

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA: TEORIA, APLICAÇÃO E
VALORES

FERNANDO RIBEIRO DE OLIVEIRA

**ECOLOGIA, PALEOECOLOGIA E VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO
SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE CAMAMU, BAHIA, BRASIL,
FUNDAMENTADAS EM ESTUDOS DE DIATOMÁCEAS**

Salvador - BA
2021

FERNANDO RIBEIRO DE OLIVEIRA

**ECOLOGIA, PALEOECOLOGIA E VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO
SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE CAMAMU, BAHIA, BRASIL,
FUNDAMENTADAS EM ESTUDOS DE DIATOMÁCEAS**

Tese apresentada ao instituto de biologia da
Universidade Federal da Bahia como requisito parcial
para a obtenção do título de Doutor em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Doriedson Ferreira Gomes

Salvador - BA
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Fernando Ribeiro de.

Ecologia, paleoecologia e vulnerabilidade ambiental do sistema estuarino da Baía de Camamu, Bahia, Brasil, fundamentadas em estudos de diatomáceas / Fernando Ribeiro de Oliveira. - 2021. 198 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Doriedson Ferreira Gomes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Salvador, 2021.

1. Ecologia. 2. Ecologia dos estuários - Camamu, Baía de (BA). 3. Desenvolvimento econômico - Aspectos ambientais - Camamu, Baía de (BA). 4. Impacto ambiental - Avaliação - Camamu, Baía de (BA). 5. Gestão ambiental - Camamu, Baía de (BA). 6. Paleoecologia - Camamu, Baía de (BA). 7. Diatomáceas. I. Gomes, Doriedson Ferreira. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. III. Título.

Ao meu filho, João, nascido no primeiro ano deste doutorado, que me ensinou como ninguém antes sobre minhas responsabilidades e minha capacidade de amar

Dedico

Amor e gratidão são os únicos sentimentos que valem a pena se cultivar.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, que me aceitaram em seus laboratórios e muito me ensinaram nessa jornada, os doutores Eduardo Mendes e Doriedson Gomes.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo financiamento do projeto “Reconstrução paleoambiental da baía de camamu: implicações para a gestão ecossistêmica” e pela bolsa de estudos, sem os quais esta pesquisa não seria possível.

À minha amiga, Dra. Angélica Cardozo, pelas identificações dos organismos estudados aqui.

À Dra. Simone Moraes, coordenadora do projeto “Reconstrução paleoambiental da baía de camamu: implicações para a gestão ecossistêmica” do qual esta tese é uma parte.

À Crícia da Silva, Jocasta da costa e Jorgelina Costa que me ajudaram na coleta dos testemunhos e na produção dos dados neoecológicos.

TEXTO DE DIVULGAÇÃO

FERNANDO OLIVEIRA

Todas as atividades humanas provocam efeitos sobre os ambientes circundantes e podem danificar o seu funcionamento quando afetam sua diversidade de organismos vivos, prejudicando, em última instância, a nossa qualidade de vida, uma vez que dependemos deles para nossa sobrevivência. Tendo em vista que o desenvolvimento econômico é uma necessidade de todos os povos, em especial daqueles em países pobres como o nosso, mas que deve se conciliar com a preservação de seus ambientes, esta tese teve o objetivo de avaliar os impactos das atividades econômicas sobre a região da Baía de Camamu, localizada no litoral sul do estado da Bahia, uma vez que esta região vem apresentando um recente e rápido crescimento econômico impulsionada pelo turismo e pela exploração do petróleo.

Neste estudo se utilizou como indicadora destes impactos a comunidade de diatomáceas (um importante grupo de microalgas: organismos unicelulares fotossintetizantes), o que foi um diferencial em relação a outros estudos de avaliação de impacto realizados na região. Outro diferencial foi a adaptação de uma técnica incorporada muito recentemente à ecologia: a análise de vulnerabilidade ambiental. Utilizada anteriormente apenas em sistemas agroflorestais, aqui ela foi adaptada para o seu uso com diatomáceas (podendo também ser empregada para outros grupos de microalgas).

Esta tese foi planejada e executada durante o turbilhão político que vigora no Brasil desde o ano de 2015, seguido por uma grande crise econômica e ambiental com consequências ainda desconhecidas para o país. Este cenário teve uma forte influência sobre este projeto, que tem o objetivo final de não apenas fornecer dados e inferências atuais sobre o estado da Baía estudada, mas de se tornar uma ferramenta útil à sua preservação e de outros sistemas semelhantes, servindo de ponte na difícil comunicação entre a academia e os tomadores de decisão, em especial os gestores ambientais públicos.

RESUMO

Esta tese teve os objetivos de determinar as variáveis estruturantes da comunidade de diatomáceas bentônicas da baía de Camamu, modelar a relação de seus taxa com estas variáveis, determinar a dinâmica de transformações que as comunidades de diatomáceas sofreram no tempo por via da observação das diatomáceas preservadas em sedimento (semifósseis), avaliar desta forma se a região estuarina, previamente considerada pristina, já sofreu danos devido às atividades antrópicas na área, modelar a dinâmica das variáveis ambientais no tempo através de funções de transferência e propor a adaptação de técnica de mensuração de vulnerabilidade ambiental relativa também usando diatomáceas. Para tanto foram coletadas amostras de sedimento superficial em 30 pontos ao longo da baía e de seus tributários (rios Serinhaém, Orojó e Marau), coletados seis testemunhos, foram determinadas as concentrações dos nutrientes (séries nitrogenadas e fosfatadas e silicato) e das demais variáveis físico-químicas (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, potencial redox, matéria particulada em suspensão e granulometria). Também foram determinados os percentuais de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica de cada amostra. Foram observadas evidências de que a baía está sofrendo um processo de eutrofização e que ela passou por um processo de progradação da zona costeira. Foram significativos os modelos para a distribuição espacial das variáveis salinidade e pH, consideradas correlacionadas, e dos taxa *Seminavis* sp1, *Fallacia nummularia* (relacionado aos sítios de menor percentual de espécies indicadoras), *Paralia sulcata* var. *coronata* e *Thalassiosira* sp1 (relacionadas à maior concentração de nutrientes, maior energia hidrodinâmica e aos sítios de maior percentual de espécies indicadoras). Foram também significativos os modelos da relação entre a distribuição de *Planothidium septentrionalis*, oxigênio dissolvido e matéria particulada em suspensão (relacionado a ambiente praial), *Delphineis* sp1, salinidade e areia fina, *Fallacia forcipata*, areia grossa e matéria particulada em suspensão (relacionado à baixos percentuais de espécies indicadoras) e entre *Opephora olsenii* e salinidade. Os resultados da função de transferência revelaram a tendência de redução da salinidade, reforçando a hipótese da progradação da zona costeira. A técnica de avaliação da vulnerabilidade relativa pôde ser adaptada com sucesso, indicando que os seus pontos mais a jusante e a montante no rio serinhaém e mais a montante no rio Marau são os mais vulneráveis relacionados à baixa profundidade, elevada condutividade, baixa concentração de oxigênio dissolvido e elevada concentração de silicato. O método permitiu uma inédita composição matemática entre os dados neoecológicos e paleoecológicos.

ABSTRACT

This thesis had the objectives of determining the structuring variables of the benthic diatoms community of Camamu Bay, modeling their relationship with these variables, determining the dynamics of transformations that the diatoms assemblages underwent in time through the observation of sediment-preserved diatoms (semi-fossils), evaluating, in this way, if the estuarine region, previously considered pristine, has already suffered damage due to anthropic activities in the area, modeling the dynamics of environmental variables over time using transfer functions and propose the adaptation of a measurement technique of the relative environmental vulnerability, also using diatoms. For that, samples of superficial sediment were collected at 30 stations along the bay and its tributaries (rivers Serinhaém, Orojó, and Marau), six cores were collected, the concentrations of nutrients (nitrogen and phosphate series and silicate) and other physical-chemical variables (temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, redox potential, particulate matter in suspension and particle size). Also, the ratio of indicative species of eutrophication or organic pollution were determined for each sample. Evidence was observed that the bay is undergoing a process of eutrophication and that it has undergone a process of progradation of the coastal zone. Models for the spatial distribution of the variables salinity and pH, which were correlated, and of the *taxa Seminavis* sp1, *Fallacia nummularia* (related to the lower indicative species ratio stations), *Paralia sulcata* var. *coronata* and *Thalassiosira* sp1 (related to higher nutrient concentration, higher hydrodynamic energy, and higher indicative species ratio stations) were significant. The Models of the relationship between the distribution of some taxa and the variables were also significant: *Planothidium septentrionalis*, dissolved oxygen and suspended particulate matter (related to the beach environment), *Delphineis* sp1, salinity and fine sand, *Fallacia forcipata*, coarse sand and suspended particulate matter (related to low indicative species ratio) and between *Opephora olsenii* and salinity. The results of the transfer function revealed a tendency to reduce salinity, reinforcing the hypothesis of coastal zone progradation. The relative vulnerability assessment technique could be successfully adapted, indicating that its points further downstream on the serinhaém river and further upstream on the river Marau are the most vulnerable related with the shallow depth, high conductivity, low concentrations of dissolved oxygen and high concentrations of silicate. The method allowed an unprecedented conjunction of the paleoecology and neoecology data.

SUMÁRIO

TEXTO DE DIVULGAÇÃO	6
RESUMO	6
ABSTRACT	8
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	13
LISTA DE TABELAS	16
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	17
ESTRUTURA DA TESE	19
Capítulo I - Avaliação ecológica baseada em assembleias de diatomáceas bentônicas de ecossistema estuarino sob impactos antrópicos recentes..	19
Capítulo II - Avaliação paleoecológica de ecossistema estuarino previamente considerado prístino: evidência de degradação em seu estado de conservação e de progradação da zona costeira.	19
Capítulo III - Avaliando a vulnerabilidade ambiental através de diatomáceas.	19
INTRODUÇÃO À TESE	20
OBJETIVOS	22
Objetivo geral:	22
Objetivos específicos:	22
DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO ECOLÓGICA BASEADA EM ASSEMBLEIAS DE DIATOMÁCEAS BENTÔNICAS DE ECOSSISTEMA ESTUARINO SOB IMPACTOS ANTRÓPICOS RECENTES.	24
1.1 - Resumo.	24
1.2 - Introdução.	25
1.3 - Metodologia.	27
1.3.1 - Amostragem.	27
1.3.2 - Análise laboratorial.	28
1.3.3 - Análises estatísticas.	29
1.4 - Resultados.	32
1.4.1 - Dados ambientais.	32
1.4.2 - Análise físico-química da água.	37
1.4.3 - Modelos da distribuição espacial das variáveis ambientais.	40
1.4.4 - Análise descritiva das assembleias de diatomáceas.	41
1.4.5 - Modelos da distribuição espacial dos taxa de diatomáceas.	46

1.4.6 - Modelos das relações entre a abundância dos taxa de diatomáceas e as variáveis ambientais.	47
1.4.7 - Percentual de espécies indicadoras.	51
1.4.8 - Relação entre as assembleias de diatomáceas e as variáveis ambientais.	52
1.5 - Discussão.	54
1.5.1 - Variáveis ambientais.	54
1.5.2 - Distribuição dos Taxa.	55
1.5.3 – Potencial relação entre os taxa e as variáveis ambientais.	56
1.5.4 - Análise descritiva das assembleias de diatomáceas.	57
1.6 - Conclusões.	60

CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO PALEOECOLÓGICA DE ECOSSISTEMA ESTUARINO PREVIAMENTE CONSIDERADO PRÍSTINO: EVIDÊNCIA DE DEGRADAÇÃO EM SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DE PROGRADAÇÃO DA ZONA COSTEIRA.
62

2.1 - Resumo	62
2.2 - Introdução	63
2.3 - Metodologia.	64
2.3.1 - Amostragem.	64
2.3.2 - Análise laboratorial.	65
2.3.3 - Análise estatística.	66
2.4 - Resultados.	67
2.4.1 - Os taxa de diatomáceas.	67
2.4.2 - Análise descritiva dos testemunhos do rio Serinhaém.	68
2.4.3 - Análise descritiva dos testemunhos do rio Orojó.	72
2.4.4 - Análise descritiva dos testemunhos do rio Maraú.	74
3.4.5 - A função de transferência.	79
2.5 - Discussão.	80
2.5.1 - Análise descritiva dos testemunhos.	80
2.5.2 - Análise da função de transferência.	85
2.6 - Conclusão.	86

CAPÍTULO 3 - AVALIANDO A VULNERABILIDADE AMBIENTAL ATRAVÉS DE DIATOMÁCEAS.
87

3.1 - Resumo.	87
Abstract.	87
3.2 - Introdução.	88
3.3 - Metodologia.	89
3.3.1 - Como avaliar a vulnerabilidade usando diatomáceas.	89
3.3.2 - Amostragem.	92
3.3.3 - Determinação dos termos e análise numérica.	93

