processos erosivos e dissecação.

Já as amostras do perfil de transição entre os compartimentos Intermediário e de Jusante (PJ-3) posicionam-se ainda mais ao topo do diagrama da figura 65 em relação a todas as outras amostras, refletindo altos teores composicionais de sílica conjugados a Alumínio e ainda mais baixos teores de Ferro. Esse cenário, ainda que sob influência de latolização, é apontado pela seta cinza, indicando um processo de hidromorfismo, ao



identificada neste perfil e o restante da vertente (de montante para justante) associada a arenização das amostras, com depleção das frações finas e empobrecimento composicional, principalmente pela instabilização dos minerais de argila (sobretudo portadores de ferro). Exibindo uma composição cada vez mais silícica e grosseira, a cobertura pedológica perde volume por dissolução e exporta componentes finos para a drenagem, contribuindo na perda de atributos físicos como porosidade, aeração, agregação, e, por consequência, susceptibilidade à erosão e consequente abatimento do terreno.

Este comportamento, junto com o balanço de massa para o PJ-3, aponta para uma intensa silicificação do material em profundidade, sob atuais condições hidromórficas que, por outro lado, não propiciam a permanência do Ferro (frequentemente reduzido e remobilizado ao longo da topossequência), atingindo 0.77% no PJ3T8, em queda desde os horizontes do PJ-3 e a partir do PJ-2 com a desagregação da couraça

Assim, dado este quadro de uma cobertura cada vez mais arenosa e menos argilosa do solo a partir do PJ-3, reafirmam-se os indícios de um processo de arenização e permanência de estruturas minerais mais resistentes, principalmente na fração areia, consequência da depleção de finos neste setor de meia-baixa encosta e da silicificação em profundidade.

A presença de nódulos ferruginosos externamente envolvidos por material friável mais goethítico e internamente hematítico, principalmente nos horizontes Bw3 e Bw4 pode apontar para um resquício pretérito da decomposição do ferricrete, sugerindo uma paleocondição onde sua ocorrência era mais prolongada que a atual, antes da instabilização da couraça por pedogênese e incisão do vale, rompendo um aspecto mais horizontalizado maior ao qual sua ocorrência parece estar relacionada. Não houve identificação da fração cascalho na PJ3T8.

As amostras da couraça e PJ3T8 são as mais arenosas e as únicas que se enquadraram na textura areia franca dada a significativa predominância da fração areia sobre os finos, principalmente a argila. No caso da couraça, a areia exerce papel fundamental na composição do esqueleto a ser cimentado pelos óxidos de Ferro na elaboração do

ferricrete e dos nódulos, enquanto no material da T8 a composição arenosa e silícica sofre alteração da lenta dissolução-neoformação da mineralogia amplamente quartzosa e caulínica mais resistente e residual.

Associado aos altos teores de sílica na composição dada por FRX, a presença do quartzo na fração argila indicada pela DRX na PJ3T8 endossa um quadro de alta concentração desta sílica em solução no material basal, propício à neoformação de minerais portadores de silício ajustados às condições encontradas e ao equilíbrio químico. O mesmo vale para casos em que este mineral é encontrado na fração silte (GOMES et al., 2007; RESENDE et al., 2011).

As formas químicas da sílica mais estáveis e frequentemente encontradas em solos são o ácido silícico (produto da hidrólise das estáveis ligações covalentes entre Si e O) e o quartzo (DEWOLF; BOURRIE, 2008). Devido à sua baixa solubilidade conjugada a uma taxa frequentemente superior de sílica dissolvida, a solução do solo está frequentemente sobressaturada, preferencializando a precipitação do Silício, sob a forma de Caulinita, Quartzo ou sílica amorfa inclusive nas frações mais finas, a depender das condições ambientais (DEWOLF; BOURRIE, 2008). De outro lado, a presença do quartzo nas frações mais finas leva, da mesma forma na via inversa por equilíbrio químico, à lenta liberação desta sílica para a solução, frequentemente ocasionando a neoformação, geralmente sob a forma preferencial da Caulinita em solos (MELO et al., 1995 apud CARVALHO et al., 2013).

A ocorrência do Quartzo na sub-fração argila (sobretudo argila grossa) também é um fenômeno relativamente comum principalmente em Espodossolos, em diferentes tipos de clima e material de origem e solos, sobretudo os mais arenosos (CARVALHO et al., 2013; GOMES et al., 2007). São mais frequentes em ambientes de restinga e em Tabuleiros Costeiros, de amplas ocorrências espaciais em estudos ao longo destes compartimentos (CARVALHO et al., 2013). Nestes ambientes têm-se frequentemente uma assembleia mineral pouco diversa e bastante intemperizada onde a alteração dos poucos silicatos ferro-magnesianos e alumínicos residuais concede uma “proteção temporária” ao quartzo, somente sendo decomposto na ausência destes outros alvos preferenciais (DEWOLF; BOURRIE, 2008).

Dessa forma, considera-se hipoteticamente que o material caulínico esbranquiçado e adensado coletado a cinco metros de profundidade da T8 na transição da média para baixa vertente, se trate de uma fácies distinta do Grupo Barreiras que foi exposta através da morfogênese que interrompeu os anteriores processos de podzolização da paleodepressão fechada e resultou na abertura do vale estruturalmente controlado. Neste sentido, na baixa vertente, boa parte desta fácies exposta já teria sido erodida e/ou atuado conjuntamente na pedogênese dos solos de jusante.

A presença deste material, que está subjacente à couraça, também pode sugerir uma continuidade horizontal que atravessa toda a extensão da vertente, como retratado nos maiores valores de resistividade (cores quentes) presentes no modelo geofísico de encaminhamento elétrico constante no Apêndice II. Assim, infere-se que nesta vertente a composição predominantemente silicosa da amostra PJ3T8 pode ser também resultado de um longo processo de migração (vertical e lateral), dissolução e reprecipitação do Silício na forma da Caulinita e do quartzo fino sob condições de pior ordenamento cristalino, numa fácies bastante empobrecida em outros elementos e que já teve seus componentes mais solúveis lixiviados há muito tempo.

Andrade (2018), em vertente dominada por hidromorfismo de lençol suspenso que gerou Espodossolos oposta à estudada neste trabalho, encontrou um material muito parecido a este, em condições não saturadas por hidromorfismo na base dos perfis espódicos identificados na meia vertente e descreveu como horizonte Cr. O mesmo conjunto de análises físicas, químico-composicionais e mineralógicas poderiam ser executadas buscando comparar seus resultados e atestar uma possível continuidade horizontal até a base das coberturas espódicas, corroborando com a hipótese da presença prolongada sugerida pelo encaminhamento elétrico dadas as semelhanças morfológicas entre os dois materiais.

Na amostra esbranquiçada, caulínica e adensada da PJ3T8, a ausência por DRX de certas fases minerais como caso da Gibbsita, do Anatósio e da Hematita, comuns e estáveis em ambientes de solo, especialmente os mais lateríticos, aponta para um cenário que evidencia estes dois pedoambientes distintos: um mais profundo e permanentemente saturado em água onde a composição predominantemente silicosa na

forma do Quartzo, Caulinita e Nacrita estão submetidas à hidromorfia permanente, que provavelmente importa sílica de outras porções da vertente, lentamente dissolve e os reprecipita sob formas mais estáveis e possivelmente mais desordenadas ou amorfas, exportando compostos portadores de Ferro e Alumínio instabilizados nesta condição por circulação lateral.

O outro ambiente se constitui enquanto o de uma cobertura laterítica, mais superficial, friável, fruto de uma pedogênese ferralítica na qual as relações ferro-argila se encontram em um estágio gradual de homogeneização, com a decomposição de estruturas nodulares instáveis em feições plínticas cada vez friáveis e amareladas, tanto de montante a jusante, quanto em profundidade nas tradagens feitas. Nas faixas próximas ao nível freático, onde provavelmente a oscilação age promovendo atuais ciclos de umedecimento e secagem observa-se, em profundidade, a presença de feições residuais nodulares e plínticas mais avermelhadas que estão submetidas aos ciclos de oxi-redução do ferro em escala mais localizada. Já a partir do PJ-3 como marco de transição para o compartimento subsequente de jusante, principalmente a partir da Tradagem 7, não se observam feições lateríticas de segregação de Ferro, passando a um domínio mais predominantemente gleizado da vertente.

Assim, entende-se esta diferença de características entre o pacote laterítico dos solos do PJ-3 e o material subjacente encontrado na PJ3T8 enquanto um contato entre volumes de granulometrias, composição, aspecto físico-químicos (floculação, pH) e morfologias diferentes, mas que compartilham um elo mineralógico comum: a presença da Caulinita e da Nacrita, mais nitidamente identificada nos softwares de identificação mineral por DRX somente no PJ-2 mas que carece de refinamento na sua confirmação através de outras técnicas de identificação mineral. A estrutura adensada, quartzosa e caulínica do material subjacente pode ter contribuído para a formação da estrutura do esqueleto-base do ferricrete, posteriormente cimentado pelos óxidos migrantes por ação oxi-redutora promovida pelo lençol. Neste sentido, esse elo pode indicar que o material PJ3T8 pode ter contribuído na constituição da couraça (principalmente em seu esqueleto arenoso) e o intemperismo dessa couraça, por sua vez, parece ter contribuído para gênese dos solos lateríticos sotopostos a ela.

Nesta couraça, percebem-se algumas diferenças notáveis, principalmente a proeminência dos picos de Hematita e Goethita como agente cimentante e fruto de sua degradação-pedogênese, respectivamente. A seguir, na transição entre os compartimentos, o PJ-3 exhibe a mesma assembleia mineralógica fruto de uma pedogênese ferralítica, com estruturas minerais pior cristalizadas (maior LMA) em relação aos outros dois perfis, já sob textura bastante mais arenosa.

Associado a isso, a significativa diminuição dos teores de argila ao final do compartimento evidenciada na granulometria do PJ-3 e nas tradagens afirmam o quadro pretérito de depleção e exportação de componentes de estruturas mais finas, principalmente relacionados à perda do ferro sob condições freáticas mais elevadas que a atual. Dessa forma, pela perda de finos têm-se uma perda de volume considerável e consequente rebaixamento do terreno, além da desagregação da couraça, que quando menos alterada, contribui para a manutenção do aspecto sub-horizontal dos tabuleiros. Neste mesmo sentido, a perda dos componentes finos em subsuperfície aponta para o processo de arenização que influenciou significativamente nas características físicas e químicas do solo como agregação, susceptibilidade à infiltração, escoamento superficial e perda de solo, favorecendo a morfogênese como processo atual dominante (GUERRA, 2012).

Portanto, entende-se que o atual processo de gleização, com instabilização de estruturas minerais e exportação do Ferro no ambiente hidromórfico para a drenagem, contribui na prevalência residual da sílica enquanto elemento que compõe majoritariamente estruturas minerais mais resistentes e de lenta dissolução e baixa solubilidade no PJ3T8 (hidromorfogia presente no Compartimento de Jusante). Associado a isso, o desmonte gradual das estruturas lateríticas nodulares e plínticas indica uma substituição lenta destas concreções e homogeneização da cobertura na substituição da Hematita pela Goethita, apontando para um processo de xantização dos Tabuleiros Costeiros do Barreiras (NUNES et al., 2019).

Dessa forma, percebe-se que os processos pedogenéticos identificados nos setores da vertente deixam seus registros na morfologia, química, física, mineralogia e composição da cobertura pedológica. Partindo de um topo amplo e plano de cobertura homogênea e

mais argilosa em profundidade, de composição relativamente mais diversificada, com uma assembleia mineral que apresenta melhor cristalinidade com a profundidade passa-se a uma cobertura de comportamento semelhante no ombro da vertente, sobreposta a um ferricrete maciço.

Percebe-se, portanto, uma estreita relação entre a pedogênese, a morfogênese e o arcabouço geológico de modo que, influenciando-se mutuamente, exhibe-se a conformação atual da vertente e da paisagem como expressão sumária das condições, que de forma associada, controlaram mútua e conjunta a evolução morfológica, pedológica, mineralógica e composicional da vertente e sua cobertura.

Atualmente, em meio ao processo estruturalmente orientado de dissecação dos Tabuleiros Costeiros evidenciado principalmente na sua porção mais preservada, a vertente aparenta buscar uma condição de equilíbrio com as atuais condições pedoclimáticas através da reconfiguração do arranjo pedológico e sua morfologia. Neste sentido, os processos pedogenéticos desencadeados engatilharam, por sua vez, processos morfológicos e por estes mesmos processos morfológicos são retroalimentados, resultando em uma coexistência de feições reliquiaes e feições mais recentemente geradas pelas frentes de transformação identificadas na evolução multiescalar e temporal pedogeomorfológica da cobertura pedológica.

Entende-se, portanto, que os processos identificados de laterização, latolização, podzolização, gleização e arenização têm todos seu papel, dentro do contexto e temporalidade de atuação, na condução genético-evolutiva da cobertura e da vertente, onde encontram-se concretizados e integrados, durante o Neógeno e sobretudo no Pleistoceno e Holoceno mais recentes.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação pedogeomorfológica executada neste trabalho permitiu a identificação e diferenciação da cobertura pedológica ao longo de uma vertente nos Tabuleiros Costeiros Preservados segundo os seus setores de topo, ombro, encosta e sopé. A partir destas diferenciações na cobertura, da compartimentação executada, da observação da morfologia e o comportamento dos dados analíticos de laboratório foi possível reconhecer os processos pretéritos e atuais de laterização, latolização, arenização, gleização e de morfogênese presentes na vertente.

Tais processos, identificados pela análise integrada da vertente, evidenciaram a presença de uma frente de transformação importante promovida por uma maior altura pretérita do lençol freático na dissolução agressiva dos minerais não-silícicos, principalmente os óxidos de Ferro e Alumínio. Esse processo segue em curso na baixa vertente, e teve como consequência a depleção das frações finas de média e baixa vertente (sobretudo as argilas portadoras de Ferro) com perda significativa de volume, resultando numa cobertura arenizada, predominantemente silícica e mais recentemente cada vez mais gleizada a partir do perfil de transição PJ-3 em diante, já sob ação direta do freático. Esta mesma frente, no nível freático atual age na remobilização mais recente do Ferro presente na cobertura latossólica, gerando feições predominantemente plínticas na faixa oscilação do nível freático da porção final do Compartimento Intermediário.

Infere-se que a mesma ação freática pretérita em nível mais alto se constituiu enquanto uma frente importante no paleoprocessos de remobilização de finos que empobreceu os horizontes superficiais da paleocobertura levemente abaciada e que enriqueceu, por translocação da argila, os mais subsuperficiais, resultando nos horizontes Bt dos Argissolos de montante, constituindo-se neste processo de “pré-podzolização” abortado pela abertura do vale estruturalmente encaixado.

A morfogênese teria influenciado sobremaneira nestes processos, tendo a abertura do vale um papel fundamental no redirecionamento pedogenético, na modelagem atual da vertente e na conformação da paisagem. A análise de lineamentos apontou para um vale estrutural de orientação ENE-WSW, uma das duas mais frequentes tendências dentro da

área de estudo e provavelmente mais antigas pelo desvio padrão significativo, no qual a drenagem de primeira ordem está encaixada. Neste sentido, a dissecação deste compartimento mais preservado dos Tabuleiros teria sido preferencializada nestas orientações já existentes no embasamento cristalino, reativadas durante o Neógeno e que refletiram na cobertura sedimentar do Grupo Barreiras, expondo fácies mais profundas, com características diferenciadas em relação à cobertura sobrejacente, como a da amostra PJ3T8.

Outra frente de transformação importante se consitiuiu na alteração da couraça ferruginosa nos setores de topo e ombro, que revelaram ter uma relação estrutural de sustentação ligada à sua presença. A percolação da água, em fluxos predominantemente verticais, instabilizou a couraça ferruginosa contribuindo para sua decomposição e nova pedogênese com substituição da mineralogia cimentante hematítica por outra, mais goethítica, corroborando com o processo de xantização presente nas coberturas pedológicas dos Tabuleiros Costeiros, bastante intemperizadas e predominantemente caulínico-gibbsíticas. A transformação da feição ferricrete para feições nodulares e plínticas ao longo de alguns sítios da vertente também aponta para um cenário de desagregação e decomposição de feições lateríticas não-friáveis em coberturas pedológicas friáveis, não concrecionárias e homogeneizadas.

Dessa forma, com as mudanças climáticas e, principalmente, oscilações do nível de base ao longo do Pleistoceno e Holoceno, a dissecação seguiu em momentos de preferencial aprofundamento do talvegue (associados a momentos mais secos e de menor nível eustático) e outros de recuo das vertentes por remoção de material (associados a momentos mais úmidos). Com o avanço da pedogênese por decomposição da couraça e latolização, a erosão contribuiu para a morfogênese sobre uma cobertura cada vez já mais arenizada, menos agregada, mais fisicamente instável e propícia à perda de solo, contribuindo para a modelagem da vertente e a perda do aspecto mais amplo tabular contínuo, sobretudo da meia-encosta em diante, restando topos planos altimetricamente correspondentes.

Neste sentido, a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica teve papel fundamental na identificação das diferenças entre os volumes, bem como a associação entre as formas

da vertente, os processos identificados e características da cobertura pedológica encontradas, possibilitando o entendimento dos processos pretéritos e mais recentes através da reflexão forma-conteúdo presente na vertente no diagnóstico do momento atual.

Entende-se, portanto, que este processo de instabilização de ferricretes, que sustentam o aspecto horizontalizado dos Tabuleiros sob as atuais condições pedoambientais mais úmidas, deve ocorrer de forma semelhante em outras porções dos Tabuleiros Costeiros Preservados, sobretudo os que são drenados por vertentes anexas a vales estruturalmente controlados, com a atuação freática associada e provável arenização das coberturas por depleção de frações finas em meia e baixa vertente. Permanecendo estas condições por tempo suficiente, poderia-se inferir uma dissecação ainda mais intensa, restando apenas topos mais resistentes residuais correspondentes à antiga superfície correspondente à dos Tabuleiros, recortadas por vertentes dissecadas e de maior declividade, também possivelmente arenizadas e compostas possivelmente por poucos Latossolos/Argissolos de topo, seguidos de Gleissolos e/ou Cambissolos nos vales drenados, bem como Espodossolos nas depressões fechadas de topo, já identificadas e caracterizadas na área.

O presente estudo não encerra as possibilidades no entendimento da gênese e evolução pedogeomorfológica dos Tabuleiros Costeiros, pelo contrário: aporta uma contribuição à compreensão do recorte e aponta para novas possibilidades de esclarecimento da dinâmica pretérita e atual de alteração das couraças, seu papel geomorfológico na sustentação dos topos planos, das dinâmicas de substituição/sucessão mineralógica-composicional e do contato lateral entre os volumes da cobertura pedológica (notadamente as transições pedológicas) e vertical entre materiais distintos, como o da Tradagem 8 (PJ3T8).

São necessários, portanto, mais estudos que aprofundem e ampliem o entendimento em detalhe dos processos identificados neste trabalho, principalmente através de metodologias mais específicas, que busquem elucidar como se deram os processos aqui reconhecidos, sejam os principais ou secundários. Neste sentido, datações, análises micromorfológicas e de fitólitos são ferramentas analítico-metodológicas que podem fornecer outros subsídios importantes e de interesse à uma recomposição ainda mais

precisa e robusta acerca dos processos (mais ou menos evidentemente registrados) nestas lacunas e nuances que ainda compõem a evolução pedogeomorfológica e climática da paisagem dos Tabuleiros Costeiros, sobretudo ao longo do Néogeno.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

AB'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil - Potencialidades Paisagísticas**. [s.l.] Ateliê Editorial, 2003.

ALMEIDA, Â. B. et al. Geomorfologia da região de Siribinha, município de Conde - Litoral Norte do Estado da Bahia. **II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa**, p. 5, 2003.

ALMEIDA JUNIOR, M. V. C. **Mapeamento Geoambiental Da Zona Costeira Da Região Entre a Foz Do Rio Pojuca E a Praia De Imbassaí, Mata De São João - Bahia**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2011.

ALMEIDA JUNIOR, M. V. C.; DOS ANJOS, J. A. S. A.; SAMPAIO, F. J. Mapeamento geológico da zona costeira limitada pela foz do rio Pojuca e a praia de Imbassaí, Mata de São João - Bahia. **Geologia USP - Serie Científica**, v. 13, n. 3, p. 41–50, 2013.

ANDRADE, I. C. M. DE. **ESTUDO PEDOGEOMORFOLOGICO DE UMA SEQUENCIA DE SOLOS DA RESERVA DE SAPIRANGA.pdf**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2015.

ANDRADE, I. C. M. DE. **Caracterização e Evolução Pedogeomorfológica de um Sistema de Transformação Argissolo - Espodossolo nos Tabuleiros Costeiros da APA Litoral Norte do Estado da Bahia**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2018.

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP. Série Científica**, v. 6, n. 2, p. 01–06, 2006.

BAHIA. **DECRETO 1.046 DE 17 DE MARÇO DE 1992**. Brazil, 1992.

BAHIA. **Pluviometria - Estado da Bahia**. Salvador Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, , 2003.

BAHIA. **Região de Planejamento e Gestão das Águas - XI - Recôncavo Norte.**

Salvador INEMA, , 2014.

BERTRAND, G.; TRICART, J. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 39, n. 3, p. 249–272, 1968.

BOCKHEIM, J. G. et al. Historical development of key concepts in pedology.

**Geoderma**, v. 124, n. 1–2, p. 23–36, 2005.

BOULET, R. Análise Estrutural Da Cobertura Pedológica E Cartografia. **XXI**

**Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, n. 1942, p. 79–90, 1993.

BOULET, R. et al. Geoquímica das paisagens tropicais: O papel das coberturas pedológicas. **Revista do Instituto Geológico**, v. 37, n. 2, p. 1–23, 2016.

BOULET, R.; CHAUVEL, R.; LUCAS, Y. Les Systemes de Transformation en Pedologie. 1984.

BOULET, R.; CHAUVEL, R.; LUCAS, Y. **Os Sistemas de transformação em Pedologia**. , 1990.

BRASIL. **Folha SD.24 - Salvador**. Rio de Janeiro Ministério das Minas e Energia, , 1981.

CHADWICK, O. A.; BRIMHALL, G. H.; HENDRICKS, D. M. From a black to a gray box - a mass balance interpretation of pedogenesis. **Geomorphology**, v. 3, n. 3–4, p. 369–390, 1990.

CORRÊA-GOMES, L. C. et al. PADRÕES DE ORIENTAÇÃO DOS CAMPOS DE TENSÃO, ESTRUTURAS, HERANÇA DO EMBASAMENTO E EVOLUÇÃO TECTÔNICA DAS BACIAS DE CAMAMÚ E PORÇÃO SUL DO RECÔNCAVO, COSTA DO DENDÊ, BAHIA. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4, p. 117–

128, 2005.

**COSTA JÚNIOR, M. P. INTERAÇÕES MORFO-PEDOGENÉTICAS NOS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS E NOS LEQUES ALUVIAIS PLEISTOCÊNICOS NO LITORAL NORTE DO ESTADO DA BAHIA – MUNICÍPIO DE CONDE.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2008.