3.4 - Resultados	95
3.5 - Discussão.	105
3.5.1 - Interpretação da superfície de vulnerabilidade: ecologia e gerenciamento.	105
3.5.2 - Considerações sobre o método.	107
3.6 - Conclusão.	109
CONCLUSÕES GERAIS	110
REFERÊNCIAS DA TESE	111
APÊNDICE 1 - MICROGRAFIAS DOS TAXA ESTUDADOS	124
Apêndice 1.1 - taxa observados apenas em amostras superficiais	124
Apêndice 1.2 - taxa observados apenas em amostras dos testemunhos	125
Apêndice 1.3 - taxa comuns às amostras superficiais e aos testemunhos	126
APÊNDICE 2 - DADOS	127
Apêndice 2.1 - Dados ambientais	127
Apêndice 2.2 - Dados dos testemunhos	129
Apêndice 2.3 - Dados biológicos	135
APÊNDICE 3 - SCRIPTS DO R	148
Apêndice 3.1 - Script do Capítulo 1	148
Apêndice 3.2 - Script do Capítulo 2	164
APÊNDICE 4 - DIAGNÓSTICO DOS MODELOS ADITIVOS	174
Apêndice 4.1 - Diagnóstico da distribuição da salinidade	174
Apêndice 4.2 - Diagnóstico da distribuição da condutividade	175
Apêndice 4.3 - Diagnóstico da distribuição do pH	176
Apêndice 4.4 - Diagnóstico da distribuição de <i>C. belgica</i>	177
Apêndice 4.5 - Diagnóstico da distribuição de <i>D. gessneri</i>	178
Apêndice 4.6 - Diagnóstico da distribuição de <i>Eunotogramma sp1</i>	179
Apêndice 4.7 - Diagnóstico da distribuição de <i>F. nummularia</i>	180
Apêndice 4.8 - Diagnóstico da distribuição de <i>O. olsenii</i>	181
Apêndice 4.9 - Diagnóstico da distribuição de <i>P. sulcata</i> var. <i>coronata</i>	182
Apêndice 4.10 - Diagnóstico da distribuição de <i>Seminavis sp1</i>	183
Apêndice 4.11 - Diagnóstico da distribuição de <i>Thalassiosira sp1</i>	184
Apêndice 4.12 - Diagnóstico da relação entre <i>B. Paxillifera</i> e var. ambientais	185
Apêndice 4.13 - Diagnóstico da relação entre <i>C. scutellum</i> e var. Ambientais	186
Apêndice 4.14 - Diagnóstico da relação entre <i>Delphineis sp1</i> e var. Ambientais	187
Apêndice 4.15 - Diagnóstico da relação entre <i>D. gessneri</i> e var. Ambientais	188
Apêndice 4.16 - Diagnóstico da relação entre <i>Eunotogramma sp1</i> e var. Ambientais	189

Apêndice 4.17 - Diagnóstico da relação entre <i>Fallacia</i> sp1 e var. Ambientais	190
Apêndice 4.18 - Diagnóstico da relação entre <i>F. forcipata</i> e var. Ambientais	191
Apêndice 4.19 - Diagnóstico da relação entre <i>F. nummularia</i> e var. Ambientais	192
Apêndice 4.20 - Diagnóstico da relação entre <i>M. ovata</i> e var. Ambientais	193
Apêndice 4.21 - Diagnóstico da relação entre <i>Nitzschia</i> sp1 e var. Ambientais	194
Apêndice 4.22 - Diagnóstico da relação entre <i>O. olsenii</i> e var. Ambientais	195
Apêndice 4.23 - Diagnóstico da relação entre <i>Planothidium</i> sp1 e var. Ambientais	196
Apêndice 4.24 - Diagnóstico da relação entre <i>P. septentrionalis</i> e var. Ambientais	197

APÊNDICE 5 - DIAGNÓSTICO DA FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA **198**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	Título	página
Fig I.1	Sistema estuarino da Baía de Camamu.	23
Fig 1.1	Sítios amostrais superficiais da Baía de Camamu.	28
Fig 1.2	Valores de salinidade, pH, potencial de oxirredução e oxigênio dissolvido de todas as amostras na Baía de Camamu.	33
Fig 1.3	Valores de condutividade, material particulado em suspensão e temperatura de todas as amostras na Baía de Camamu.	34
Fig 1.4	Valores de fósforo total, fosfato e nitrogênio total de todas as amostras na Baía de Camamu.	35
Fig 1.5	Valores de nitrato, amônia, silicato e granulometria de todas as amostras na Baía de Camamu.	36
Fig 1.6	Propriedades físico-químicas da água na Baía de Camamu.	37
Fig 1.7	Dendrograma hierárquico das amostras baseado nas propriedades físico-químicas da água da Baía de Camamu.	39
Fig 1.8	O gráfico da PCA das variáveis físico-químicas da água da Baía de Camamu.	40
Fig 1.9	Modelos preditivos da distribuição espacial da salinidade (A) e do pH (B).	41
Fig 1.10	Dendrograma hierárquico das amostras baseado nas assembleias de diatomáceas da água da Baía de Camamu.	43
Fig 1.11	Abundâncias relativas dos taxa de diatomáceas (parte 1).	44
Fig 1.12	Abundâncias relativas dos taxa de diatomáceas (parte 2).	45
Fig 1.13	Abundâncias relativas dos taxa de diatomáceas (parte 3).	46
Fig 1.14	Modelos preditivos da distribuição espacial das abundâncias relativas de <i>F. nummularia</i> , <i>Seminavis</i> sp1, <i>P. sulcata</i> var. <i>radiata</i> e <i>Thalassiosira</i> sp1.	47
Fig 1.15	Modelo preditivo da correlação entre as abundâncias relativas de <i>P. septentrionalis</i> e material particulado em suspensão, oxigênio dissolvido e a interação entre estas duas variáveis	49
Fig 1.16	Modelo preditivo da correlação entre as abundâncias relativas de <i>O. olsenii</i> e salinidade (a) e entre as abundâncias de <i>Delphineis</i> sp1 e salinidade e areia fina (b).	50
Fig 1.17	Modelo preditivo da correlação entre as abundâncias relativas de <i>F. forcipata</i> , material particulado em suspensão, amônia e areia grossa.	51
Fig 1.18	Percentual de taxa de diatomáceas indicadoras de eutrofização e poluição orgânica.	52
Fig 1.19	Os diagramas do CCA.	53

Fig 2.1	Sítios de amostragem dos testemunhos na área da Baía da Baía de Camamu	65
Fig 2.2	Diagrama bioestratigráfico do testemunho SE0115 do rio Serinhaém.	70
Fig 2.3	Diagrama bioestratigráfico do testemunho SE0215 do rio Serinhaém.	71
Fig 2.4	Diagrama bioestratigráfico do testemunho SO0115 do rio Orojó.	73
Fig 2.5	Diagrama bioestratigráfico do testemunho SO0215 do rio Orojó.	76
Fig 2.6	Diagrama bioestratigráfico do testemunho MA0115 do rio Maraú	77
Fig 2.7	Diagrama bioestratigráfico do testemunho MA0215 do rio Maraú.	78
Fig 2.8	Dissimilaridade mínima entre as amostras modernas e as amostras do testemunho SE0115.	79
Fig 2.9	Valores modelados de salinidade para o testemunho SE0115.	80
Fig 3.1	Modelo gráfico da sucessão do fitoplâncton marinho durante processo de eutrofização.	90
Fig 3.2	Sítios amostrais superficiais da Baía de Camamu.	92
Fig 3.3	Percentual de espécies indicadoras de todas as amostras superficiais.	95
Fig 3.4	Percentual de espécies indicadoras de todos os testemunhos.	96
Fig 3.5	Fatores relacionados à sensibilidade de cada sítio amostral (1º parte).	98
Fig 3.6	Fatores relacionados à sensibilidade de cada sítio amostral (2º parte).	99
Fig 3.7	Superfícies de vulnerabilidade à eutrofização na Baía de Camamu (1º parte).	102
Fig 3.8	Superfícies de vulnerabilidade à eutrofização na Baía de Camamu (2º parte).	103
Fig 3.9	Superfícies de vulnerabilidade à eutrofização na Baía de Camamu (3º parte).	104
Fig A1.1	Taxa observados apenas em amostras superficiais	124
Fig A1.2	Taxa observados apenas em amostras de testemunhos	125
Fig A1.3	Taxa comuns às amostras superficiais e às de testemunhos	126
Fig A4.1	Diagnóstico do modelo de distribuição da salinidade	174
Fig A4.2	Diagnóstico do modelo de distribuição da condutividade	175
Fig A4.3	Diagnóstico do modelo de distribuição do pH	176
Fig A4.4	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>C. belgica</i>	177
Fig A4.5	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>D. gessneri</i>	178
Fig A4.6	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>Eunotogramma</i> sp1	179
Fig A4.7	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>F. nummularia</i>	180
Fig A4.8	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>O. olsenii</i>	181

Fig A4.9	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>P. sulcata var. coronata</i>	182
Fig A4.10	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>Seminavis</i> sp1	183
Fig A4.11	Diagnóstico do modelo de distribuição de <i>Thalassiosira</i> sp1	184
Fig A4.12	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>B. paxillifera</i> e var. ambientais	185
Fig A4.13	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>C. scutellum</i> e var. ambientais	186
Fig A4.14	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>Delphineis</i> sp1 e var. ambientais	187
Fig A4.15	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>D. gessneri</i> e var. ambientais	188
Fig A4.16	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>Eunotogramma</i> sp1 e var. ambientais	189
Fig A4.17	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>Fallacia</i> sp1 e var. ambientais	190
Fig A4.18	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>F. forcipata</i> e var. ambientais	191
Fig A4.19	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>F. nummularia</i> e var. ambientais	192
Fig A4.20	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>M. ovata</i> e var. ambientais	193
Fig A4.21	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>Nitzschia</i> sp1 e var. ambientais	194
Fig A4.22	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>O. olsenii</i> e var. ambientais	195
Fig A4.23	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>Planothidium</i> sp1 e var. ambientais	196
Fig A4.24	Diagnóstico do modelo da relação entre de <i>P. septentrionalis</i> e var. ambientais	197
Fig A5.1	Diagnóstico da função de transferência para a salinidade	198

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Definição do número de análogos (K).	79
Tabela 3.1	Cálculo da função de vulnerabilidade.	97
Tabela 3.2	Categorias dos fatores relacionados à vulnerabilidade à eutrofização.	101
Tabela A2.1.1	Dados ambientais (parte 1/2)	127
Tabela A2.1.2	Dados ambientais (parte 2/2)	128
Tabela A2.2.1	Dados do testemunho SE0115	129
Tabela A2.2.2	Dados do testemunho SE0215	130
Tabela A2.2.3	Dados do testemunho SO0115	131
Tabela A2.2.4	Dados do testemunho SO0215	132
Tabela A2.2.5	Dados do testemunho MA0115	133
Tabela A2.2.6	Dados do testemunho MA0215	134
Tabela A2.3.1	Dados biológico - superfície (parte 1/3)	135
Tabela A2.3.2	Dados biológico - superfície (parte 2/3)	136
Tabela A2.3.3	Dados biológico - superfície (parte 3/3)	137
Tabela A2.3.4	Dados biológico - testemunho SE0115 (parte 1/2)	138
Tabela A2.3.5	Dados biológico - testemunho SE0115 (parte 2/2)	139
Tabela A2.3.6	Dados biológico - testemunho SE0215 (parte 1/2)	140
Tabela A2.3.7	Dados biológico - testemunho SE0215 (parte 2/2)	141
Tabela A2.3.8	Dados biológico - testemunho SO0115	142
Tabela A2.3.9	Dados biológico - testemunho SO0215 (parte 1/2)	143
Tabela A2.3.10	Dados biológico - testemunho SO0215 (parte 2/2)	144
Tabela A2.3.11	Dados biológico - testemunho MA0115	145
Tabela A2.3.12	Dados biológico - testemunho MA0215 (parte 1/2)	146
Tabela A2.3.13	Dados biológico - testemunho MA0215 (parte 2/2)	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Areia fina
AG	Areia grossa
AIC	Akaike information criterion (critério de informação de Akaike)
AM	Areia média
AMF	Areia muito fina
AMG	Areia muito grossa
ANOSIM	Analysis of similarities (análise de similaridades)
ANOVA	Analysis of variance (análise de variância)
AR	Abundância relativa
CCA	Canonical correspondence analysis (análise de correspondência canônica)
Cond	Condutividade elétrica
FT	Fósforo total
GAM	Generalized additive model (modelo aditivo generalizado)
LOO	leave one-out (deixar de fora)
MAT	Modern Analog Technique (Técnica do análogo moderno)
MPS	Matéria particulada em suspensão
NT	Nitrogênio total
OD	Oxigênio dissolvido
PCA	Principal component analysis (análise dos componentes principais)
Redox	Redox potential (potencial de oxirredução)
RMSEP	Root mean square error of prediction (erro quadrático médio da predição)
Sal	Salinidade
Si	Silicato

SIMPER Similarity percentages (percentuais de similaridade)
SV Superfície de vulnerabilidade
Temp Temperatura

ESTRUTURA DA TESE

A presente tese parte da hipótese de que o recente crescimento econômico pelo qual passa a região estuarina da baía de Camamu é uma fonte de estresse que se manifesta sobre alterações em suas condições ambientais e sobre suas comunidades biológicas. Ela está estruturada em três capítulos como segue:

Capítulo I - Avaliação ecológica baseada em assembleias de diatomáceas bentônicas de ecossistema estuarino sob impactos antrópicos recentes..

Este primeiro capítulo propõe avaliar ecologicamente a região estuarina da baía de Camamu através da análise de sua comunidade de diatomáceas bentônicas, tanto pela análise descritiva como pela modelagem de suas interações com as variáveis ambientais.

Capítulo II - Avaliação paleoecológica de ecossistema estuarino previamente considerado prístino: evidência de degradação em seu estado de conservação e de progradação da zona costeira.

Neste capítulo a baía de Camamu é avaliada através da abordagem paleoecológica, pela análise das comunidades de diatomáceas pretéritas preservadas em camadas sedimentares. O objetivo deste capítulo é o de produzir inferências sobre o estado pretérito das condições ambientais da baía e das transformações que ele sofreu ao longo do tempo pela análise descritiva e por modelagem também utilizando as diatomáceas como indicadores destas condições.

Capítulo III - Avaliando a vulnerabilidade ambiental através de diatomáceas.

No capítulo final da tese será proposta uma adaptação do método de avaliação de vulnerabilidade ambiental para o seu uso com diatomáceas bentônicas em ambientes aquáticos. Para exemplificar esta adaptação foi realizado um estudo de caso utilizando os dados dos capítulos 1 e 2 para a avaliação da vulnerabilidade relativa das diferentes regiões da baía de Camamu.

INTRODUÇÃO À TESE

Interesses econômicos de curto período vem provocando grandes transformações nos ambientes de toda a Terra (BALCI; BALKIS, 2017). Atividades como a agricultura, a indústria, o turismo, a pesca, as construções imobiliárias, etc, vêm explorando os recursos naturais e provocando contaminação tóxica, enriquecimento de cursos d'água com nutrientes e alterações climáticas que representam grandes desafios no gerenciamento destes recursos (LU et al., 2018) e já provocaram a perda de 90% de espécies consideradas importantes em ambientes costeiros e destruíram 65% dos habitats úmidos (LITTLE et al., 2017; LOTZE et al., 2006).

O progresso econômico e a busca por melhor qualidade de vida, entretanto, é direito de todos os povos, em especial dos países mais pobres, que concentram grande parte dos ambientes ainda preservados e mais diversos do planeta. A conciliação entre preservação e progresso social deve passar pelo estudo científico desses impactos, suas causas, sua severidade e como podem ser enfrentados.

Para acessar nossos impactos sobre os ambientes, são empregadas muitas abordagens ecológicas capazes de responder às mais diversas perguntas, embora nenhuma sozinha seja capaz de responder a todas elas. Destacam-se duas: A ecologia de comunidades, rica em teoria e conceitos, que foca no presente, observando processos ecológicos locais de curta duração e a dispersão de organismos (RICKLEFS, 1987); e a paleoecologia, que pode preencher o vazio no espaço de tempo intermediário (séculos a dezenas de milênios) incorporando a variabilidade temporal e as mudanças climáticas e geomorfológicas na estruturação das comunidades (SIMPSON, 2007). Embora sejam fortemente complementares, estas duas abordagens estão comumente desconectadas na literatura (JACKSON; BLOIS, 2015).

Ambas abordagens se valem do uso de indicadores, tanto biológicos ou químicos, relacionados ao estado de conservação dos ambientes (LOBO et al., 2004). Entre os indicadores biológicos se destaca um que é considerado por vários autores com o melhor indicador da qualidade da água, tanto para ambientes marinhos, estuarinos e fluviais: as assembleias de diatomáceas. O que se deve a algumas de suas características: sua natureza cosmopolita, seus curtos ciclos de vida, sua grande diversidade e suas sensibilidades aos mais diversos estressores (CHEN et al., 2016.A; KELLY; WHITTON, 1995; LOBO et al., op. cit.).

Entre as mais novas ferramentas propostas em ecologia para auxiliar no gerenciamento ambiental, uma se destaca pela velocidade em que vem sendo empregada e debatida: a vulnerabilidade ambiental. Essa é uma abordagem que foi proposta em ecologia pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Trata-se de uma forma de gerenciar as consequências das mudanças climáticas (WHITE et al., 2001). Acredita-se que ela possa facilitar o manejo de ambientes impactados por facilitar a comunicação entre diferentes disciplinas e entre os pesquisadores e agentes públicos, além de facilitar a percepção dos locais e

elementos prioritários para intervenção (GALLOPÍN, 2006; ADGER, 2006; LUERS, 2005; LUERS et al., 2003; TURNER II et al., 2003).

Para definir seus objetivos esta tese se apoia na ideia de Jackson e Blois (2015), segundo a qual “comunidades são melhor entendidas, não apenas como realizações locais de sobreposições de espécies e gradientes ambientais, mas também como manifestações transitórias de processos ecológicos e biogeográficos em um mundo onde as mudanças ambientais não cessam”. Logo esta tese teve o objetivo geral de unir os resultados de ambas abordagens (ecologia de comunidades e paleoecologia) em uma análise ecológica completa, do passado e do presente, de uma região estuarina que vem passando por um recente crescimento econômico (a Baía de Camamu, no litoral sul do estado da Bahia). Objetivo que deve ser alcançado por via da análise de diversas variáveis ambientais, se destacando a comunidade de diatomáceas bentônicas. Desta forma permitindo a compreensão mais abrangente de sua dinâmica ambiental e das consequências deste acelerado crescimento sobre a baía.

Desta forma esta tese foi dividida em três capítulos: o primeiro teve o objetivo de avaliar os efeitos das atividades econômicas na região, por vias de uma análise descritiva e quantitativa (modelagem) da comunidade de diatomáceas bentônicas atuais, utilizando a relação dela com as variáveis físico-químicas e os dados publicados sobre autoecologia de suas espécies componentes. O segundo capítulo teve o objetivo de avaliar a dinâmica de transformações físicas, químicas e biológicas na região através de uma análise descritiva da comunidade de diatomáceas semifósseis e da modelagem de variáveis ambientais pregressas por vias de funções de transferência. Por fim, o terceiro capítulo teve como o objetivo de adaptar o conceito recente de vulnerabilidade ambiental para o uso de microalgas em ambientes costeiros e de aplicá-lo para o caso da região estudada.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

- Avaliar o estado de conservação da Baía de Camamu através de uma análise ecológica espaço-temporal abrangente utilizando suas variáveis ambientais e comunidade de diatomáceas bentônicas.

Objetivos específicos:

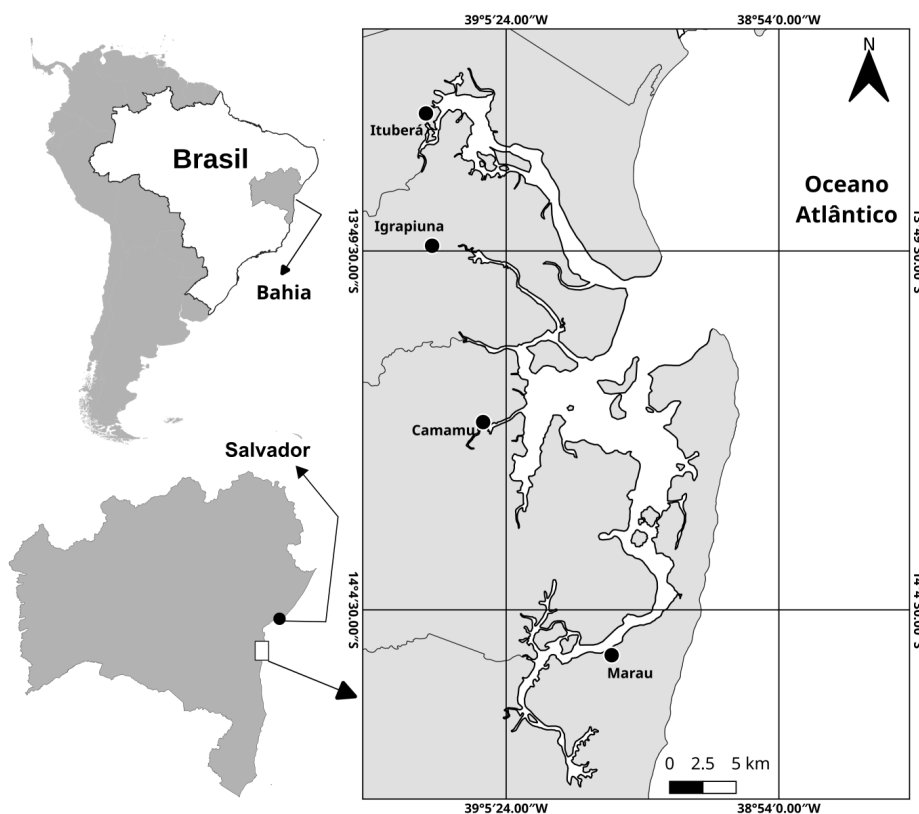
1. Analisar descritivamente a comunidade de diatomáceas bentônicas da baía de Camamu, com base nas características autoecológicas das mesmas.
2. Determinar o percentual de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica de diferentes regiões da área de estudo.
3. Produzir modelos matemáticos preditivos sobre a distribuições das variáveis ambientais e das diferentes diatomáceas bentônicas sobre a área de estudo e modelos sobre a relação destas variáveis com a abundância das diatomáceas.
4. Interpretar o estado de conservação da área de estudo com base nas análises dos objetivos 1, 2 e 3.
5. Analisar descritivamente as comunidades pretéritas de diatomáceas bentônicas da baía de Camamu preservadas em sedimento, com base nas características autoecológicas das mesmas.
6. Determinar o percentual de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica de todos os estratos dos testemunhos.
7. Produzir modelos matemáticos (funções de transferência) sobre o estado pretérito das variáveis ambientais da área de estudo com base nas diatomáceas bentônicas preservadas e nas relações estudadas entre estas variáveis e as comunidades atuais.
8. Interpretar a dinâmica das transformações ambientais ocorridas na área de estudo com base nas análises dos objetivos 5, 6 e 7.
9. Adaptar o método de avaliação de vulnerabilidade ambiental relativa para ambientes aquáticos com o uso de diatomáceas bentônicas.
10. Aplicar o método adaptado no objetivo 8 para o estudo de caso da baía de Camamu utilizando os dados produzidos nos objetivos 1, 2, 5 e 6.

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Camamu (Fig I.1) está localizada no estado da Bahia, região nordeste do Brasil. Trata-se de um sistema estuarino raso (profundidade média de cinco metros), Sua área superficial tem aproximadamente 384 Km², centraliza uma bacia de drenagem de 15.000 Km², está cercada por restingas e manguezais, que somam mais que 40 Km² de área, e seu clima é categorizado como tropical úmido com uma estação chuvosa (de março a julho) e uma seca (de agosto a fevereiro) (AMORIM, 2005; HATJE et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

Quatro municípios dividem a área da baía: Ituberá, Igrapiuna, Camamu e Marau (Fig I.1). A população somada destas cidades, estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), foi de 87.588 em 2009 a 97.714 em 2019, um crescimento de 11,56% na última década, enquanto que a capital do estado, Salvador, apresentou uma estimativa de redução de sua população de 4,19% no mesmo período. Ainda segundo o IBGE (2020), entre 2001 e 2017, englobando a crise político-econômica que se abateu sobre o Brasil a partir de 2015, o produto interno bruto (PIB) da região cresceu cerca de 211%, de cerca de R\$ 194.502 a cerca de 604.692, enquanto o PIB de Salvador decresceu 35% no mesmo período. Este recente crescimento econômico da região, se deveu a intensificação do turismo, da pesca, da carcinicultura, da produção de petróleo e da atividade imobiliária, e tem pressionado seu ambiente rico e diverso.

Fig I.1 - Sistema estuarino da Baía de Camamu.



As linhas finas representam os limites municipais.

CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO ECOLÓGICA BASEADA EM ASSEMBLEIAS DE DIATOMÁCEAS BENTÔNICAS DE ECOSSISTEMA ESTUARINO SOB IMPACTOS ANTRÓPICOS RECENTES.

1.1 - Resumo.

Até recentemente a Baía de Camamu (BA, Brasil) foi considerada um ecossistema estuarino prístino. Entretanto, um rápido e recente crescimento econômico regional está cada vez mais pressionando-o. Aqui, nós usamos a estrutura das assembleias locais de diatomáceas bentônicas, como indicadores de integridade ecológica, para determinar se este crescimento econômico está gerando impactos negativos sobre este habitat. Ao longo da região de baía e de seus três principais tributários (os rios Maraú, Orojó e Serinhaém), nós colhemos amostras de sedimento (para determinar a estrutura das assembleias de diatomáceas e a granulometria) e de água (para determinação dos nutrientes das séries de fósforo, nitrogênio e sílica) e realizamos a medição das variáveis físico-químicas (i.e., nutrientes, salinidade, pH, condutividade, temperatura, potencial de oxiredução, material particulado em suspensão, oxigênio dissolvido). Modelamos, então, a distribuição espacial das variáveis físico-químicas Salinidade e pH (as duas que exibiram os melhores resultados de predição) e de vários *taxa* de diatomáceas (i.e., *Fallacia nummularia*, *Paralia sulcata* var. *coronata*, *Seminavis* sp1 e *Thalassiosira* sp1). Esta abordagem nos permitiu determinar as potenciais correlações entre os *taxa* e as variáveis ambientais em cada um dos 30 sítios amostrais. Determinamos também os percentuais de espécies indicadoras de ambiente eutrofizado ou afetado por poluição orgânica de cada amostra. Nossos modelos revelaram cinco distintos grupos de amostras baseados nas estruturas das assembleias. Nossos resultados mostraram que a salinidade exerceu o efeito mais forte na estruturação das assembleias e que as condições mais prístinas foram caracterizadas pela presença de *F. nummularia*. Entretanto, os grupos de diatomáceas que ocorreram na área central da baía e nas regiões intermediárias dos rios Maraú e Serinhaém se caracterizaram pela elevada presença de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica. *Taxa* planctônicos que ocorreram na região intermediária no rio Maraú indicaram elevada concentração de nutrientes e condições hidrodinâmicas incomuns. Nossos resultados sugerem que a Baía de Camamu está passando por um processo de degradação, principalmente em suas regiões mais marinhas.