**DALTON DE SOUZA, J. et al. Mapa Geológico do Estado Da Bahia - Escala 1:1.000.000.** SalvadorCBPM, , 2003.

**DINIZ, A. D. ORIGEM E DINÂMICA DO MERCÚRIO EM SISTEMAS DE TRANSFORMAÇÃO LATOSSOLO-ESPODOSSOLO NA BACIA DO RIO NEGRO, AMAZONAS.** [s.l.] UNESP, Rio Claro, 2011.

**DOMINGUEZ, J. M. L. Sistema de Informações Geográficas para o Suporte à Gestão e ao Monitoramento do Litoral Norte do Estado da Bahia.** GERCO, 2006.

**DOMINGUEZ, J. M. L. A evolução Pós-Barreiras da zona costeira leste do Brasil. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA,** 2011.

**DUBROEUCQ, D.; VOLKOFF, B. From oxisols to spodosols and histosols: Evolution of the soil mantles in the Rio Negro basin (Amazonia).** *Catena*, v. 32, n. 3–4, p. 245–280, 1998.

**EMBRAPA, C. Manual de Métodos de Análise de Solo.** Rio de JaneiroEmbrapa - CNPS, , 1997.

**ESPINDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens.** *Revista do Instituto Geológico*, v. 31, n. 1–2, p. 67–92, 2010.

**ESQUIVEL, M. S. O Quaternário costeiro do município de Conde: implicações para a gestão ambiental.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2006.

FACCO, R. **Influência dos parâmetros físico-hídricos do solo na conformação das vertentes na Formação Santa Maria (membro Alemoa) no bairro Camobi e distrito de Pains, Santa Maria, RS.** [s.l.: s.n.].

FORTUNATO, F. F. **Sistemas Pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia: Uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do Quaternário.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2004.

GARCIA, M. DE F. S. **Mineralogia de Solos e Sedimentos do Grupo Barreiras do Litoral Norte da Bahia.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2015.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. **1º Workshop Sobre Neotectônica E Sedimentação Cenozóica Continental No Sudeste Brasileiro**, v. Boletim nº, p. 1–31, 1990.

HASUI, Y. et al. **Geologia do Brasil.** São Paulo: Beca, 2012.

JENNY, H. **Arrangement of soil series and types according to functions of soil-forming factors.** *Soil Science*, 1946.

KER, J. C. et al. **Pedologia: Fundamentos.** 1ª Edição ed. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

LIMA, C. C. U. Evidências da deformação tectônica em rochas do Grupo Barreiras do Litoral Sul de Alagoas ao Litoral Norte da Bahia , Brasil. p. 2–4, 2006.

LIMA, C. C. U. et al. Quaternary fault control on the coastal sedimentation and morphology of the São Francisco coastal plain, Brazil. **Tectonophysics**, v. 633, n. 1, p. 98–114, 2014.

LIMA, C. C. U. DE. EVIDÊNCIAS DA AÇÃO TECTÔNICA NOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO BARREIRAS PRESENTES DO LITORAL DE SERGIPE E AO NORTE DA BAHIA. **Revista de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 140–151, 2010.

LIMA, J. DA M. **Levantamento Pedológico e Morfopedologia na área de Proteção Ambiental Litoral Norte do Estado da Bahia - Entre os Rios Pojuca e Imbassáí.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2018.

MAGALHÃES, D. S. **FRAGMENTAÇÃO E SEGREGAÇÃO SÓCIO-ESPACIAL NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DO LITORAL NORDESTE DA BAHIA: OS DOIS LADOS DA RODOVIA BA-099 – “ESTRADA DO COCO”.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2015.

MONTEIRO, H., S. **GEOCRONOLOGIA DE INTEMPERISMO POR (U-TH)/HE EM GOETHITAS E HEMATITAS SUPERGÊNICAS DAS CANGAS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO , MINAS GERAIS, BRASIL.** [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

NAHON, D. B. Evolution of iron crusts in tropical landscapes. **Rates of chemical weathering of rocks and minerals**, p. 169–191, 1986.

NAKASHIMA, M. R. et al. Dos Solos À Paisagem: Uma Discussão Teórico- Metodológica. **Revista da Anpege**, v. 13, n. 20, p. 30–52, 2017.

NUNES, F. C. et al. Faciologia e Análise Tectônica dos Materiais de Origem dos Solos dos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte da Bahia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - EMBRAPA**, v. 193, 2011.

NUNES, F. C. et al. SOLOS VERMELHOS E AMARELOS COESOS DE TABULEIROS COSTEIROS: GÊNESE, EVOLUÇÃO E INFLUÊNCIA DA NEOTECTÔNICA. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 72, p. 294–314, 23 dez. 2019.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. D. S. Grupo Barreiras: Características, Gênese e Evidências de Neotectonismo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - EMBRAPA**, v. 194, p. 1–31, 2011.

OLIVEIRA, K. S. **ANÁLISE MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE**

**RAIOS-X E MÉTODO DE ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (CLUSTER ANALYSIS) COMO CRITÉRIO PARA INDIVIDUALIZAÇÃO DE HORIZONTES BAUXÍTICOS.** [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2017.

PEDRO, G.; MELFI, A. J. The superficial alteration in tropical region and the Laterisation phenomena. **II International Seminar on Laterisation Processes**, p. 3–14, 1983.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.

PINHEIRO, L. A. Avaliação Dos Aspectos De Qualidade Das Águas Na Bacia Do Rio Pojuca , Bahia Avaliação Dos Aspectos De Qualidade Das Águas Na Bacia Do Rio Pojuca , Bahia. p. 0–136, 2014.

QUEIROZ NETO, J. P. DE. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 59–67, 2000.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Geography Department, University of Sao Paulo**, v. 15, p. 77–90, 2002.

QUEIROZ NETO, J. P. Relações entre as vertentes e os solos: Revisão de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 15–24, 2011.

REGO, N. L. DE S. **ACUMULAÇÕES FERRUGINOSAS: O QUE SÃO, COMO SE FORMAM E COMO DENOMINAR?** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2021.

RESENDE, M. et al. **Mineralogia de Solos Brasileiros: Interpretação e Aplicações.** 2ª Edição ed. Lavras - MG: UFLA - Universidade Federal de Lavras, 2011.

ROSSETI, D. DE F.; DOMINGUEZ, J. M. L. Evidência marinha na formação de Barreiras no litoral do Estado da Bahia. **XIII Congresso da Associação Brasileira dos Estudos do Quaternário ABEQUA**, 2011.

SANTANA, É. DA P. **PODZOLIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO PEDOGEOMORFOLÓGICA DE DUAS VERTENTES DA RESERVA DA SAPIRANGA, APA LITORAL NORTE DO ESTADO DA BAHIA**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2019.

SANTANA, É. DA P. et al. Caracterização e evolução de solos em vertentes assimétricas da Reserva Ecológica da Sapiranga - Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 06, p. 2903–2920, 2022.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª Edição ed. Brasília, DF: EM, 2018.

SANTOS, R. D. DOS et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 7ª Edição ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SANTOS, W. B. **VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA APA LITORAL NORTE DO ESTADO DA BAHIA, ENTRE OS RIOS POJUCA E IMBASSAÍ – MUNICÍPIO DE MATA DE SÃO JOÃO**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2017.

SBCS. **Química e Mineralogia do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.

SILVA, E. F. et al. CARACTERÍSTICAS, MORFOGÊNESE E MORFODINÂMICA DOS TABULEIROS COSTEIROS E SUAS IMPLICAÇÕES NAS COBERTURAS PEDOLÓGICAS DO LITORAL NORTE DA BAHIA. n. 1, p. 1–5, 2009.

SOUSA, J. H. DE O. **CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE SEQUÊNCIA DE SOLOS LATERÍTICOS – PODZOLIZADOS EM UMA VERTENTE NA**

**RESERVA DA SAPIRANGA , APA LITORAL NORTE DO ESTADO DA BAHIA.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2020.

ST JEAN, L. T. **Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na APA Litoral Norte da Bahia (1993 - 2010), entre os rios de Pojuca e Imbassai.** [s.l.: s.n.].

SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão Crítica dos conhecimentos Geológicos Sobre a Formação (ou Grupo ?) Barreiras do Néogeono e o seu Possível Significado como Testemunho de Alguns Eventos Geológicos Mundiais. **Geociências, São Paulo**, v. 18, n. 2, p. 461–479, 1950.

TARDY, Y. et al. **Petrological and Geochemical Classification of Laterites. Proceedings of the 10th International Clay Conference**, 1993.

TARDY, Y.; NAHON, D. Geochemistry of Laterites, Stability of Al-Goethite, Al-Hematite, and Fe-Kaolinite in Bauxites and Ferricretes: An Approach to The Mechanism of Concretion Formation. **American Journal of Science**, p. 865–903, 1985.

THOMAS, M. F. Laterites, Bauxites and Duricrusts. In: WILEY (Ed.). **Geomorphology in the Tropics**. 1ª ed. [s.l.: s.n.]. p. 482.

TRICART, J. As relações entre morfogênese e pedogênese. **Notícia Geomorfológica**, v. 8, n. 15, p. 5–18, 1968.

TRICART, J.; CAILLEUX, A. CAILLEUX e TRICART - Morphogenic systems and morphoclimatic regions.pdf. In: **Climatic Geomorphology**. London: [s.n.]. p. 228–268.

UCHA, J. M. et al. Seção V - Gênese , Morfologia E Classificação Do Solo Uso Do Radar Penetrante No Solo ( Gpr ) Na Investigação Dos Solos Dos Tabuleiros. **Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]**, v. 26, n. 4, p. 373–380, 2002.

UCHA, J. M.; VILAS-BOAS, G. S.; HADLICH, G. M. a Degradação Dos Horizontes Duripã E Fragipã E O Processo De Transformação Dos Solos Sobre Os Tabuleiros

Costeiros Do Litoral Norte Baiano. **Cadernos de Geociências**, v. 9, n. 1996, p. 65–73, 2012.

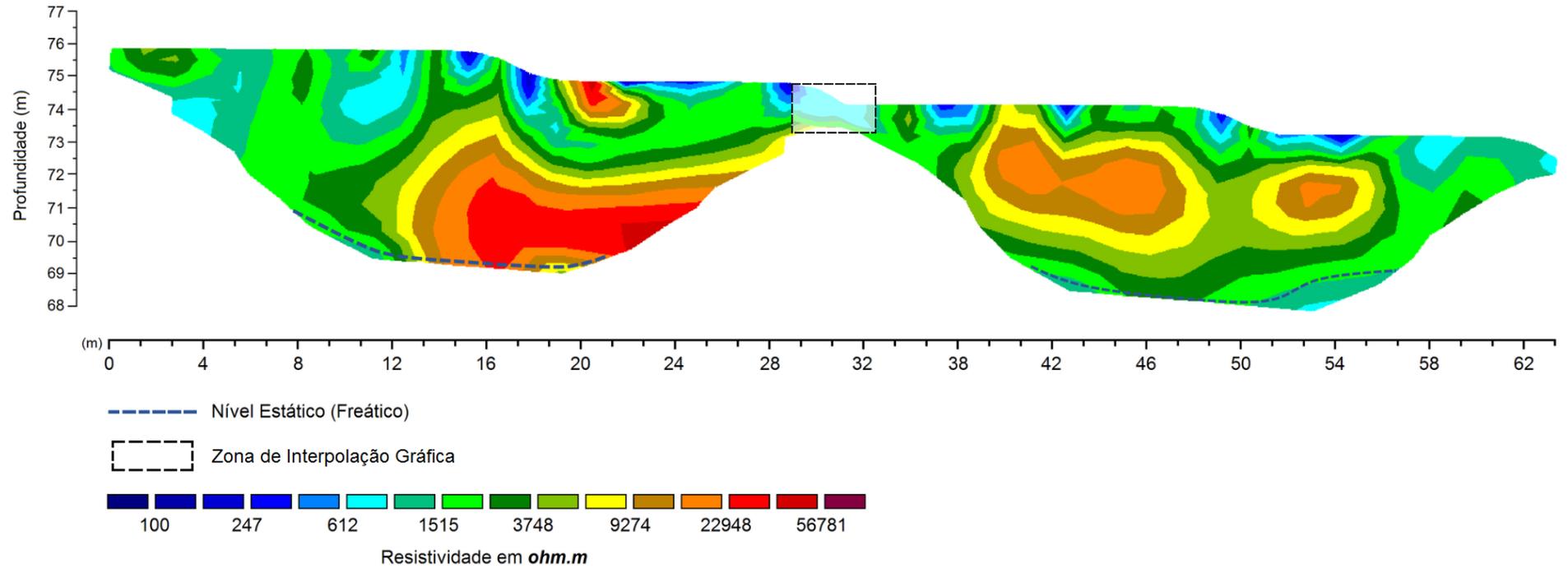
VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. DE. Conceitos e Aplicações das Relações Pedologia-Geomorfologia em Regiões Tropicais Úmidas. n. 2, p. 145–192, 2005.