Palavras-chave: modelagem; bioindicador; fitobentos; limnologia tropical.

Abstract.

Until recently, Camamu Bay (Brazil) was considered a pristine estuarine ecosystem. However, an explosive regional economic growth is increasingly pressuring it. Here, we used the structure of local diatom assemblages, as indicator of ecological integrity, in order to determine whether this economic growth has negatively impacted this habitat. In this bay and along its three major tributaries (Marau, Orojó, and Serinhaém Rivers), we sampled water and sediment to determine the structure of

local diatom assemblages and measure several physicochemical variables, including nutrients concentrations, salinity, pH, conductivity, temperature, redox potential, suspended particulate matter, dissolved oxygen, and granulometry. We then modeled the spatial distribution of the physicochemical variables 'salinity' and 'pH', (the two variables that yielded the best predictive outcomes) and that of several diatom species (*Fallacia nummularia*, *Paralia sulcata* var. *coronata*, *Seminavis* sp1, and *Thalassiosira* sp1). This approach allowed us to determine potential correlations of diatom taxa with physicochemical variables at each of 30 sampling sites. We also produced the percentage of indicative taxa for eutrophication or organic pollution for each sample. Based on the composition of discrete assemblages, our modeling revealed five distinct diatom groups. Our results also showed that salinity exerted the strongest structuring effect on the diatom assemblages and the most pristine conditions were characterized by the presence of *F. nummularia*. However, the assemblages near the center area of the bay and at intermediate areas of Serinhaém and Maraú rivers were characterized by greater abundances of eutrophication or pollution indicator species. Planktonic taxa occurring in the Marau River's intermediate region indicated the presence of high nutrients loading and uncommon hydrodynamic conditions. Our results suggest Camumu Bay is undergoing an eutrophication process, mainly in the marine areas of this bay.

Key Words: modeling; bioindicator; phytobenthos; tropical limnology.

1.2 - Introdução.

A preocupação global de que o capital natural da Terra está sendo severamente degradado tem elevado a necessidade de conciliar o crescimento econômico com a conservação da natureza. Alcançar o desenvolvimento econômico enquanto se protege os ecossistemas naturais, a biota e os serviços que eles provêm a humanidade se tornou um dos maiores desafios de nosso tempo. A relação entre o desenvolvimento das sociedades humanas e a severidade de nossa pegada ambiental (WWF, 2018) impõe redobrados esforços em direção à conservação da natureza.

Em nenhum lugar este desafio é mais grave e urgente que em ambientes estuarinos. Como um todo, estuários estão sob tremenda pressão das atividades humanas. De fato, agricultura, indústria, turismo, mudanças climáticas e muitas formas de poluição são alguns dos muitos agentes que pressionam estes insubstituíveis habitats (LITTLE et al., 2017). Uma ameaça comum e grave sobre os estuários é a eutrofização, que é conhecida por perturbar os atributos estruturais e funcionais destes ambientes (COELHO et al., 2009; LÓPEZ-ABBATE et al., 2019; PEARL, 2006). Assim, a eutrofização, comumente relacionada às atividades econômicas humanas, tanto as rurais como as urbanas, ameaça a diversidade estuarina e seus serviços ecossistêmicos prestados à humanidade (LITTLE op. Cit.).

Um esforço global das comunidades científica e gerencial tem sido feito para prevenir ou mitigar os efeitos negativos que a eutrofização impõe sobre os ecossistemas estuarinos. Especificamente, estes esforços passam pelo desenvolvimento e uso de ferramentas de monitoramento para determinar a integridade ecossistêmica. Estas provêm dados essenciais sobre o status de

conservação destes ambientes e a extensão de suas transformações (KATSIAPI et al., 2016; PEARL, 2006; SIVASANKAR et al., 2018; WANG et al., 2019). Dois métodos gerais são considerados efetivos em determinar a integridade ambiental: primeiramente a análise ecológica descritiva, o que envolve a avaliação ecológica de ambientes através das características conhecidas de seus elementos componentes (GRIMES; SCHULZ, 2002). Por exemplo, em monitoramento ecológico, pode-se usar propriedades autoecológicas de espécies indicadoras das assembleias locais para, indiretamente, acessar as características do ambiente (e.g., CHEN et al., [2016.A]). Especificamente, esta abordagem permite fazer inferências sobre o status de conservação de um ecossistema, o que pode ser útil sob condições de pobreza de dados, o que, tipicamente, impede o uso de muitos métodos estatísticos ou matemáticos (e.g., BAETA et al. [2011] e PAVÃO et al. [2019]).

Outra abordagem envolve a modelagem ecológica, que consiste em representações matemáticas (e.g., correlações) entre atributos ambientais e a presença ou a abundância de espécies. Embora várias abordagens de modelagem sejam consideradas muito poderosas em estudos ecológicos, elas dependem de várias premissas, como homocedasticidade, a normalidade ou a linearidade dos dados, sejam atendidas (e.g., modelos lineares generalizados; GLM). Uma vez que dados biológicos frequentemente falham em atender tais premissas (O'BRIEN; RAGO, 1996), outras abordagens se fazem necessárias. Consequentemente, Hastie e Tibshirani (1986) desenvolveram os modelos generalizados aditivos (GAM), que são análogos não paramétricos dos GLM e são capazes de ajustar modelos complexos feitos para dados ecológicos.

Para se usar adequadamente as abordagens supracitadas se faz necessário o uso de indicadores do status de conservação de ecossistemas, que pode ser químico, físico ou biológico (LOBO et al., 2004), esteja disponível para avaliações quantitativas ou qualitativas. Dos vários indicadores biológicos da qualidade da água, as assembleias de diatomáceas são consideradas úteis, particularmente para se determinar o estado trófico dos ecossistemas aquáticos. Sua natureza cosmopolita, seus curtos ciclos de vida, elevada riqueza e diversidade de respostas a estresses ambientais tornam as diatomáceas excelentes em monitoramento ecossistêmico (CHEN et al., 2016.B; KELLY; WHITTON, 1995; LOBO et al., 2004).

A Baía de Camamu (BC) é um ecossistema estuarino localizado na região nordeste do Brasil. A BC foi considerada em estado prístino em anos recentes (CARREIRA et al., 2016; PAIXÃO et al., 2010; PEDREIRA et al., 2017). Entretanto, esta região vem se transformando aceleradamente, principalmente como resultado do crescimento econômico movido pela extração de petróleo e o turismo. Por exemplo, nos últimos 19 anos, a economia dos municípios circundantes da BC cresceram 211% (IBGE, 2020). Tal crescimento econômico pode ter exercido um impacto importante e ainda não documentado sobre a baía.

Aqui nós consideramos a hipótese de que o recente crescimento econômico regional conduziu a muitos impactos sobre o ecossistema. Neste contexto nós postulamos que as assembleias de diatomáceas podem prover indicação confiável sobre a extensão dos impactos antrópicos (e.g., qualidade da água) sobre o ecossistema. Logo, nosso objetivo envolve conduzir uma avaliação ecológica de toda a área

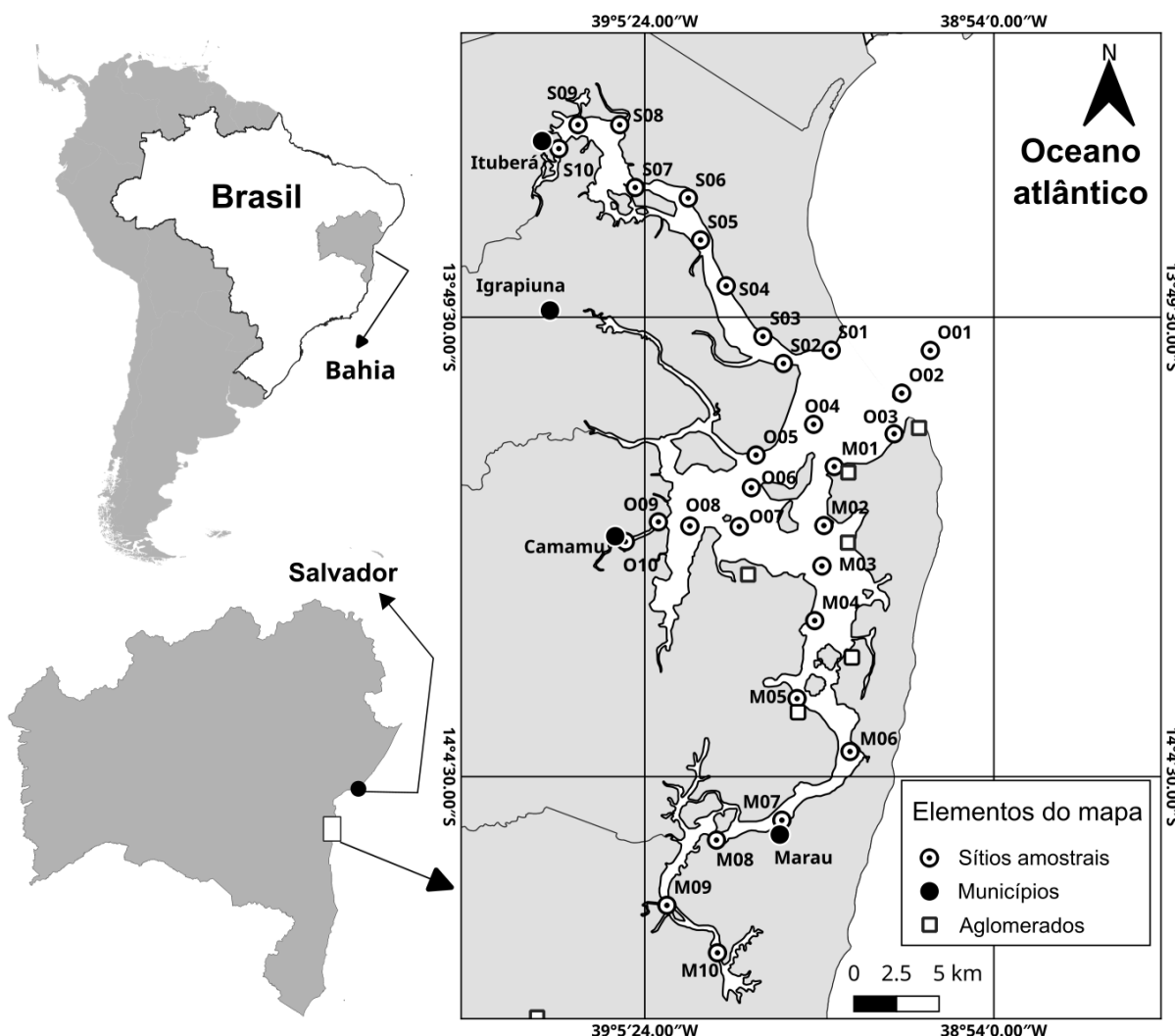
estuarina (i.e., BC e seus três maiores tributários, nomeadamente os rios Maraú, Orojó e Serinhaém) pelo uso da análise descritiva da autoecologia das diatomáceas e pela modelagem da distribuição das variáveis ambientais em relação com as assembleias de diatomáceas. Os efeitos que as variáveis ambientais podem ter sobre a estruturação das assembleias de diatomáceas nos permitirá detectar se a BC (i.e., a baía e seus tributários) passou por transformações como resultado de perturbações antropogênicas recentes.

1.3 - Metodologia.

1.3.1 - Amostragem.

Para a condução deste estudo foram amostradas 30 sítios amostrais distribuídas ao longo do gradiente de salinidade na baía e nos mais importantes tributários da BC (i.e., os rios Maraú[M], Orojó[O] e Serinhaém[S]), com dez sítios em cada um destes rios (Fig. 1.1). Especificamente, nós amostramos variáveis ambientais e biológicas em duas campanhas: uma em abril de 2013 e outra em outubro do mesmo ano, correspondendo às estações chuvosa e seca nesta região, respectivamente. Em cada campanha, foram amostradas as seguintes variáveis: salinidade (Sal), temperatura (Temp), condutividade (Cond), pH, potencial de oxirredução (Redox), oxigênio dissolvido (OD) e matéria particulada em suspensão (MPS). Esta amostragem ocorreu a uma profundidade de 50 cm e foi conduzida com o auxílio de uma sonda Horiba modelo HI9828. Também coletamos amostras de água (usando garrafa de Van Dorn) para determinarmos as concentrações dos seguintes nutrientes: nitrogênio total (TN), amônia (NH_3), nitrato (NO_3), fósforo total (TP), fosfato (PO_4) e silicato (Si).

Fig 1.1 - Sítios amostrais superficiais da Baía de Camamu.



Agglomerados incluem urbanos e rurais. As letras indicam os rios: S – Serinhaém; O - Orojó; M - Marau.

Para estudar as assembleias de diatomáceas e determinar a granulometria do sedimento de cada amostra, nós usamos um box-corer (20 x 20 cm) para amostrar o sedimento superficial de cada sítio. As amostragens ocorreram durante a maré alta, seguindo a direção a montante, do primeiro ao décimo sítio em cada rio, com a única exceção da amostragem no rio Orojó durante a estação chuvosa, ocasião em que a amostragem ocorreu em sentido contrário (por razões logísticas).

1.3.2 - Análise laboratorial.

A determinação da concentração dos nutrientes seguiu os métodos publicados em Koroleff (1976 a,b,c), Grasshoff (1966) e Wood et al. (1967). Para a obtenção dos dados de granulometria as amostras de sedimento foram peneiradas em uma peneira de agitação automática Logen Scientific (modelo Produtest) por 10 minutos. Assim determinamos as frações de cada tamanho de grão, especificamente cascalho (> 2,000 mm), areia muito grossa (2,000 - 1,000 mm), areia grossa (1,000 -

0,500 mm), areia média (0,500 - 0,250 mm), areia fina (0,250 - 0,125 mm), areia muito fina (0,125 - 0,062 mm) e lama (< 0,062 mm). Estes dados sobre frações de tamanho foram obtidos de Santos (2016).

Produzimos as lâminas permanentes para microscopia para as assembleias de diatomáceas pela oxidação das amostras de sedimento total seguindo os métodos descritos em Battarbee et al. (2001). Cada lâmina foi feita com uma alíquota de um mililitro da amostra oxidada diluída (um grama de de sedimento em 50 ml de água destilada) e fixada com resina Naphrax (índice de refração de 1,73).

Em cada lâmina foram contados um mínimo de 400 valvas com o auxílio de um microscópio óptico Olympus CX40 (ampliação de 100 vezes). Também usamos um microscópio eletrônico de varredura JEOL-JSM-6701 para a identificação dos *taxa*. A descrição dos *taxa* seguiu Barber & Haworth (1981) e identificamos cada *táxon* até nos níveis de gênero e espécie usando as informações e placas micrográficas em Bigunas (2005), Tremarin et al. (2008, 2010), Cupp (1943), Hasle & Syvertsen (1997), Round et al. (1990) e Witkowski et al. (2000). As placas micrográficas dos *taxa* identificados neste trabalho podem ser encontradas no Apêndice 1.

1.3.3 - Análises estatísticas.

Anteriormente às análises, nós expressamos os dados biológicos em abundâncias relativas (ARs; dividindo a abundância de cada *táxon* pela abundância total de valvas de cada amostra), que são então transformadas pela transformação de Hellinger (dividindo cada ARs pela soma de suas linhas e tirando a raiz quadrada do quociente), como sugerido por Legendre & Gallagher (2001). Os dados ambientais foram padronizados (pela divisão do valor de cada variável de cada amostra pelo seu desvio padrão). Apenas os *taxa* mais abundantes (i.e., aqueles com RA \geq 5% em pelo menos uma amostra) foram incluídos na análise estatística (detalhes abaixo), como foi sugerido por Taffs et al. (2008). Todos os dados brutos das variáveis ambientais e biológicos podem ser encontrados nos apêndices 2.1 e 2.3, respectivamente.

Para se evitar multicolinearidade entre variáveis explicativas, o que pode levar a superestimação da variabilidade dos coeficientes canônicos (Alves et al., 2017), nós confeccionamos uma matriz de correlação de todas as variáveis ambientais. Duas variáveis foram consideradas altamente correlacionadas quando sua correlação alcançou ou superou 80%. Sempre que isso ocorreu, nós removemos uma das variáveis da análise de ordenação (i.e., dendrograma hierárquico, PCA e CCA) e dos GAMs.

Algumas amostras se perderam, especificamente aquelas dos sítios O02 e S02 (estação chuvosa) e M01, O01, O02, O06, O09 e S10 (estação seca; amostras ambientais e biológicas). Isso também ocorreu nos sítios O01 (estação chuvosa) e S05 (estação seca; granulometria). Entretanto, para estes últimos dois casos, os dados foram imputados (i.e., substituídos por valores produzidos estatisticamente) através da técnica “Especificação Totalmente Condicional” (do inglês *Fully Conditional Specification*), como descrito por Van Buuren & Groothuis-Oudshoorn (2011).

Nós identificamos os principais gradientes ambientais no ecossistema estuarino estudado pelas confecções de um dendrograma hierárquico baseado em distância euclidiana e no método de Ward (WARD, 1963) e de uma análise de componentes principais (do inglês *Principal Component Analysis*, PCA) sobre as variáveis físico-químicas obtidas nas duas campanhas.

Usamos também duas abordagens para explicitar os padrões de distribuição das assembleias de diatomáceas: primeiramente um dendrograma hierárquico baseado em distância euclidiana e no método de Ward sobre os dados biológicos e, em seguida, determinamos se havia significância estatística nas diferenças existentes em termos de estrutura de comunidade (i.e., abundâncias específicas) entre os grupos que foram revelados pela análise do dendrograma, assim como entre as comunidades de cada rio (i.e., os três rios considerados como fatores). Para tanto, fizemos dois testes de análise de similaridade (do inglês *Analysis of Similarity*, ANOSIM). Pelo fato de que fizemos múltiplas comparações, o nível de significância foi corrigido pelo método de Bonferroni, e o α foi estabelecido em 0,025. Também, para se identificar quais taxa foram mais impactantes na dissimilaridade entre os grupos determinados pelo dendrograma e entre os rios (caso um ou ambos os fatores tenham sido considerados significativos pelos teste de ANOSIM), nós realizamos um teste de percentuais de similaridades (do inglês *Similarity Percentages*, SIMPER).

Ajustamos modelos aditivos generalizados (do inglês *Generalized Additive Model*, GAM) para prever a distribuição espacial das variáveis ambientais e dos taxa de diatomáceas. Também foram ajustados GAMS para a potencial correlação entre os taxa e as variáveis. Uma análise de diagnóstico foi conduzida para cada um desses modelos. Tal análise envolveu a verificação da convergência do modelo e da concurvidade entre variáveis. Concurvidade é a medida da correlação entre variáveis, uma generalização da colinearidade, na qual existem dependências não-lineares entre duas variáveis. Duas variáveis foram consideradas altamente correlacionadas quando a concurvidade entre elas foi $\geq 80\%$. Também verificamos se os resíduos dos modelos foram aleatoriamente distribuídos e confeccionamos os gráficos “resíduos desviantes vs. quantis teóricos” (gráfico Q-Q), “resíduos vs. preditor linear”, “histograma de resíduos” e “resposta vs. valores ajustados”, como parte da análise de diagnóstico. Todos os dados de diagnóstico para os GAMS podem ser encontrados nos Apêndices 4.1 ao 4.24.

Os GAMS que nos permitiram prever a distribuição espacial de cada variável ambiental usaram a média de cada variável em ambas as campanhas (i.e., estações chuvosa e seca) e seguiram a fórmula “variável $\sim s(x,y)$ ”, na qual ‘variável’ é um vetor com a concentração de cada variável ambiental amostrada e “ $s(x,y)$ ” representa a interação das coordenadas espaciais de cada amostra. O resultado dos modelos são figuras preditivas, que envolvem uma superfície de distribuição das variáveis (e.g., salinidade). Para prever a distribuição das diatomáceas ajustamos GAMS usando os dados de abundância dos taxa que ocorreram em pelo menos dez amostras, usando a fórmula “táxon $\sim s(x,y)$ ”, na qual “táxon” é um vetor com as ARs de cada táxon amostrado. Para os GAMS para o estudo das relações entre variáveis ambientais e as abundâncias dos taxa de diatomáceas usamos a fórmula “táxon $\sim s(v_1) + s(v_2) + ti(v_1,v_2)$ ”. Aqui, “ $s(v_1) + s(v_2)$ ” e “ $ti(v_1,v_2)$ ” são os efeitos aditivos de cada

variável e o efeito interação entre estas variáveis, respectivamente, cada um considerado separadamente.

Todas as possíveis combinações de efeitos aditivos foram modeladas. Os melhores modelos foram selecionados pelo teste da significância estatística da função de curva (*smooth*) através de uma análise de variância (*Analysis of Variance*, ANOVA), estabelecendo o alpha (α) em 0,05. Apenas os modelos significativos e com desvios explicados (R^2) igual ou maior que 50% foram considerados. Além disso, apenas as interações entre as variáveis que tiveram resultados significativos quando testadas isoladamente foram consideradas. Quando dois ou mais modelos para a relação entre a abundância dos taxa e as variáveis ambientais foram significativos e com $R^2 \geq 50\%$, o melhor modelo foi determinado pelo menor valor do critério de informação de Akaike (do inglês *Akaike Information Criterion*, AIC; AKAIKE, 1998). Sempre que duas ou mais variáveis ambientais foram incluídas em um GAM, nós conduzimos um teste de concurvidade entre elas. Modelos com elevada concurvidade ($\geq 80\%$) foram desconsiderados e o próximo modelo em ordem ascendente de AIC foi escolhido. Modelos predizendo a distribuição de variáveis ambientais e dos taxa foram testados para a significância estatística e os desvios explicados. Para otimizar a visualização destes modelos, estabelecemos o alcance da extrapolação destes em 10%.

Para, através das amostras biológicas, caracterizar o grau de impacto antrópico sobre a BC e seus tributários, nós determinamos o percentual de espécies indicadoras de elevado estado trófico ou poluição orgânica em cada amostra. A identificação das espécies indicadoras seguiu os trabalhos publicados, nomeadamente Belando, Marín e Aboal (2017), Chakraborty e Ghosh (2016), Dhib et al. (2013), Kennett e Hargraves (1985), Liu et al. (2008; 2015), McQuoid e Nordberg (2003), Moro e Fürstenberger (1997), Oeding e Taffs (2015), Poulton et al. (2007), Potapova (2010), Potapova e Spaulding (2013), Solak (2012), Schlüter et al. (2012), Spaulding (2018), Stepanek (2011), Ulanova e Snoeijs (2006) e Wachnicka, Gaiser e Boyer (2011). Também foram testadas as diferenças entre as campanhas e entre os grupos definidos pelo dendrograma hierárquico (dados das assembleias de diatomáceas) em termos deste percentual por vias de um teste T de Student e de uma análise de variância (do inglês *Analysis of Variance*, ANOVA).

Nós exploramos a relação entre as variáveis ambientais e as assembleias de diatomáceas (i.e., identificando as variáveis que melhor explicam a variabilidade das assembleias) usando uma análise de correspondência canônica (do inglês *Canonical Correspondence Analysis*, CCA). As significâncias estatísticas do modelo da CCA como um todo, de cada um de seus eixos e de cada uma das variáveis consideradas foram testadas por três testes de permutação de Monte Carlo.

Todas as análises e figuras foram conduzidas usando a linguagem de programação R versão 3.6.0 (R CORE TEAM, 2019) com os pacotes cluster (MAECHLER et al., 2019), corrplot (WEI; SIMKO, 2017), factoextra (KASSAMBARA; MUNDT, 2017), ggplot2 (WICKHAM, 2016), labdsv (ROBERTS, 2019), mgcv (WOOD, 2019), mice (VAN BUUREN; GROOTHUIS-OUDSHOORN, 2011), reshape2 (WICKHAM, 2017.A), svglite (WICKHAM et al., 2017.B), tidyverse (WICKHAM, 2017.B) e vegan

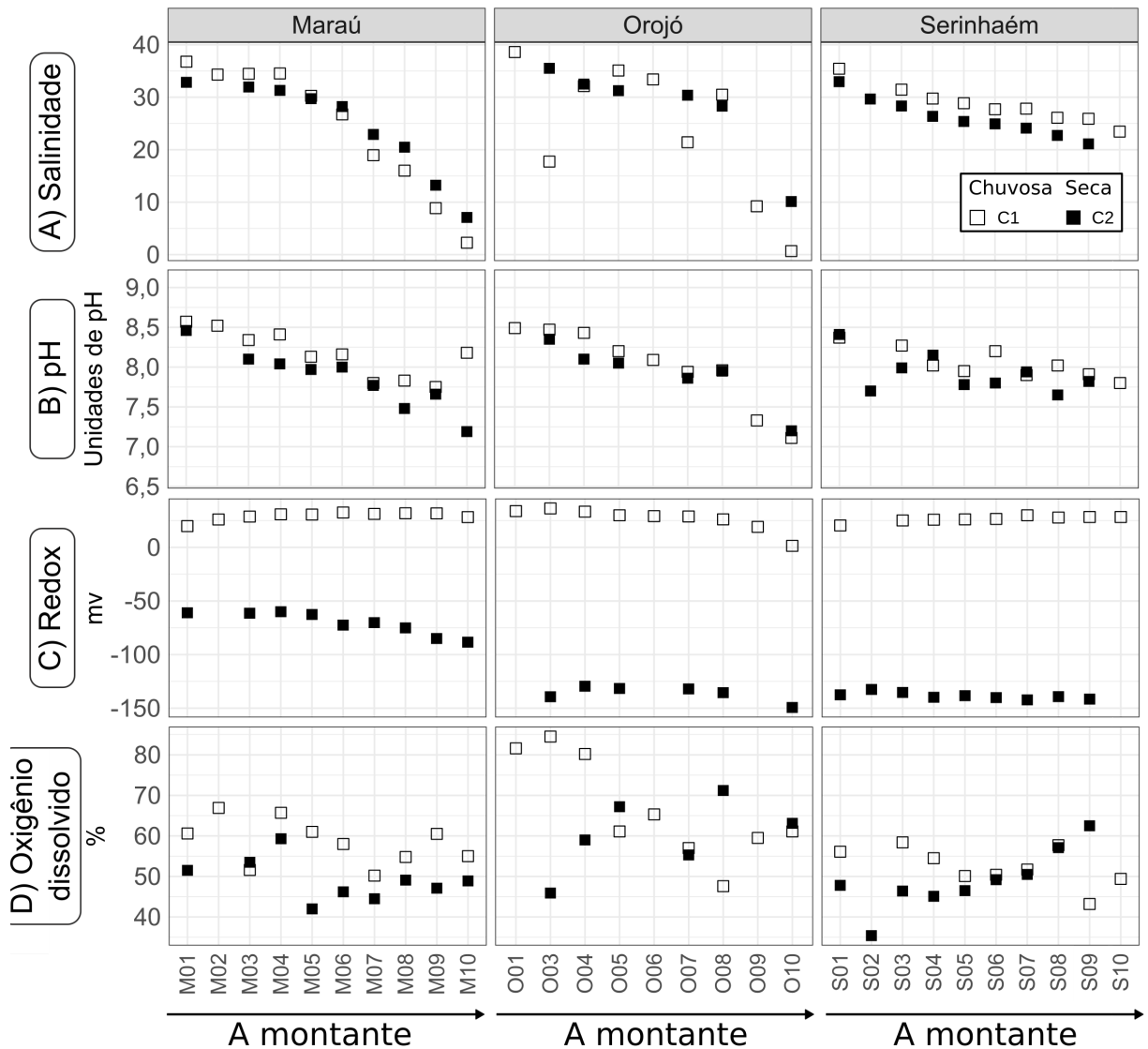
(OKSANEN et al., 2019). Todos os *scrips* com as todas as análises mencionadas acima podem ser encontrados no Apêndice 3.1.