VILAS BÔAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brazil: Depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 416–427, 2001.

## APÊNDICES

### APÊNDICE I – FICHA PADRÃO DE DESCRIÇÃO DE TRADAGENS

Tradagem	Tx				
Profundidade	Horizonte	Cor	Nome cor	Textura	Umidade
0-10					
10 a 20					
20-30					
30-40					
40-50					
50-60					
60-70					
70-80					
80-90					
90-100					
100-110					
110-120					
120-130					
130-140					
140-150					
150-160					
160-170					
170-180					
180-190					
190-200					
200-210					
210-220					
220-230					
230-240					
240-250					
250-260					
260-270					
270-280					
280-290					
290-300					
300-310					

**APÊNDICE II – MODELAGEM GEOFÍSICA – ENCAMINHAMENTO ELÉTRICO**

## APÊNDICE III – RESULTADOS QUÍMICOS DE ANÁLISE DE SOLO – UFV

### Correspondência de Nomenclatura das Amostras

Referência de Laboratório	Perfil	Horizonte/Amostra
PJ-1	PJ-1	A
PJ-2		AB
PJ-3		B1
PJ-4		B2
PJ-5		B3
PJ-6	PJ-2	A
PJ-7		AB
PJ-8		B1
PJ-9		B2
PJ-10		B3
PJ-11		Couça
PJ-12	PJ-3	A
PJ-13		AB
PJ-14		B1
PJ-15		B21
PJ-16		B22
PJ-17		B3
PJ-18		B4
PJ-19		T8

### Resultados de Análise Química de Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	pH CaCl <sub>2</sub>	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>
					mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup>
2631	PJ-1	4,27	4,23	-	0,2	9	-	0,18
2632	PJ-2	5,35	4,33	-	0,0	5	-	0,10
2633	PJ-3	5,10	4,32	-	0,0	1	-	0,04
2634	PJ-4	5,18	4,59	-	0,0	1	-	0,03
2635	PJ-5	5,23	5,01	-	0,0	1	-	0,06
2636	PJ-6	4,96	4,10	-	0,4	11	-	0,20
2637	PJ-7	5,34	4,22	-	0,0	7	-	0,17

Nº Laboratório	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem
	cmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup>	%	%	%	dag/kg	mg/L					
2631	0,12	0,29	2,6	0,32	0,61	2,92	11,0	47,5	-	1,21	38,2
2632	0,06	0,20	2,3	0,17	0,37	2,47	6,9	54,1	-	0,94	33,3
2633	0,03	0,29	2,3	0,07	0,36	2,37	3,0	80,6	-	0,67	23,8
2634	0,06	0,00	1,6	0,09	0,09	1,69	5,3	0,0	-	0,54	22,6
2635	0,09	0,00	1,3	0,15	0,15	1,45	10,3	0,0	-	0,40	20,1
2636	0,13	0,20	4,2	0,36	0,56	4,56	7,9	35,7	-	1,61	29,3
2637	0,06	0,29	3,1	0,25	0,54	3,35	7,5	53,7	-	0,67	30,6

Nº Laboratório	S	B	N	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>							
2631	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2632	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2633	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2634	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2635	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2636	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2637	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-1

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0

t - Capacidade de Troca Catiónica Efetiva

V = Índice de Saturação por Bases

ISNa - Índice de Saturação por Sódio

P-rem = Fósforo Remanescente

B - Extrator água quente

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

Ca<sup>2+</sup> - Mg<sup>2+</sup> - Al<sup>3+</sup> - Extrator: KCl - 1 mol/L

SB = Soma de Bases Trocáveis

T - Capacidade de Troca Catiónica a pH 7,0

m = Índice de Saturação por Alumínio

MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 -Walkley-Black

S - Extrator - Fosfato monocalcico em ácido acético

N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal

### Resultados de Análise Química de Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	pH CaCl <sub>2</sub>	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>
					mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
2638	PJ-8	4,90	4,19	-	0,0	1	-	0,05
2639	PJ-9	4,88	4,23	-	0,0	1	-	0,04
2640	PJ-10	5,42	4,35	-	0,0	1	-	0,14
2641	PJ-11	5,30	5,20	-	0,1	3	-	0,03
2642	PJ-12	5,16	4,24	-	0,2	7	-	0,15
2643	PJ-13	5,15	4,25	-	0,1	5	-	0,00
2644	PJ-14	4,97	4,27	-	0,0	3	-	0,04

Nº Laboratório	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	%	%	%	dag/kg	mg/L					
2638	0,00	0,39	2,3	0,05	0,44	2,35	2,1	88,6	-	0,67	22,2
2639	0,00	0,20	1,9	0,04	0,24	1,94	2,1	83,3	-	0,27	21,9
2640	0,00	0,20	1,4	0,14	0,34	1,54	9,1	58,8	-	0,27	28,4
2641	0,03	0,00	1,1	0,07	0,07	1,17	6,0	0,0	-	0,34	36,6
2642	0,04	0,49	3,7	0,21	0,70	3,91	5,4	70,0	-	1,34	31,9
2643	0,00	0,39	3,4	0,01	0,40	3,41	0,3	97,5	-	0,67	28,4
2644	0,01	0,39	2,3	0,06	0,45	2,36	2,5	86,7	-	0,40	25,2

Nº Laboratório	S	B	N	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>							
2638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2639	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2641	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2642	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2643	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2644	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-1

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0

t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V = Índice de Saturação por Bases

ISNa - Índice de Saturação por Sódio

P-rem = Fósforo Remanescente

B - Extrator água quente

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

Ca<sup>2+</sup> - Mg<sup>2+</sup> - Al<sup>3+</sup> - Extrator: KCl - 1 mol/L

SB = Soma de Bases Trocáveis

T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

m = Índice de Saturação por Alumínio

MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 -Walkley-Black

S - Extrator - Fosfato monocalcico em ácido acético

N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal

### Resultados de Análise Química de Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	pH CaCl <sub>2</sub>	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>
					mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup>
2645	PJ-15	4,94	4,25	-	0,0	1	-	0,04
2646	PJ-16	5,09	4,42	-	0,0	1	-	0,04
2647	PJ-17	5,00	4,39	-	0,0	1	-	0,01
2648	PJ-18	5,13	4,40	-	0,0	1	-	0,02
2649	PJ-19	4,73	4,12	-	0,0	1	-	0,07
2650	PJ-20	5,05	4,46	-	0,0	1	-	0,08

Nº Laboratório	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem
	cmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup>	%	%	%	dag/kg	mg/L					
2645	0,00	0,29	2,1	0,04	0,33	2,14	1,9	87,9	-	0,54	25,2
2646	0,01	0,20	1,6	0,05	0,25	1,65	3,0	80,0	-	0,27	18,6
2647	0,00	0,20	1,4	0,01	0,21	1,41	0,7	95,2	-	0,13	24,9
2648	0,00	0,20	1,1	0,02	0,22	1,12	1,8	90,9	-	0,27	25,7
2649	0,05	0,78	1,1	0,12	0,90	1,22	9,8	86,7	-	0,13	46,9
2650	0,00	0,00	1,4	0,08	0,08	1,48	5,4	0,0	-	0,13	31,0

Nº Laboratório	S	B	N	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>							
2645	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2646	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2647	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2648	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2649	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-1

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0

t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V = Índice de Saturação por Bases

ISNa - Índice de Saturação por Sódio

P-rem = Fósforo Remanescente

B - Extrator água quente

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

Ca<sup>2+</sup> - Mg<sup>2+</sup> - Al<sup>3+</sup> - Extrator: KCl - 1 mol/L

SB = Soma de Bases Trocáveis

T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

m = Índice de Saturação por Alumínio

MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 -Walkley-Black

S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético

N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal

## APÊNDICE IV – RESULTADOS FÍSICOS DE ANÁLISE DE SOLO – UFV

### Correspondência de Nomenclatura das Amostras

Referência de Laboratório	Perfil	Horizonte/Amostra
2631	PJ-1	A
2632		AB
2633		B1
2634		B2
2635		B3
2636	PJ-2	A
2637		AB
2638		B1
2639		B2
2640		B3
2641		Couraça
2642	PJ-3	A
2643		AB
2644		B1
2645		B21
2646		B22
2647		B3
2648		B4
2649		T8

### Resultados de Análise Física do Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	Análise Granulométrica				(1) Classificação textural	(2) Tipo de solo
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		
		kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg		
2105	2631	0,476	0,336	0,007	0,180	Franco-Arenosa	1
2106	2632	0,453	0,301	0,020	0,226	Franco-Argilo-Arenosa	1
2107	2633	0,379	0,266	0,028	0,326	Franco-Argilo-Arenosa	2
2108	2634	0,346	0,264	0,001	0,389	Argilo-Arenosa	3
2109	2635	0,328	0,214	0,052	0,406	Argilo-Arenosa	3

Nº Laboratório	Curva de Retenção da Água no Solo										
	-6 kPa	-8 kPa	-10 kPa MT	-10 kPa CP	-30 kPa	-50 kPa	-100 kPa	-300 kPa	-500 kPa	-1000 kPa	-1500 kPa
	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	Kg/Kg	kg/kg
2105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº Laboratório	ADA	EU	Dp	Ds	Ds-PR	Ds-TO	PT	Mi	Ma	CE	K <sub>0</sub>
	kg/kg	kg/kg	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	μS/cm	cm/min
2105	0,037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2106	0,054	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2107	0,076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2108	0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2109	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Areia Grossa (Peneiramento)

Silte (Método da Pipeta - agitação lenta)

(1) SBCS (Triângulo textural)

ADA - Argila Dispersa em Água (Método da Pipeta)

EU - Equivalente de Umidade

DS - Densidade de Solo (AN - Anel Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (TO - Torção Parafinado)

Mi - Microporosidade

CE - Condutividade Elétrica (1:5)

Areia Fina (Peneiramento)

Argila (Método da Pipeta - agitação lenta)

(2) ZARC (IN SPA/MAPA 02/2008)

CRA - Curva de Retenção da Água no Solo (MT - Mesa de Tensão; CP - Câmara de Pressão)

Dp - Densidade de Partículas (Método Balão Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (PR - Proveta)

PT - Porosidade Total

Ma - Macroporosidade

K<sub>0</sub> - Condutividade Hidráulica

### Resultados de Análise Física do Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	Análise Granulométrica				(1) Classificação textural	(2) Tipo de solo
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		
		kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg		
2110	2636	0,439	0,316	0,034	0,210	Franco-Argilo-Arenosa	1
2111	2637	0,371	0,299	0,038	0,292	Franco-Argilo-Arenosa	2
2112	2638	0,316	0,254	0,023	0,407	Argilo-Arenosa	3
2113	2639	0,259	0,266	0,029	0,447	Argilo-Arenosa	3
2114	2640	0,218	0,320	0,015	0,447	Argilo-Arenosa	3