1.4 - Resultados.

1.4.1 - Dados ambientais.

Os tributários da BC se caracterizaram por um decréscimo no gradiente de salinidade com o aumento da distância da baía (i.e., a montante). Tal declínio foi mais pronunciado nos rios Orojó (i.e., 38,6 - 0,68) e Maraú (i.e., 36,8 - 2,27) que no rio Serinhaém (i.e., 35,4 - 21,1; Fig. 1.2 A). A salinidade em Orojó se caracterizou por uma maior variabilidade durante a estação chuvosa (desvio padrão [dp] = 11,3; Fig. 1.6). Considerando o pH, assim como a salinidade, esta variável também decresceu em um gradiente a montante (Fig. 1.2 B, Fig. 1.6). O potencial de oxirredução exibiu valores positivos e negativos durante as estações chuvosa e seca, respectivamente (Fig. 1.2 C). Entretanto, durante a estação seca, os valores de Redox em Maraú foram os maiores registrados neste estudo. Os valores de oxigênio dissolvido foram os maiores nos sítios marinhos de cada rio (i.e., próximo ao estuário), particularmente durante a estação chuvosa. Por exemplo, o maior valor de oxigênio dissolvido foi de 84,5% no rio Orojó durante a estação chuvosa (Fig. 1.2 D, Fig. 1.6). Durante a estação seca, entretanto, foram encontrados valores de oxigênio dissolvido muito menores, a despeito de seu incremento com a distância do estuário (i.e., a montante) nos rios Orojó e Serinhaém.

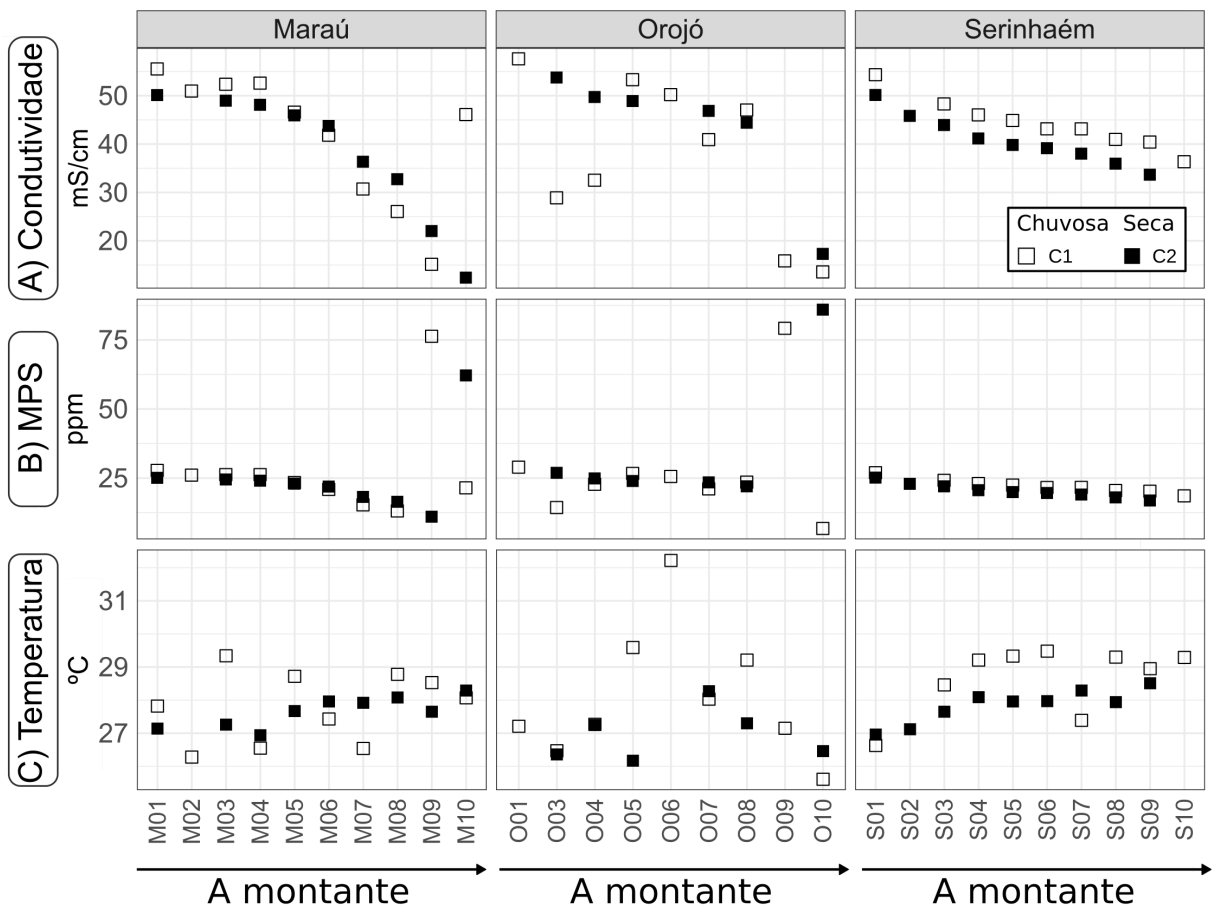
Fig 2 - Valores de salinidade, pH, potencial de oxirredução e oxigênio dissolvido de todas as amostras na Baía de Camamu.



Os pontos brancos simbolizam as amostras coletadas na estação chuvosa e os pretos na seca.

Condutividade e a concentração de material particulado em suspensão decresceram a montante do estuário. Por si só, a condutividade sofreu um decréscimo mais acentuado que a concentração de material particulado em suspensão nos três rios (Fig. 1.3 A). A concentração de material particulado em suspensão decresce suavemente em todos os rios, entretanto esta variável sofreu um abrupto incremento nos sítios mais fluviais (i.e., sítios 9 e 10), particularmente nos rios Maraú e Orojó, alcançando 85,9 ppm (Orojó; Fig. 1.3 B). Entre os sítios dos rios Maraú e Orojó, a temperatura oscilou sem um padrão claro. Entretanto, no rio Serinhaém, esta variável cresceu suavemente a montante. A temperatura média nos rios Maraú, Orojó e Serinhaém foi de 27,7, 27,6 e 28,3 °C, respectivamente, com seus maiores valores registrados majoritariamente na estação chuvosa (Fig. 1.3 C).

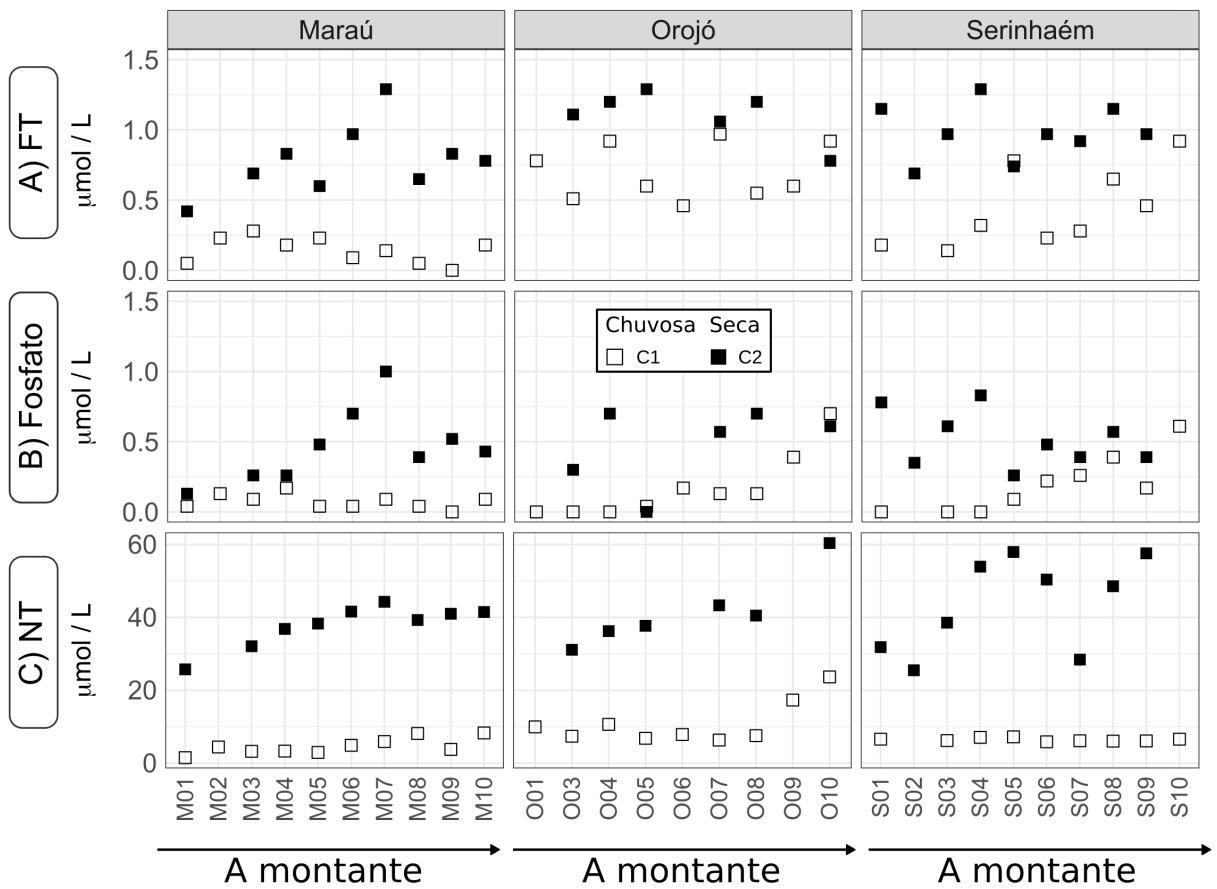
Fig 1.3 - Valores de condutividade, material particulado em suspensão e temperatura de todas as amostras na Baía de Camamu.



Os pontos brancos simbolizam as amostras coletadas na estação chuvosa e os pretos na seca.

Em média, as concentrações de fósforo total e fosfato medidas durante a estação seca foram maiores que durante a estação chuvosa (médias de 0,94 e 0,42 $\mu\text{mol/L}$ de fósforo total e 0,51 e 0,14 $\mu\text{mol/L}$ de fosfato, respectivamente). Algumas variações nos padrões de concentração destas variáveis foram observadas em cada rio. Por exemplo, no rio Maraú, ambos o fósforo total e o fosfato exibiram um padrão similar, com valores oscilando entre 0 e 0,25 $\mu\text{mol/L}$ na estação chuvosa. Estas concentrações sofreram um crescimento acentuado na estação seca, de cerca 0,25 (sítio 01) até 1,25 $\mu\text{mol/L}$ (sítio 07). Entretanto, estes valores de fósforo total decresceram de 0,75 (sítio 10), enquanto as concentrações de fosfato oscilaram entre 0 e 0,25 $\mu\text{mol/L}$ e entre 0,2 e 1,0 $\mu\text{mol/L}$ nas estações chuvosa e seca, respectivamente. A amostragem em ambas estações em Orojó revelaram que as concentrações tanto de fósforo total quanto de fosfato oscilaram sem um padrão claro. Entretanto, a amostragem em Serinhaém durante a estação chuvosa revelou que a concentração de ambas as variáveis cresceram a montante da BC. Em contraste, estas concentrações oscilaram e decresceram a montante durante a estação seca (Fig. 1.4 A e B). Nos três rios amostrados durante ambas as estações, a concentração de nitrogênio total também cresceu a montante, com seus maiores valores medidos durante a estação seca, seguindo os padrões identificados para fósforo total e fosfato (Fig. 1.4 C).

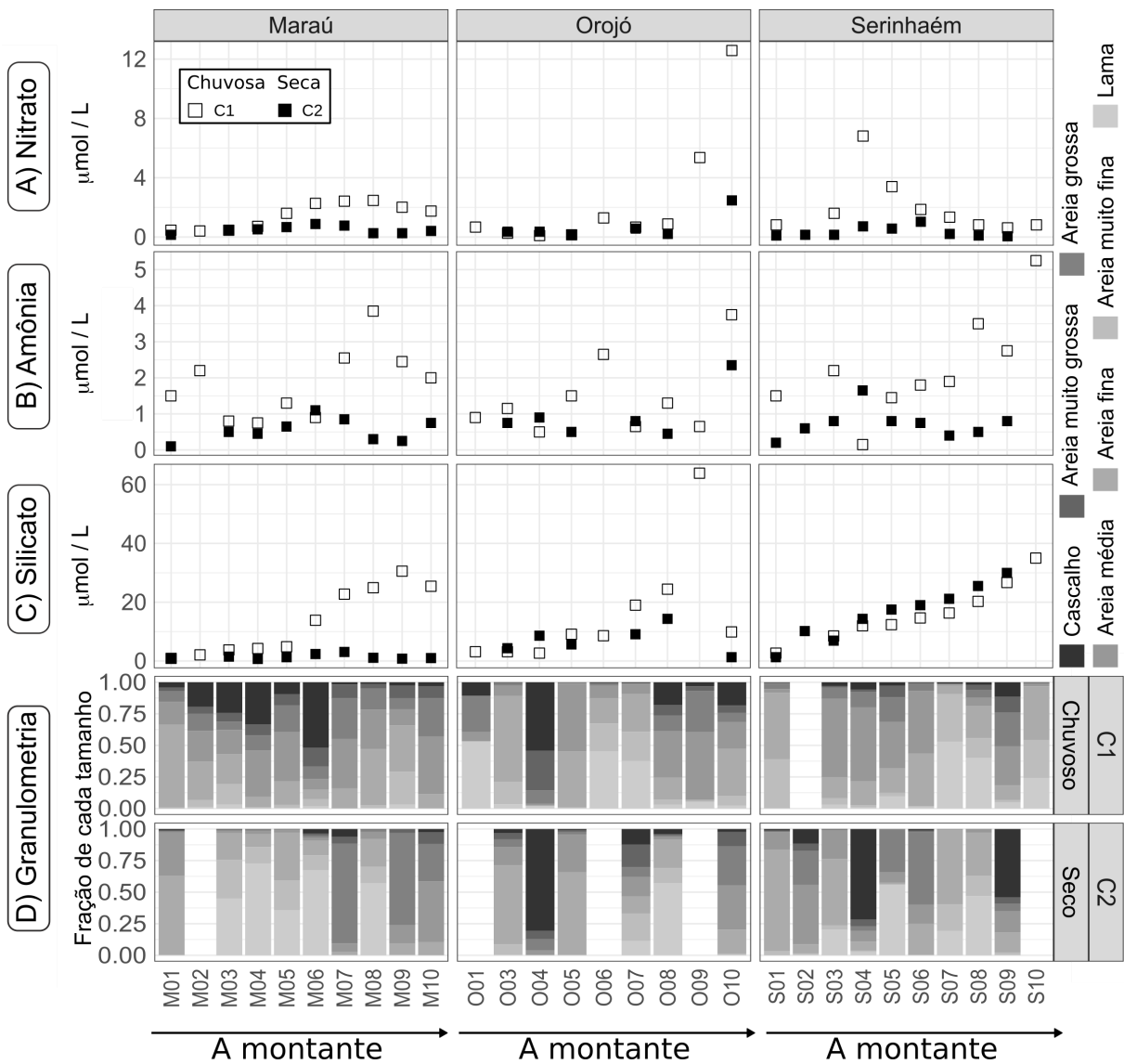
Fig 1.4 - Valores de fósforo total, fosfato e nitrogênio total de todas as amostras na Baía de Camamu.



Os pontos brancos simbolizam as amostras coletadas na estação chuvosa e os pretos na seca.

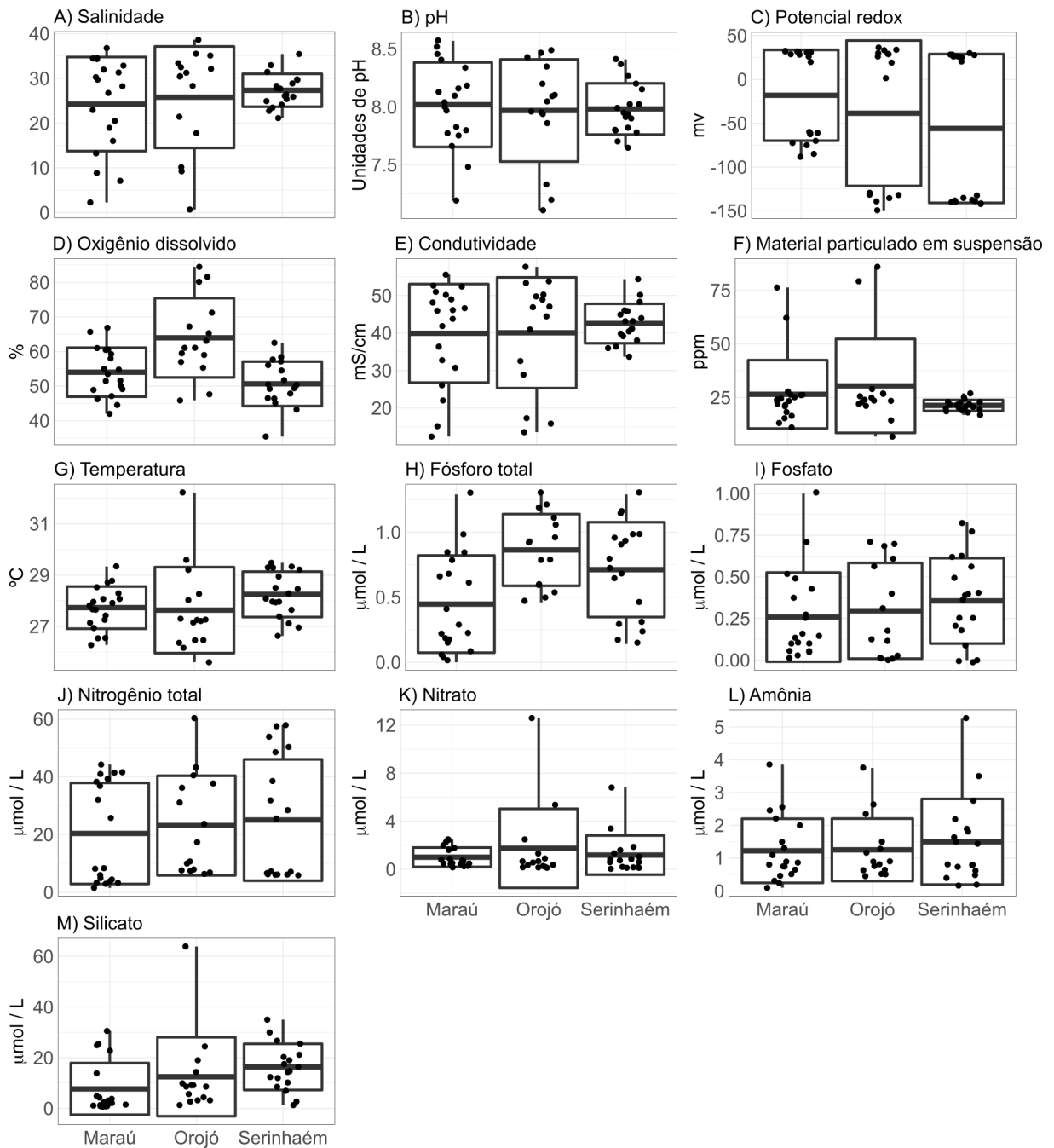
Em contraste, as concentrações de nitrato, amônia e silicato foram maiores durante a estação chuvosa, quando também cresceram a montante (Fig. 1.5 A, B e C). Entretanto, a granulometria não seguiu nenhum padrão claro, seja em termos da distância da baía, seja em termos de estação ou rios. Os tamanhos de grãos mais comuns foram, em ordem decrescente de frequência, areia média (17 amostras), areia fina (15 amostras), seguidas por lama (12 amostras), cascalho (seis amostras), areia grossa (quatro amostras) e areia muito fina (uma amostra; Fig. 1.5 D).

Fig 1.5 - Valores de nitrato, amônia, silicato e granulometria de todas as amostras na Baía de Camamu.



Os pontos brancos simbolizam as amostras coletadas na estação chuvosa e os pretos na seca.

Fig 1.6 - Propriedades físico-químicas da água na Baía de Camamu.



Em todos os boxplots, as linhas horizontais representam as médias e cada variáveis em cada rio, os retângulos representam o intervalo de um desvio padrão, as linhas verticais os valores máximos e mínimos e os pontos os valores de cada amostra.

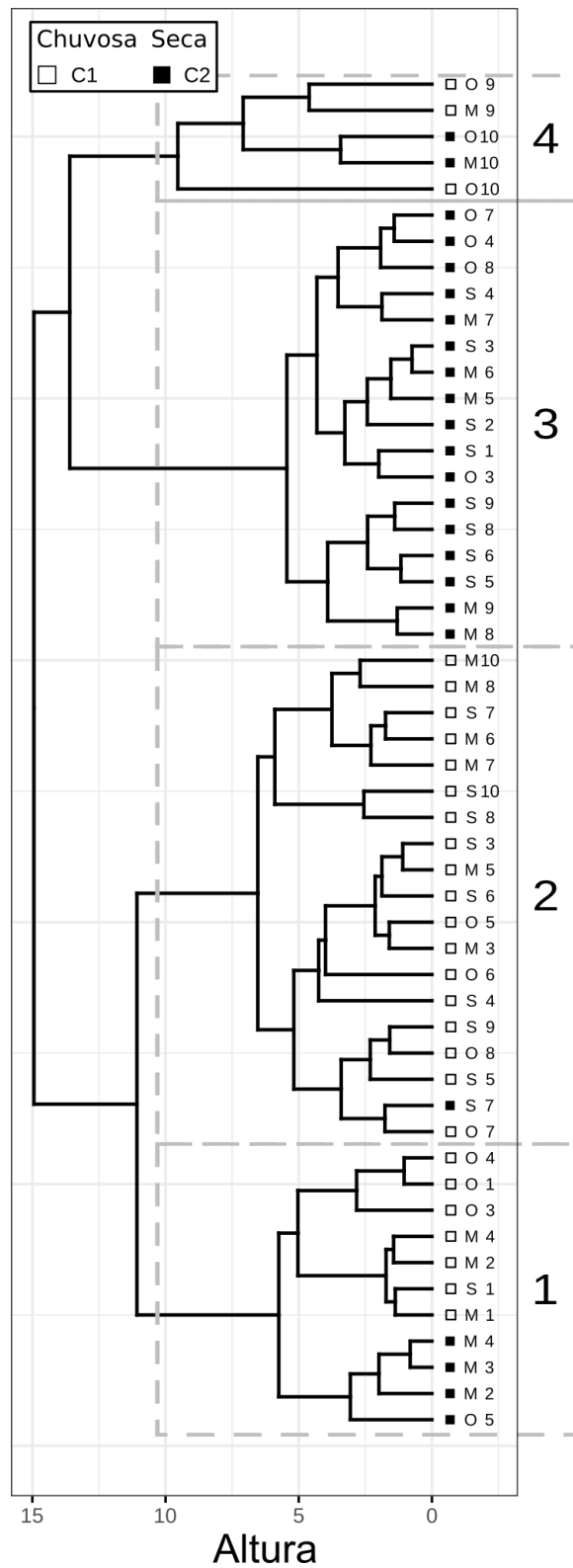
1.4.2 - Análise físico-química da água.

Apenas dois pares de variáveis ambientais foram consideradas altamente correlacionadas (i.e., $\geq 80\%$) na matriz de correlação, especificamente, os pares nitrogênio total e potencial de oxirredução (92%) e salinidade e condutividade (88%). Como resultado, nós removemos as variáveis condutividade e potencial de

oxirredução de todas as análises de ordenação (i.e., dendrograma hierárquico, PCA e CCA) e dos GAMs, mas mantemos salinidade e nitrogênio total.

Nosso dendrograma hierárquico para as variáveis físico-químicas da água (Fig. 1.7) agrupou quase todas as amostras da estação chuvosa em um clado distinto daquelas amostras da estação seca após o primeiro nodo. Podemos distinguir as amostras em quatro grupos, nomeadamente Grupo 1, majoritariamente composto por amostras de origem marinha (i.e., os sítios mais próximos da BC); Grupo 2 foi principalmente formado por amostras fluviais e de posição intermediária relativamente à BC coletadas durante a estação chuvosa nos três rios, com a exceção da amostra do sítio S7 coletada durante a estação seca; o Grupo 3 foi composto de amostras coletadas na estação seca dos três rios; finalmente, o Grupo 4 incluiu majoritariamente amostras mais fluviais dos rios Maraú e Orojó em ambas as campanhas.

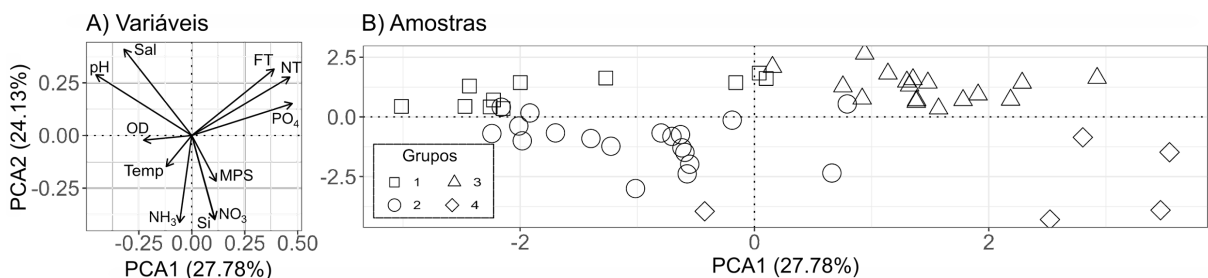
Fig 1.7 - Dendrograma hierárquico das amostras baseado nas propriedades físico-químicas da água da Baía de Camamu.