Nº Laboratório	Curva de Retenção da Água no Solo										
	-6 kPa	-8 kPa	-10 kPa MT	-10 kPa CP	-30 kPa	-50 kPa	-100 kPa	-300 kPa	-500 kPa	-1000 kPa	-1500 kPa
	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	Kg/Kg	kg/kg
2110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº Laboratório	ADA	EU	Dp	Ds	Ds-PR	Ds-TO	PT	MI	Ma	CE	K <sub>0</sub>
	kg/kg	kg/kg	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	µS/cm	cm/min
2110	0,043	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2111	0,072	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2112	0,018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2113	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2114	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Areia Grossa (Peneiramento)

Silte (Método da Pipeta - agitação lenta)

(1) SBCS (Triângulo textural)

ADA - Argila Dispersa em Água (Método da Pipeta)

EU - Equivalente de Umidade

DS - Densidade de Solo (AN - Anel Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (TO - Torção Parafinado)

MI - Microporosidade

CE - Condutividade Elétrica (1:5)

Areia Fina (Peneiramento)

Argila (Método da Pipeta - agitação lenta)

(2) ZARC (IN SPAMAPA 02/2008)

CRA - Curva de Retenção da Água no Solo (MT - Mesa de Tensão; CP - Câmara de Pressão)

Dp - Densidade de Partículas (Método Balão Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (PR - Proveta)

PT - Porosidade Total

Ma - Macroporosidade

K<sub>0</sub> - Condutividade Hidráulica

### Resultados de Análise Física do Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	Análise Granulométrica				(1) Classificação textural	(2) Tipo de solo
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		
		kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg		
2115	2641	0,547	0,277	0,100	0,077	Areia Franca	1
2116	2642	0,366	0,447	0,016	0,171	Franco-Arenosa	1
2117	2643	0,387	0,392	0,019	0,201	Franco-Argilo-Arenosa	1
2118	2644	0,451	0,282	0,025	0,243	Franco-Argilo-Arenosa	2
2119	2645	0,354	0,391	0,030	0,224	Franco-Argilo-Arenosa	1

Nº Laboratório	Curva de Retenção da Água no Solo										
	-6 kPa	-8 kPa	-10 kPa MT	-10 kPa CP	-30 kPa	-50 kPa	-100 kPa	-300 kPa	-500 kPa	-1000 kPa	-1500 kPa
	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	Kg/Kg	kg/kg
2115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº Laboratório	ADA	EU	Dp	Ds	Ds-PR	Ds-TO	PT	Mi	Ma	CE	K <sub>0</sub>
	kg/kg	kg/kg	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	µS/cm	cm/min
2115	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2116	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2117	0,056	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2118	0,042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2119	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Areia Grossa (Peneiramento)

Silte (Método da Pipeta - agitação lenta)

(1) SBCS (Triângulo textural)

ADA - Argila Dispersa em Água (Método da Pipeta)

EU - Equivalente de Umidade

DS - Densidade de Solo (AN - Anel Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (TO - Torção Parafinado)

Mi - Microporosidade

CE - Condutividade Elétrica (1.5)

Areia Fina (Peneiramento)

Argila (Método da Pipeta - agitação lenta)

(2) ZARC (IN SPAMAPA 02/2006)

CRA - Curva de Retenção da Água no Solo (MT - Mesa de Tensão; CP - Câmara de Pressão)

Dp - Densidade de Partículas (Método Baño Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (PR - Proveta)

PT - Porosidade Total

Ma - Macroporosidade

K<sub>0</sub> - Condutividade Hidráulica

### Resultados de Análise Física do Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	Análise Granulométrica				(1) Classificação textural	(2) Tipo de solo
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		
		kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg		
2120	2646	0,356	0,361	0,019	0,264	Franco-Argilo-Arenosa	2
2121	2647	0,349	0,399	0,019	0,234	Franco-Argilo-Arenosa	1
2122	2648	0,365	0,367	0,014	0,253	Franco-Argilo-Arenosa	2
2123	2649	0,472	0,341	0,123	0,064	Areia Franca	1
2124	2650	0,524	0,270	0,037	0,168	Franco-Arenosa	1

Nº Laboratório	Curva de Retenção da Água no Solo											
	-6 kPa	-8 kPa	-10 kPa MT	-10 kPa CP	-30 kPa	-50 kPa	-100 kPa	-300 kPa	-500 kPa	-1000 kPa	-1500 kPa	
	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	Kg/Kg	kg/kg	
2120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2121	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº Laboratório	ADA	EU	Dp	Ds	Ds-PR	Ds-TO	PT	MI	Ma	CE	K <sub>0</sub>
	kg/kg	kg/kg	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	µS/cm	cm/min
2120	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2121	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2122	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2123	0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2124	0,050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Areia Grossa (Peneiramento)

Silte (Método da Pipeta - agitação lenta)

(1) SBSC (Triângulo textural)

ADA - Argila Dispersa em Água (Método da Pipeta)

EU - Equivalente de Umidade

DS - Densidade de Solo (AN - Anel Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (TO - Torção Parafinado)

MI - Microporosidade

CE - Condutividade Elétrica (1.5)

Areia Fina (Peneiramento)

Argila (Método da Pipeta - agitação lenta)

(2) ZARC (IN SPAMAPA 02/2008)

CRA - Curva de Retenção da Água no Solo (MT - Mesa de Tensão; CP - Câmara de Pressão)

Dp - Densidade de Partículas (Método Balão Volumétrico)

DS - Densidade de Solo (PR - Proveta)

PT - Porosidade Total

Ma - Macroporosidade

K<sub>0</sub> - Condutividade Hidráulica

## APÊNDICE V – TRADAGENS E DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS

- Compartimento de Montante

A primeira tradagem (T1), referência para a abertura do perfil PJ1 foi feita no topo da vertente. Alcançando 5.1 metros de profundidade, foi feita em cima de um murundum/cupinzeiro e percebe-se nitidamente a influência cromática e textural de sua presença até cerca de 30 centímetros da superfície onde as colorações são levemente mais avermelhadas, saturadas e a textura ganha predomínio da argila sobre a areia. Isso se deve principalmente à ação biológica de pedoturbação do solo no qual a pedofauna remobiliza as frações mais finas ascendentemente, promovendo um acúmulo relativo destas na parte superior do solo.

A partir dos 30 centímetros de profundidade as características de cor e textura passam a assumir um caráter de maior proximidade com horizontes superficiais A. Neste setor e até cerca de 80 centímetros de profundidade, os volumes pedológicos assumem tons brunados escurecidos que variam do 10YR 5/3, 4/4 e 5/4 nos quais a areia predomina sobre a argila na textura ao tato.

A partir dos 80 centímetros, observa-se uma passagem a cores mais saturadas, ainda que dentro do grupamento cromático do bruno-amarelado. Passam a predominar, dentro do mesmo matiz 10YR, valores e cromas 5/6 que se alteram para 5/8 em profundidade. Neste setor, há cerca de um metro de profundidade, a alteração textural para predominância de argila na textura ao tato aparece, perdurando até 4.7 metros de profundidade, constituindo um espesso manto argilo-arenoso. Neste manto, a partir dos 80 centímetros superficiais, observa-se uma saturação e passagem a matizes mais avermelhados (7.5YR a 170 cm e 5YR a 270 cm) sob textura predominantemente argilosa. O quadro a seguir apresenta estas informações:

A partir dos 4,7 metros, tem-se uma transição para uma textura predominantemente arenosa associado ao retorno do matiz 7.5YR. Neste pequeno intervalo (470-510 cm) foram encontrados nódulos ferruginosos individualizados entremeados aos volumes tradados com coloração mais avermelhada escura (2.5YR 3/6) e destoante da matriz em

que estão inseridos. A tradagem finaliza a cerca de 5 metros de profundidade com apresentação de textura arenosa sob matiz 7,5YR 5/8.

Informações morfológicas da T1.

Tradagens	T1		
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	7.5YR 5/6	Bruno-forte	argila-areia
10 a 20	7.5YR 5/6		
20-30	7.5YR 5/6		
30-40	10YR 5/3	Bruno	areia-argila
40-50	10YR 4/4	Bruno-amarelado -escuro	
50-60	10YR 4/4	Bruno-amarelado	argila-areia
60-70	10YR 5/4		areia-argila
70-80	10YR 5/4		
80-90	10YR 5/6		
90-100	10YR 5/6		
100-110	10YR 5/6		
110-120	10YR 5/8		
120-130	10YR 5/6		
130-140	10YR 5/6		
140-150	10YR 5/8		
150-160	10YR 5/8		
160-170	10YR 5/8		
170-180	7.5YR 5/8	Bruno-forte	argila-areia
180-190	7.5YR 5/8		
190-200	7.5YR 5/8		
200-210	7.5YR 6/6	Amarelo-avermelhado	
210-220	7.5YR 6/6	Bruno-forte	
220-230	7.5YR 5/8		
230-240	7.5YR 5/8		
240-250	7.5YR 5/8		
250-260	7.5YR 5/8		
260-270	7.5YR 5/8		
270-280	5YR 5/6	Vermelho-amarelado	argila-areia
280-290	5YR 5/6		
290-300	5YR 5/6		
300-310	5YR 5/8		
310-320	5YR 5/8		
320-330	5YR 5/8		
330-340	5YR 5/8		
340-350	5YR 5/8		
350-360	5YR 5/8		
360-370	5YR 5/8		
370-380	5YR 5/6	Amarelo-avermelhado	
380-390	5YR 5/8		
390-400	5YR 5/8		
400-410	5YR 5/8		
410-420	5YR 6/6		
420-430	7.5YR 6/6		
430-440	5YR 6/6		
440-450	5YR 6/6		
450-460	5YR 6/6	Bruno-forte	areia-argila
460-470	7.5YR 6/6		
470-480	7.5YR 5/8	Bruno-forte	areia-argila
480-490	7.5 YR 5/8   2.5YR 3/6	Bruno-forte/Vermelho-esc	
490-500	5YR 4/6	Vermelho-amarelado	
500-510	7.5YR 5/8	Bruno-forte	arenoso

Elaborado pelo autor.

A Tradagem 2 foi posicionada cerca de 50 metros adiante, já no final do Compartimento de Montante da vertente. A cor se mantém no matiz 10YR com valor e croma 4/4, refletindo tons brunados predominantes até 50 centímetros de profundidade, juntamente com a textura que a areia prevalece sobre a argila. Logo abaixo, observa-se uma gradual saturação de cor dentro do mesmo matiz, passando a valor e cromas 5/6 associados a um incremento predominante de argila sobre areia até cerca de 90 centímetros da superfície.

Informações morfológicas da T2.

T2			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 4/3	Bruno	areia-argila
10 a 20	10YR 4/4	Bruno-amarelado-esc	
20-30	10YR 4/4		
30-40	10YR 4/4		
40-50	10YR 4/4		
50-60	7.5YR 4/4	Bruno	argila-areia
60-70	10YR 5/6	Bruno-amarelado	
70-80	10YR 5/6		
80-90	10YR 5/6		argiloso
90-100	7.5YR 5/6	Bruno-forte	argila-areia
100-110	7.5YR 5/6	Bruno-forte	
110-120	7.5YR 5/6		
	- 5YR 5/6		
120-130	7.5YR 5/6	Bruno-forte	
	- 5YR 5/6	Vermelho-amarelado	
130-140	5YR 5/6 -	Vermelho-amarelado	areia-argila
	5YR 4/4	Bruno-avermelhado	
140-150	5YR 5/6	Vermelho-amarelado	argila-areia
150-160	5YR 5/6		
160-170	5YR 5/6		
170-180	5YR 5/6		
180-190	5YR 5/6		
190-200	5YR 5/6		
200-210	5YR 5/6		

Elaborado pelo autor.

O matiz 7.5YR aparece com valor e croma 5/6 a partir de 90 centímetros de profundidade, ainda associado a uma textura predominantemente argilosa. Este padrão de cor se perpetua até 120 centímetros abaixo, onde são encontrados até 140 centímetros, junto com a alteração para o matiz 5YR, nódulos individualizados de

coloração 5YR 5/6 que se avermelha e escurece ainda mais para 4/4. A textura nestes setores, com feições nodulares, tende a ser arenosa, apresentando-se mais grosseira.

Abaixo dos 140 centímetros de profundidade, o matiz se consolida no 5YR 5/6 até o final da tradagem, aos 210 centímetros, onde a obstrução da couraça subjacente impediu o aprofundamento da tradagem. Neste intervalo, a textura permanece argilo-arenosa, enquanto nenhum sinal de nódulos ou concreções foi encontrado em meio à matriz bastante avermelhada do solo.

- Compartimento Intermediário

Encontrada próxima ao início do compartimento, a Tradagem 10 foi posicionada logo após uma das suaves alterações de declividade que constituem uma sequência de ondulações no compartimento. Alcançando dois metros de profundidade, apresentou horizontes superficiais brunados com matizes 10YR 3/4 e 4/6 até os primeiros 40 centímetros, onde a areia predomina sobre a argila na textura ao tato.

Informações morfológicas da T10.

T10			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/4	Bruno-amarelado-esc	areia-argila
10 a 20	10YR 3/4		
20-30	10YR 4/6		
30-40	10YR 4/6		
40-50	10YR 5/8	Bruno-amarelado	argila-areia
50-60	10YR 5/8		
60-70	7.5YR 5/8	Bruno-forte	
70-80	7.5YR 5/8		
80-90	7.5YR 5/8		
90-100	7.5YR 5/8		
100-110	7.5YR 5/8		
110-120	7.5YR 5/8		
120-130	7.5YR 5/8		
130-140	7.5YR 5/8	Vermelho-amarelado	
140-150	5YR 5/8		
150-160	5YR 5/8		
160-170	5YR 5/8		
170-180	5YR 5/8	Verm-ama/verm mt esc acinz	areia-argila
180-190	5YR 5/6   10R 2.5/2		
190-200	5YR 4/6   10R 2.5/2	Verm-ama/verm mt esc acinz	

Elaborado pelo autor.

Abaixo disso, observa-se a alteração de textura com a argila predominando sobre a areia, junto com uma nítida saturação da cor refletida na passagem ao bruno amarelado, ainda que permanecendo no matiz 10 YR por cerca de 20 centímetros. Após isso, a cerca de 60 centímetros de profundidade, os volumes pedológicos assumem uma coloração mais avermelhada refletida na passagem para o matiz 7.5YR, ainda sob valor e croma 5/8, que permanece até 140 centímetros da superfície na coloração Bruno-Forte.

Ainda contida nesta seção predominantemente mais argilosa, a partir dos primeiros 140 centímetros, os volumes se avermelham ainda mais passando ao matiz 5YR, sob mesmo valor e croma até 180 centímetros da superfície, revelando uma coloração vermelho-amarelada.

Após 180 centímetros observa-se, conjugado à volta para uma textura predominantemente mais arenosa do que argilosa, a presença de feições plínticas e nodulares num intervalo de 20 centímetros. Neste setor, a matriz do solo não somente se apresenta mais grosseira pela aparente decomposição dos diferentes estágios da laterita não-friável como também gradual e levemente mais escurecida, influenciadas pela decomposição das feições residuais que são semelhantes à morfologia da couraça encontrada. Dessa forma, estas feições residuais mosqueadas plínticas e nodulares se apresentam em tons vermelhos muito escuros acinzentados de coloração 10R 2.5/2 entremeadas à matriz do solo e em franco processo de decomposição que influencia nas características morfológica do setor onde estão inseridas.

A seguir, na Tradagem 11 (quadro a seguir) foram atingidos 310 centímetros de profundidade dos quais os 40 mais superficiais apresentaram-se bastante brunados e levemente amarelados, de coloração 10YR 4/4 nos 20 primeiros centímetros –onde predomina a areia sob a argila na textura ao tato- e 10YR 4/6 nos 20 subsequentes, já sob textura mais argilosa que segue até o final da tradagem.

A partir destes 40 centímetros iniciais observa-se uma saturação gradual da cor e que se mantém em 10YR 5/8 até 210 centímetros da superfície, num espesso pacote mais argiloso e bruno-amarelado. A partir dessa profundidade foram identificados

mosqueados na forma de plintita que se apresentam de forma esmaecida e que ganham mais nitidez e maior grau de desenvolvimento até a base, nos 310 centímetros. Estes mosqueados se apresentam na coloração 5YR 5/8 (vermelho-amarelada), sendo pouco contrastados na matriz do solo, de coloração 10YR 6/8 (amarelo brunado) do topo até o final da tradagem, onde são mais nítidos e mais contrastantes, refletindo e reafirmando a natureza do processo de decomposição.

Informações morfológicas da T11.

T11			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10 YR 4/4	Bruno-amarelado-esc	areia-argila
10 a 20	10 YR 4/4		
20-30	10YR 4/6		
30-40	10YR 4/6		
40-50	10YR 5/6	Bruno-amarelado	argila-areia
50-60	10YR 5/8		
60-70	10YR 5/8		
70-80	10YR 5/8		
80-90	10YR 5/8		
90-100	10YR 5/8		
100-110	10YR 5/8		
110-120	10YR 5/8		
120-130	10YR 5/8		
130-140	10YR 5/8		
140-150	10YR 5/8		
150-160	10YR 5/8	Ama brunado/Verm ama	
160-170	10YR 5/8		
170-180	10YR 5/8		
180-190	10YR 5/8		
190-200	10YR 5/8		
200-210	10YR 5/8		
210-220	10YR 6/8   5YR 5/8		
220-230	10YR 6/8   5YR 5/8		
230-240	10YR 6/8   5YR 5/8		
240-250	10YR 6/8   5YR 5/8		
250-260	10YR 6/8   5YR 5/8		
260-270	10YR 6/8   5YR 5/8		
270-280	10YR 6/8   5YR 5/8		
280-290	10YR 6/8   5YR 5/8		
290-300	10YR 6/8   5YR 5/8		
300-310	10YR 6/8   5YR 5/8		

Elaborado pelo autor.

Logo após, a Tradagem 5 (quadro a seguir) alcançou 520 centímetros de profundidade e demonstrou complexidade pelas feições e alterações verticais identificadas, principalmente em relação ao nível freático, até então não encontrado, interceptado a cerca de 470 centímetros da superfície.

## Informações morfológicas da T5.

T5				
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura	
0-10	10YR 4/3	Bruno	areia-argila	
10 a 20	10YR 4/3			
20-30	10YR 5/4			
30-40	10YR 5/4	Bruno-amarelado	argila-areia	
40-50	10YR 5/4			
50-60	10YR 6/4	Bruno-amarelado-claro		
60-70	10YR 6/6	Amarelo-brunado		argiloso
70-80	10YR 6/6			
80-90	10YR 6/6			
90-100	10YR 6/6			
100-110	10YR 5/6	Bruno-amarelado	argila-areia	
110-120	10YR 5/8			
120-130	10YR 5/8			
130-140	10YR 5/8			
140-150	10YR 5/8			
150-160	10YR 5/8			
160-170	10YR 5/8			
170-180	10YR 5/8			
180-190	10YR 5/8			
190-200	10YR 5/8			
200-210	10YR 5/8			
210-220	10YR 5/8			
220-230	10YR 5/8			
230-240	10YR 5/8			
240-250	10YR 6/8			Amarelo-brunado
250-260	10YR 6/8			
260-270	10YR 6/8			
270-280	10YR 6/8			
280-290	10YR 6/8			
290-300	10YR 6/6			
300-310	10YR 6/6			
310-320	10YR 6/6			
320-330	10YR 5/8   2.5YR 3/6	Bruno-amarelado/vermelho-esc		
330-340	10YR 6/6   2.5YR 4/4	Amarelo-brunado/bruno-averm		
340-350	10YR 6/6	Amarelo-brunado	argila-areia	
350-360	10YR 6/6			
360-370	10YR 6/6			
370-380	10YR 6/6			
380-390	10YR 6/6   2.5YR 5/6			Amarelo-brunado/Vermelho
390-400	10YR 6/6   2.5YR 3/6	Amarelo-brunado/Vermelho-esc	argiloso	
400-410	10YR 7/4   2.5YR 3/6	Bruno mt claro-acinz/Vermelho-esc		
410-420	10YR 7/4   2.5YR 4/6	Bruno mt claro-acinz/Vermelho		
420-430	7.5YR 6/6   2.5YR 4/6	Amarelo-avermelhado/Vermelho	argila-areia	
430-440	7.5YR 6/6   10R 4/6	Amarelo-avermelhado/Vermelho		
440-450	7.5YR 6/6	Amarelo-avermelhado	areia-argila	
450-460	7.5YR 6/6			
460-470	10YR 6/8	Amarelo-brunado	arenoso	
470-480	7.5YR 5/8	Bruno-forte		
480-490	7.5YR 5/8			
490-500	7.5YR 5/8			
500-510	10YR 6/8			Amarelo-brunado
510-520	10YR 6/8   2.5 YR 5/6	Amarelo-brunado/Vermelho	argila-areia	

Elaborado pelo autor.

Nos primeiros vinte centímetros da tradagem, observa-se um tom brunado (10YR 4/3) com predominância de areia sobre argila. A seguir, a coloração se mantém no mesmo

matiz, ganhando mais saturação num Bruno-amarelado (10YR 5/4) e Amarelo-brunado (10YR 6/6) em uma textura ao tato mais argilosa. A partir de 100 centímetros a coloração se afirma em tom bruno-amarelado (10YR 5/8) que prevalece até cerca de 240 centímetros. A seguir, ainda sob textura predominantemente argilosa, o amarelo se reafirma em 10YR 6/8 que gradualmente passa a 6/6, principalmente após encontrar feições nodulares individualizadas em meio à matriz do solo de colorações vermelha escura e bruno avermelhada (2.5YR 3/6 e 2.5YR 4/4), ainda sob textura argilosa, a 340 centímetros.

A matriz do solo permanece mais argilosa e sob coloração Amarelo-brunada por mais cerca de 40 centímetros até serem identificadas feições plínticas mosqueadas a 380 centímetros que perduram até 440 centímetros, gradualmente mais avermelhadas (passando de 2.5YR 3/6 até 10R 4/6), assim como a matriz do solo que passa ao domínio do matiz 7.5YR, com valor e croma 6/6 que transiciona para 5/8. Logo após os mosqueados, a textura volta a predominar mais arenosa até os últimos 20 centímetros, quando retoma um matiz mais amarelo (10YR 6/8) e apresenta feições nodulares embutidas em agregados do solo tradado, de coloração bastante avermelhada (2.5YR 5/6).

O nível freático encontrado entre 470-500 centímetros está inserido numa faixa mais arenosa, de provável maior permeabilidade possibilitando a oscilação sazonal que produz os mosqueados encontrados, aproximadamente 50 centímetros acima. Da mesma forma, pode atuar na recepção dos fluxos superficiais verticais e laterais que alteram gradualmente as feições lateríticas não friáveis da cobertura pedológica.

A Tradagem 6 (quadro a seguir) aparece alguns metros após a tradagem 5, sendo a penúltima deste compartimento médio da vertente. Apresenta textura com domínio de areia sobre a argila até 40 centímetros de profundidade, enquanto apresenta tons brunados e bruno-amarelados dentro do matiz 10YR.

## Informações morfológicas da T6.

T6			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 2/3	Bruno escuro	areno-argiloso
10 a 20	10YR 3/3		
20-30	10YR 3/4		
30-40	10YR 3/4	Bruno amarelado esc	argilo-arenoso
40-50	10YR 4/6		
50-60	10YR 4/6		
60-70	10YR 5/8	Bruno amarelado	argiloso (média)
70-80	10YR 5/8		
80-90	10YR 5/8		
90-100	10YR 5/8		
100-110	10YR 5/8		
110-120	10YR 5/8	Bruno amarelado	argilo-arenoso
120-130	10YR 5/8		
130-140	10YR 5/8		
140-150	7.5YR 5/8	Bruno forte	arenoso
150-160	7.5YR 5/8		
160-170	7.5YR 5/8		
170-180	7.5YR 5/8		
180-190	7.5YR 5/8		
190-200	7.5YR 6/8	Amarelo avermelhado	argilo-arenoso
200-210	7.5YR 5/8	Bruno forte	
210-220	7.5YR 5/8		
220-230	7.5YR 5/8		
230-240	7.5YR 5/8		
240-250	5YR 5/8	Vermelho-amarelado	
250-260	5YR 5/8		
260-270	5YR 5/8		
270-280	5YR 5/8		
280-290	5YR 5/8		
290-300	5YR 5/8		
300-310	5YR 5/8		
310-320	7.5YR 5/8	Bruno forte	argila-areia
320-330	10YR 6/8	Amarelo brunado	
330-340	10YR 6/8		
340-350	10YR 6/8   5YR 2.5/2	Amarelo brunado/bruno averm esc	argila-areia
350-360	7.5YR 6/8   7.5YR 2.5/2	Amarelo averm/bruno mt esc	areia-argila

Elaborado pelo autor.

A partir desta profundidade, transiciona para tom bruno amarelado e mais saturado predominante até 140 centímetros (10YR 5/8), já sob textura mais argilosa. Destes 140 até 240 centímetros, assume uma coloração mais avermelhada, passando ao matiz 7.5YR 5/8 (bruno forte), sob mesma textura predominante. Passa então ao matiz 5YR, sob mesmo valor, croma e textura (vermelho amarelado) até os 310 cm e retorna gradualmente a tons mais amarelados do matiz 10YR 6/8 que perduram até 350 centímetros, já sob uma alternância, ao final da tradagem, entre texturas com predominância, ora de argila, ora de areia.

Ao final foram encontradas, em meio à matriz do solo, nos últimos 20 centímetros, feições nodulares individualizadas de coloração avermelhada (5YR 2.5/2 e 7.5YR 2.5/2) contrastantes com a matriz do solo mais amarelada e saturada (10YR 6/8 e 7.5YR 6/8). A presença destes fragmentos acaba por aumentar, ligeiramente, a sensação de areia ao tato, ao mesmo tempo que sua decomposição tende a avermelhar ainda mais a matriz à sua volta.

A seguir, no fim do Compartimento Intermediário, a Tradagem 8 (quadro a seguir) atingiu a maior profundidade dentre todas as realizadas, alcançando 560 centímetros. Além disso, apresentou a maior complexidade de feições, processos e volumes encontrados, se constituindo num contato entre materiais e processos importantes.

Os 50 centímetros mais superficiais exibiram colorações brunadas levemente amareladas (10YR 3/4 e 4/6) sob textura na qual a areia predomina frente à argila ao tato. Daí até cerca de 120 centímetros, percebe-se uma saturação da cor dentro do matiz 10YR, chegando ao valor e croma 5/8, já sob textura mais argilosa. A partir disso volumes pedológicos apresentam notável avermelhamento passando ao matiz 7.5YR, mantendo valor e croma 5/8 sob a mesma textura mais argilosa.

## Informações morfológicas da T8.

T8			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/4	Bruno-amarelado esc	arenosa
10 a 20	10YR 3/4		areno-argilosa
20-30	10YR 4/6		
30-40	10YR 4/6		
40-50	10YR 4/6		
50-60	10YR 5/8	Bruno amarelado	argilo-arenosa
60-70	10YR 5/8		
70-80	10YR 5/8		
80-90	10YR 5/8		
90-100	10YR 5/8		
100-110	10YR 5/8		
110-120	10YR 5/8		
120-130	7.5YR 5/8	Bruno forte	
130-140	7.5YR 5/8		
140-150	7.5YR 5/8		
150-160	7.5YR 5/8		
160-170	7.5YR 5/8		
170-180	7.5YR 5/8		
180-190	7.5YR 5/8		
190-200	7.5YR 5/8		
200-210	10YR 5/8	Bruno amarelado	argila-areia
210-220	10YR 5/8	Bruno forte	
220-230	7.5YR 5/8	Amarelo-averm	
230-240	7.5YR 6/6	Amarelo-brunado	
240-250	10YR 6/6	Amarelo-averm	
250-260	10YR 6/8	Amarelo-averm/vem mt esc acinz	
260-270	7.5YR 6/8	Amarelo-averm	
270-280	7.5YR 6/6   10R 2.5/2		
280-290	7.5YR 6/8		
290-300	7.5YR 6/8		
300-310	7.5YR 6/8		
310-320	7.5YR 6/8	Amarelo-brunado	areia-argila
320-330	7.5YR 6/8		
330-340	10YR 6/8		
340-350	10YR 6/8	Amarelo-brunado/bruno-averm-esc	argila-areia
350-360	10YR 6/8		
360-370	10YR 6/8   2.5YR 2.5/4	Amarelo-brunado	areia-argila
370-380	10YR 6/8		
380-390	10YR 6/6	Amarelo	arenosa
390-400	2.5Y 7/6		
400-410	2.5Y 7/6		
410-420	2.5Y 7/6		
420-430	2.5Y 7/6		
430-440	2.5Y 7/6		
440-450	2.5Y 7/4		
450-460	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinz	argila-areia
460-470	2.5Y 8/1	Branco	areia-argila
470-480	2.5Y 8/1		
480-490	2.5Y 8/1		
490-500	2.5Y 8/1		
500-510	2.5Y 8/1		
510-520	2.5Y 8/1		
520-530	2.5Y 8/1		
530-540	2.5Y 8/1		
540-550	2.5Y 8/1		
540-550	2.5Y 8/1		

Elaborado pelo autor.

Nesse contexto, a cerca de 270 centímetros, foram encontrados nódulos individualizados pequenos de coloração bastante avermelhada e escurecida (10R 2.5/2)

que contrastam com a matriz de coloração amarelo-avermelhada. Estes nódulos inauguram, em profundidade, uma zona de mosqueados plínticos, pouco contrastantes, que pouco ressaem da coloração da matriz abaixo que segue até 370 centímetros, onde encerram com novos nódulos pequenos individualizados mais frequentes de coloração 2.5YR 2.5/4, avermelhada, brunada e escura, já sob textura mais arenosa.

Vinte centímetros abaixo dessa zona plíntica e nodular, interceptou-se o nível freático, a cerca de 380 centímetros da superfície. Este nível possivelmente oscila sazonalmente nesta zona mais arenosa e mosqueada, promovendo nova redução do ferro e decomposição das fácies nodular e plíntica, reincorporando-o à matriz do solo homogênea, laterítica e friável.

Abaixo deste nível freático, a textura se apresenta predominantemente arenosa enquanto percebe-se um rápido amarelecimento da matriz do solo, rapidamente passando novamente pelo matiz 10YR e estabilizando no 2.5Y que inicia em tons vivos e perde saturação mantendo valores altos. Isso resulta num empalidecimento gradual do amarelo que resulta num volume pedológico branco (2.5Y 8/1) que também se difere dos sobrejacentes por apresentar textura predominantemente argilosa. Todos estes volumes estão submetidos a um significativo umedecimento, estando em diversos setores encharcados ou bastante úmidos.

- Compartimento de Jusante

Iniciando o Compartimento de Jusante, a Tradagem 7 (quadro a seguir) atingiu 390 centímetros e foi a última tradagem que apresentou feições lateríticas não friáveis com de nódulos maciços individualizados na matriz do solo. Se constituiu, dessa forma, enquanto uma transição importante entre o domínio laterítico-plíntico e o regime hidromórfico que se impõe dela em diante.

Na Tradagem 7 predominam tons brunados (10YR 3/3 e 10YR 4/4) em superfície até próximo de 40-60 centímetros de profundidade, sob textura (ao tato) bastante arenosa. A partir disso, observa-se uma saturação das cores passando a tons mais amarelados

(10YR 4/6 e 5/6) sob textura ainda arenosa, porém com uma ligeira participação de argila na textura ao tato, que se segue até cerca de 270 centímetros.

A partir de 290 centímetros interceptou-se o nível freático, onde observa-se uma prevalência maior da fração areia ao tato em conjunção com a perda de saturação dos volumes pedológicos, resultando em tons levemente empalidecidos que se intercalam até cerca de 360, onde foram encontradas as últimas concreções ferruginosas nodulares na vertente.

A coloração destas feições ferruginosas nodulares (10R 2,5/2 e 2,5YR 2,5/3) é bastante destacada da matriz que o envolve (7.5YR 4/6) e que destoa do contexto empalidecido acima e abaixo dela, deixando evidências da influência da pigmentação oriunda da sua degradação. A textura se manteve predominantemente arenosa ao longo de toda a tradagem, não havendo nenhum outro setor vertical onde a argila se sobrepôs à areia.

Informações morfológicas da T7.

T7			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/3	Bruno escuro	arenoso
10 a 20	10YR 3/3		
20-30	10YR 3/3		
30-40	10YR 4/3		
40-50	10YR 4/4	Bruno amarelado esc	areia-argila
50-60	10YR 4/4		
60-70	10YR 4/6		
70-80	10YR 4/6		
80-90	10YR 4/6		
90-100	10YR 4/6	Bruno amarelado	arenoso
100-110	10YR 5/6		
110-120	10YR 5/6		
120-130	10YR 5/6	Bruno amarelado esc	areia-argila
130-140	10YR 4/6		
140-150	10YR 4/6		
150-160	10YR 4/6		
160-170	10YR 4/6		
170-180	10YR 5/6	Bruno amarelado	areia-argila
180-190	10YR 5/6		
190-200	10YR 5/6		
200-210	10YR 5/6		
210-220	10YR 5/6	Bruno amarelado esc	arenoso
220-230	10YR 4/6		
230-240	10YR 4/6		
240-250	10YR 4/6		
250-260	10YR 4/6		
260-270	10YR 4/6	Bruno amarelado esc	areia-argila
270-280	2.5Y 5/4		
280-290	2.5Y 4/3	Bruno-oliváceo claro	arenoso
290-300	10YR 3/2	Bruno-oliváceo	
300-310	10YR 3/2		
310-320	10YR 3/2		
320-330	10YR 4/3	Bruno acinz muito esc	arenoso
330-340	2.5Y 6/4	Bruno	
340-350	7.5YR 4/6	Bruno amarelado claro	areia-argila
350-360	7.5YR 4/6   10R 2.5/2	Bruno forte	arenoso
360-370	7.5YR 4/6   2.5YR 2.5/3	Bruno forte/verm mt esc acinz	
370-380	10YR 5/6	Bruno forte/bruno averm esc	areia-argila
380-390	2.5Y 6/6	Bruno amarelado	areia-argila
		Amarelo-oliváceo	arenoso

Elaborado pelo autor.

Em seguida, a Tradagem 9 (quadro a seguir) atingiu uma profundidade máxima de 340 centímetros, encontrando-se o nível freático a cerca de 250 centímetros. Entretanto, não foi possível prosseguir com a perfuração devido à impossibilidade de aprofundamento frente a um obstáculo subsuperficial, significativamente adensado endurecido, que não

veio juntamente com os volumes extraídos de subsuperfície, possivelmente uma porção mais coesa do material basal PJ3T8.

Notável, neste setor, foi o aspecto brunado e levemente avermelhado que os volumes pedológicos tomaram na proximidade com este obstáculo já submetidos às condições de alteração neste compartimento de jusante. São provavelmente resultado do processo de decomposição e remobilização laterítica de montante das coberturas argissólicas de topo e ombro no sentido de jusante.

Informações morfológicas da T9.

T9			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/4	Bruno-amarelado-esc	arenosa
10 a 20	10YR 3/4		
20-30	10YR 3/4		
30-40	10YR 3/6		
40-50	10YR 4/6		
50-60	10YR 4/6		
60-70	10YR 4/6		
70-80	10YR 4/6		
80-90	10YR 4/6	Bruno-amarelado	argila-areia
90-100	10YR 5/6		
100-110	10YR 5/6		
110-120	10YR 5/6		
120-130	10YR 5/6	Bruno-amarelado-esc	areia-argila
130-140	10YR 5/6		
140-150	10YR 4/6		
150-160	10YR 4/6		
160-170	10YR 4/6		
170-180	10YR 4/6		
180-190	10YR 4/4		
190-200	10YR 3/2		
200-210	10YR 3/2	Bruno-acinz muito esc	
210-220	10YR 3/2		
220-230	10YR 4/3	Bruno	
230-240	10YR 4/3		
240-250	10YR 4/2	Bruno-acinz esc	
250-260	10YR 4/2		
260-270	10YR 5/3	Bruno	arenosa
270-280	10YR 5/3		
280-290	10YR 5/3		
290-300	10YR 5/3		
300-310	10YR 5/3		
310-320	10YR 5/3		
320-330	10YR 5/3		
330-340	10YR 5/3		

Elaborado pelo autor.

Diferentemente dos volumes mais superficiais da T7, nesta tradagem (T9) eles se apresentaram levemente mais amarelados desde o topo em tons bruno-amarelados mais escuros (10YR 3/4) até cerca de 40 centímetros. Daí até 90 centímetros, observa-se maior saturação cromática da massa de solo sob uma textura que se apresenta bastante arenosa na superfície e menos arenosa até este ponto.

A partir dos 100 centímetros, observa-se uma característica de cor bem saturada e amarelada (10YR 5/6) que apresenta uma curta faixa de predomínio da argila sobre a areia na tradagem. Este curto setor se mantém por cerca de vinte centímetros, voltando a areia a ter o predomínio na textura ao tato até o final da tradagem. A partir de 150 centímetros os volumes pedológicos tradados passam por um gradual escurecimento e leve acinzentado-avermelhado, principalmente após 250 centímetros, quando o nível freático é interceptado. Assim, dos volumes saturados e de valor e croma 5/6, passa-se gradualmente a 4/6, 3/2 até 5/3 sob textura arenosa.

A análise textural de campo das tradagens reafirma, desde a tradagem 7, a prevalência da areia sobre a argila em todas as outras tradagens e profundidades subsequentes. Nela, observam-se características mais próximas do setor de jusante, mas ainda se apresenta como a última carregando feições lateríticas nodulares bastante avermelhadas abaixo do nível freático interceptado. Esta ocorrência aponta para um cenário de instabilização destas estruturas nodulares pela redução do Ferro, reincorporação à massa do solo e conseqüente provável exportação em solução, como verificado numa zona bruno-avermelhada da T9.

A Tradagem 12 (quadro a seguir), por sua vez, atingiu 300 centímetros de profundidade e interceptou dois níveis freáticos (um primeiro -comum às tradagens 7 e 9- a 120 centímetros e outro a cerca de 170 centímetros, abrangendo cerca de 30 centímetros) onde os volumes se encontraram bastante encharcados, intercalados por um setor onde eram menos úmidos.

Nos primeiros 40 centímetros da T12 observou-se matizes amarelados em tons brunados escuros que se amarelam gradualmente (10YR 3/3 e 10YR 4/4) com a profundidade sob textura predominantemente arenosa. A partir disso, até cerca de 90 centímetros, os

volumes pedológicos exibem certa saturação, passando a um tom bruno amarelado (10YR 5/4), ainda sob textura predominantemente arenosa que transiciona novamente para um curto setor vertical mais argiloso. Este setor se estende desde cerca de 90 até 120 centímetros e abarca uma transição de cor brunada para tons acinzentados justamente no contato com o primeiro nível freático, a 120 centímetros.

A partir de 120 centímetros, a cobertura apresenta uma gradual mudança para tons acinzentados que migram para outros mais empalidecidos retratados pelos altos valores e baixos cromas sob matiz 2,5Y (2,5 YR 6/3 e 2,5YR 7/3), principalmente após o segundo nível freático a cerca de 170 centímetros. A textura é predominantemente arenosa e intercala setores curtos de prevalência da areia sobre a argila e amplo domínio da areia, como se encerra.

Informações morfológicas da T12.

T12			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/3	Bruno escuro	arenoso
10 a 20	10YR 3/3		
20-30	10YR 4/4	Bruno amarelado esc	areia-argila
30-40	10YR 4/4		
40-50	10YR 5/4	Bruno amarelado	
50-60	10YR 5/4		
60-70	10YR 5/4		
70-80	10YR 5/4		
80-90	10YR 5/4	Bruno	argila-areia
90-100	10YR 5/3		
100-110	10YR 5/3	Bruno-acinz	
110-120	10YR 5/2		
120-130	10YR 5/3	Bruno	arenoso
130-140	2.5Y 6/3	Bruno-amarel-claro	
140-150	2.5Y 6/3		
150-160	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinz	areia-argila
160-170	2.5Y 7/3		
170-180	2.5Y 7/3		
180-190	2.5Y 7/3		
190-200	2.5Y 7/3		
200-210	2.5Y 7/3		
210-220	2.5Y 7/3	Bruno-amarel-claro	arenoso
220-230	2.5Y 6/4		
230-240	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinz	
240-250	2.5Y 7/3		
250-260	2.5Y 6/3	Bruno-amarel-claro	areia-argila
260-270	2.5Y 6/3		
270-280	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinz	arenoso
280-290	2.5Y 7/3		
290-300	2.5Y 7/3		

Elaborado pelo autor.

A partir desta tradagem não se encontram mais feições lateríticas de qualquer grau de desenvolvimento e a textura ainda mais arenosa exibe colorações embranquecidas e pálidas, principalmente nas tradagens 12 e 4, onde a superposição de níveis freáticos e a ação redutora instabiliza os principais minerais pigmentantes do solo e exporta o Ferro em solução, que mina em superfície em direção à drenagem de primeira ordem próxima.

A seguir, a Tradagem 4 (quadro a seguir) apresenta volumes pedológicos bruno acinzentados (10YR 3/2 e 4/2) nos primeiros 50 centímetros da superfície, sob textura majoritariamente arenosa. Imediatamente abaixo, intercepta-se, a 60 centímetros, o

primeiro nível freático que aflora logo adiante em forma de um pequeno minadouro de água com aspecto avermelhado escuro, nesta parte final da vertente, caracterizada por forte erosão laminar.

Abaixo dos 60 centímetros iniciais, os volumes começam a exibir tons brunados menos escuros, sob textura mais arenosa que argilosa, que encerra em tons cada vez mais claros (10YR 5/3 e 6/3) a 80 centímetros de profundidade. Daí em diante, tem-se a passagem de matiz, com tons brunados muito claros (2,5Y 6/3) para tons acinzentados claros (2,5Y 7/2), em textura bastante arenosa ao tato até cerca de 250 centímetros da superfície. Nesta seção gleizada, a cerca de 140 centímetros, intercepta-se o segundo nível freático.

A partir dos 250 centímetros de profundidade, observa-se gradual alteração de cor retornando ao matiz 10YR em colorações amareladas e que se estabilizam em tons ora amarelo-brunados (10YR 6/8), ora menos frequentemente bruno-amarelados (10YR 5/8), sob textura mais arenosa que argilosa. Chama atenção o retorno em profundidade para volumes pedológicos amarelados saturados após uma seção vertical considerável dominada por processos de gleização promovida pelos níveis identificados, notadamente o segundo.

Informações morfológicas da T4.

T4			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito esc	arenoso
10 a 20	10YR 3/2		
20-30	10YR 3/2		
30-40	10YR 4/2	Bruno-acinzentado esc	
40-50	10YR 4/2		
50-60	10YR 5/3	Bruno	areia-argila
60-70	10YR 5/3		
70-80	10YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	
80-90	2.5Y 6/3	Bruno-amarelado-claro	arenoso
90-100	2.5Y 6/3		
100-110	2.5Y 6/3		
110-120	2.5Y 6/3		
120-130	2.5Y 6/3		
130-140	2.5Y 6/3		
140-150	2.5Y 7/3	Bruno-claro-acinzentado	
150-160	2.5Y 7/2	Cinzento-claro	
160-170	2.5Y 7/2		
170-180	2.5Y 7/2		
180-190	2.5Y 7/2		
190-200	2.5Y 7/2		
200-210	2.5Y 7/2		
210-220	2.5Y 7/2		
220-230	2.5Y 7/2		
230-240	2.5Y 7/2		
240-250	2.5Y 7/3		
250-260	2.5Y 8/2		
260-270	10YR 6/6	Amarelo-brunado	arenoso
270-280	10YR 5/8	Bruno-amarelado	
280-290	10YR 6/8	Amarelo-brunado	areia-argila
290-300	10YR 6/8		
300-310	10YR 6/6		
310-320	10YR 6/8		
320-330	10YR 6/8		
330-340	10YR 5/8	Bruno-amarelado	arenoso
340-350	10YR 6/6	Amarelo-brunado	

Elaborado pelo autor.

Por fim, encerrando a vertente e muito próxima ao curso de primeira ordem encaixado na drenagem estruturalmente controlada, a tradagem 3 (quadro a seguir) se caracterizou pela dificuldade de coleta dos volumes pelo encharcamento promovido pelo nível freático, interceptado logo nos 70 centímetros iniciais da tradagem em meio a muita serapilheira.

Dessa forma, constituindo-se teoricamente enquanto um sítio provável de acumulação orgânica e receptor de material oriundo de outras porções da vertente por erosão, apresentou colorações bastante escuras e/ou acinzentadas ao longo de toda a sua extensão vertical de 110 centímetros, oscilando entre tons brunados ora mais escuros (10 YR 3/1 e 3/2), ora mais raramente menos escuros (10YR 3/3). Ao longo de toda a tradagem a areia se sobrepõe à argila, oscilando em poucos setores pequenos intervalos onde se percebe mínima participação da argila na composição granulométrica do solo.

Informações morfológicas da T3.

T3			
Profundidade	Cor	Nome cor	Textura
0-10	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito esc	areia-argila
10 a 20	10YR 3/3	Bruno-escuro	arenoso
20-30	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito esc	
30-40	10YR 3/1	Cinzeno muito escuro	
40-50	10YR 2/2	Bruno muito escuro	
50-60	10YR 2/2		areia-argila
60-70	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito esc	arenoso
70-80	10YR 3/2		
80-90	10YR 3/2		
90-100	10YR 3/2		
100-110	10YR 3/2		

Elaborado pelo autor.

As tradagens 4 e 3, já em setor de sopé côncavo da vertente, exibem colorações mais brunadas e escurecidas tanto em superfície quanto em subsuperfície pela característica de um sítio de importação de elementos de outros setores da vertente, principalmente conduzidos pelos fluxos hídricos de superfície. A notável presença da matéria orgânica que dá a coloração mais escurecida sob condições bastante saturadas em água prejudica seu processamento e decomposição biológica, provocando acúmulo. A coleta por tradagem é muito dificultada pelo grau de encharcamento e solifluxão dos volumes pedológicos.

A presença de volumes mais alaranjados abaixo do setor hidromórfico da tradagem 4 e distintos dos empalidecidos presentes acima destes, a partir de cerca de 250 centímetros da superfície, pode indicar uma zona de permeabilidade reduzida onde as condições hidromórficas não conseguem prevalecer, fazendo com que a coloração característica

dos óxidos de Ferro expresse-se em um pedoambiente distinto em condições diferenciadas de permeabilidade e saturação de água.