Os ícones simbolizam as campanhas (branco: estação chuvosa; preto: estação seca); as letras M, O e S simbolizam os rios Maraú, Orojó e Serinhaém, respectivamente; cada sítio é identificado por pequenos números os sítios e cada grupo por grandes números.

A PCA revelou que quase não houve sobreposição entre os grupos de amostras que foram definidos pelo dendrograma hierárquico (Fig. 1.8). No total, os primeiros dois componentes principais explicaram 56,29% da variação. As variáveis salinidade e pH foram negativamente relacionadas com o primeiro eixo da PCA, enquanto fósforo total, fosfato e nitrogênio total foram positivamente correlacionadas. Já as variáveis nitrato e amônia foram mais marcadamente negativamente relacionadas com o segundo eixo da PCA. As amostras do Grupo 1 ocuparam principalmente o segundo quadrante da PCA (i.e., quadrante superior esquerdo) e foram positivamente correlacionadas com salinidade e pH. Algumas amostras do Grupo 1 se sobrepuseram com outras do Grupo 2; as amostras deste último grupo ocuparam majoritariamente o terceiro quadrante (i.e., quadrante inferior esquerdo). Esta posição indica uma correlação positiva entre este grupo e as variáveis oxigênio dissolvido, temperatura e amônia. Todas as amostras do Grupo 3 se aglomeraram do primeiro quadrante da PCA (i.e., quadrante superior direito) e foram positivamente correlacionadas com fósforo total, nitrogênio total e fosfato. Por fim, diferentemente dos outros grupos, as amostras do Grupo 4 ocuparam majoritariamente o quarto quadrante (i.e., o quadrante inferior direito) e foram positivamente correlacionadas com fósforo total, nitrogênio total, material particulado em suspensão, silicato e nitrato.

Fig 1.8 - O gráfico da PCA das variáveis físico-químicas da água da Baía de Camamu.

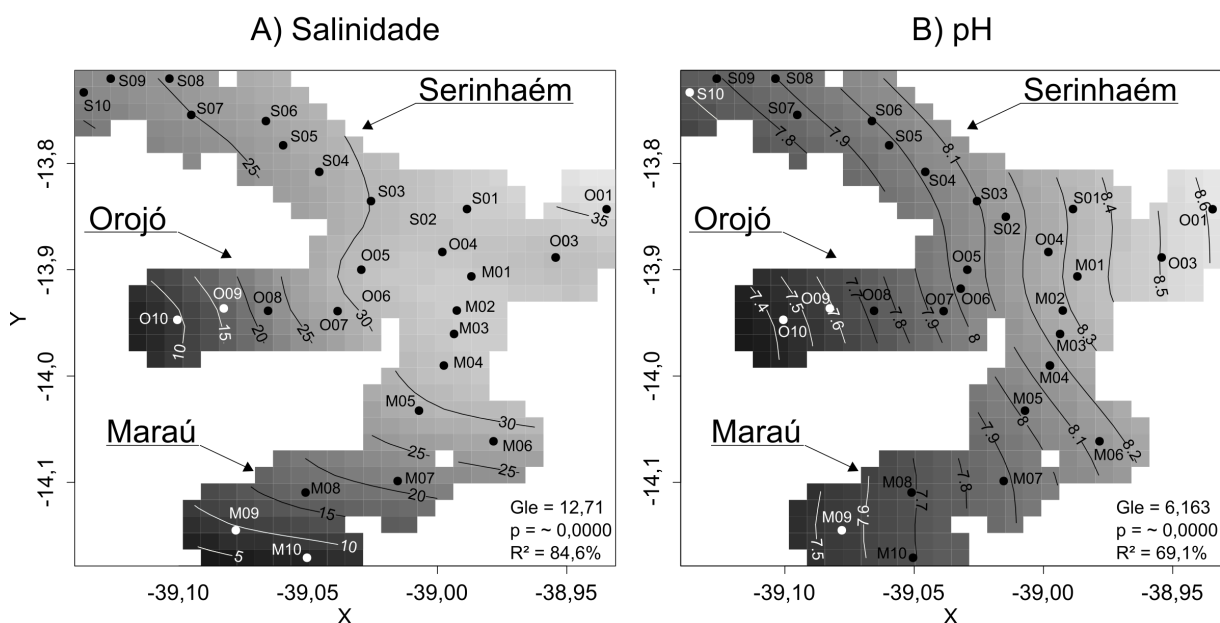


A) intensidade e direção da influência das propriedades físico-químicas da água nos dois primeiros eixos da PCA. B) As amostras distribuídas nos primeiros dois eixos agrupadas pelos grupos determinados no dendrograma hierárquico.

1.4.3 - Modelos da distribuição espacial das variáveis ambientais.

A distribuição espacial das variáveis ambientais, como modelado via GAMs, exibiu resultados significativos para salinidade e pH (significância estatística obtida via teste ANOVA; $p \leq 5\%$; Fig 1.9), com bom poder explicativo ($R^2 > 50\%$) e bons resultados de diagnóstico (Apêndice 4). Como previsto pelo modelo, a salinidade reduz-se gradualmente de cerca 35 até menos que 5, da BC até os trechos mais a montante de seus tributários (Fig 1.9 A). Também, nota-se elevada salinidade medida mais a montante no rio Serinhaém que nos outros dois rios. Para a distribuição do pH, o modelo exibiu grosseiramente o mesmo padrão da salinidade, onde os valores do pH decrescem de cerca 8,5 até cerca de 7,5 seguindo a direção a montante até os tributários da BC (Fig 1.9 B).

Fig 1.9 - Modelos preditivos da distribuição espacial da salinidade (A) e do pH (B).



Os tons de cinza claro indicam maiores valores de cada variável. As linhas são isolinhas (linhas de mesmo valor) para salinidade (A) e pH (B). Gle = graus de liberdade efetivos. M, O e S simbolizam os sítios nos rios Maraú, Orojó e Serinhaém, respectivamente. Algumas linhas e códigos de sítios estão grafados em branco para melhor visibilidade. Figuras com 10% de extrapolação.

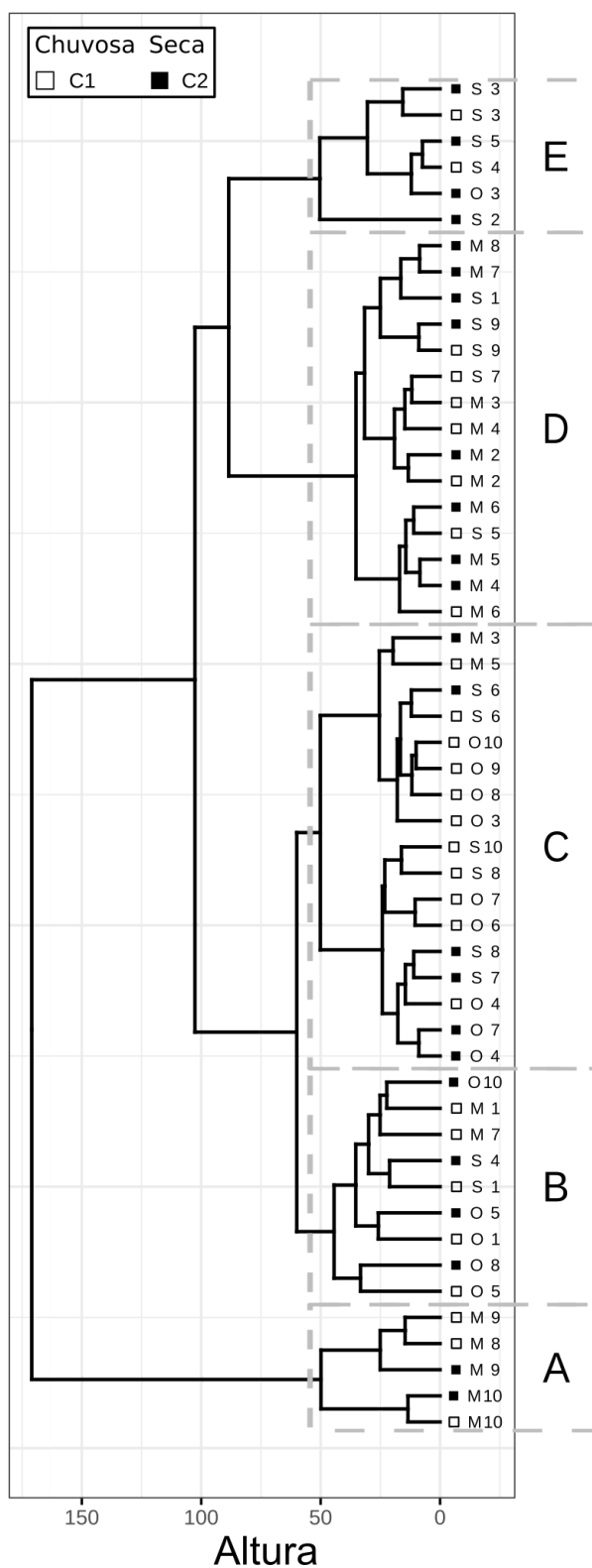
1.4.4 - Análise descritiva das assembleias de diatomáceas.

No total, 41 taxa alcançaram abundância relativa (AR) de, no mínimo, 5% em pelo menos uma amostra. Destas, 29 taxa foram identificadas até o nível de espécie e 12 até o de gênero. Oito foram considerados altamente abundantes (i.e., $RA \geq 20\%$ em, pelo menos, uma amostra). Estes taxa são apresentados em ordem alfabética, com o código para o CCA de cada um entre parênteses e em negrito: *Achnanthes fogedii* Håkansson (**Afo**), *Cymatosira belgica* Grunow (**Cbe**), *Eunotogramma laevis* Grunow (**Ela**), *Fallacia nummularia* (Greville) D.G.Mann (**Fnu**), *Halamphora coffeaformis* (C.Agardh) Levkov (**Hco**), *Paralia sulcata* var. *radiata* Grunow (**Psr**), *Psammococconeis brasiliensis* M.Garcia (**Pbr**) e *Tabularia* sp1 (**Ta1**). 33 taxa foram menos abundantes: *Achnanthes helvetica* (Hustedt) Lange-Bertalot (**Ahe**), *Achnanthes* sp1 (**Ac1**), *Anaulus minutus* Grunow (**Ami**), *Bacillaria paxillifera* (O.F. Müller) T.Marsson (**Bpa**), *Biremis* sp1 (**Bi1**), *Chamaepinnularia clamans* (Hustedt) Witkowski (**Ccl**), *Cocconeis grata* A.W.F.Schmidt ex Romero & Riaux-Gobin (**Cgr**), *Cocconeis placentula* Ehrenberg (**Cpl**), *Cocconeis scutellum* Ehrenberg (**Csc**), *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow (**Cst**), *Cyclotella stylorum* Brightwell (**Csy**), *Delphineis* sp1 (**De1**), *Desikaneis gessneri* (Hustedt) A.K.S.K.Prasad (**Dge**), *Diploneis Litoralis* (Donkin) Cleve (**Dli**), *Eunotogramma* sp1 (**Eu1**), *Fallacia* sp1 (**Fa1**), *Fallacia forcipata* (Greville) Stickle & D.G.Mann (**Ffo**), *Halamphora* sp1 (**Ha1**), *Mastogloia ovata* Grunow (**Mov**), *Navicula raphoneis* (Ehrenberg) Ralfs (**Nrh**), *Navicula* cf. *ramosissima* (**Nra**), *Nitzschia* sp1 (**Ni1**), *Opephora guenter-grassii* Witkowski & Lange-Bertalot (**Ogu**), *Opephora marina* (W.Gregory) Petit (**Oma**), *Opephora olsenii* M.Møller (**Ool**), *Paralia sulcata* var. *coronata* (Ehrenberg) G.W. Andrews (**Psc**), *Planothidium delicatulum* (Kützing) Round & Bukhtiyarova (**Pde**),

Planothidium septentrionalis (Østrup) Round & Bukhtiyarova (**Pse**), *Planothidium* sp1 (**Pa1**), *Pleurosigma* sp1 (**PI1**), *Seminavis* sp1 (**Se1**), *Thalassiosira* sp1 (**Th1**) e *Tabularia waernii* P. Snoeijs (**Twa**).

A maioria das amostras coletadas aqui tiveram apenas um *táxon* altamente abundante (i.e., $AR \geq 20\%$), com nenhum *táxon* altamente abundante em todas as amostras. O dendrograma hierárquico baseado nos dados das assembleias de diatomáceas (Fig. 1.10) agrupou as amostras em cinco grupos (i.e., do A ao E). O Grupo A foi o mais dissimilar dos demais, distinto após o primeiro nodo. Especificamente, este grupo foi composto pelas amostras mas a montante do rio Maraú (i.e., M09 e M10) de ambas as campanhas e da amostra M08 coletada na estação chuvosa. O Grupo B incluiu principalmente amostras da região da baía (i.e., amostras mais a jusante dos três rios). O Grupo C foi também majoritariamente formado por amostras a jusante e a montante do rio Orojó, assim como por amostras a jusante do rio Serinhaém, que foram predominantemente coletadas na estação chuvosa. O Grupo D agregou principalmente amostras da região intermediária dos rios Maraú e Serinhaém da estação seca. Finalmente, o Grupo E reuniu majoritariamente amostras do rio Serinhaém coletadas durante a estação seca.

Fig 1.10 - Dendrograma hierárquico das amostras baseado nas assembleias de diatomáceas da água da Baía de Camamu.

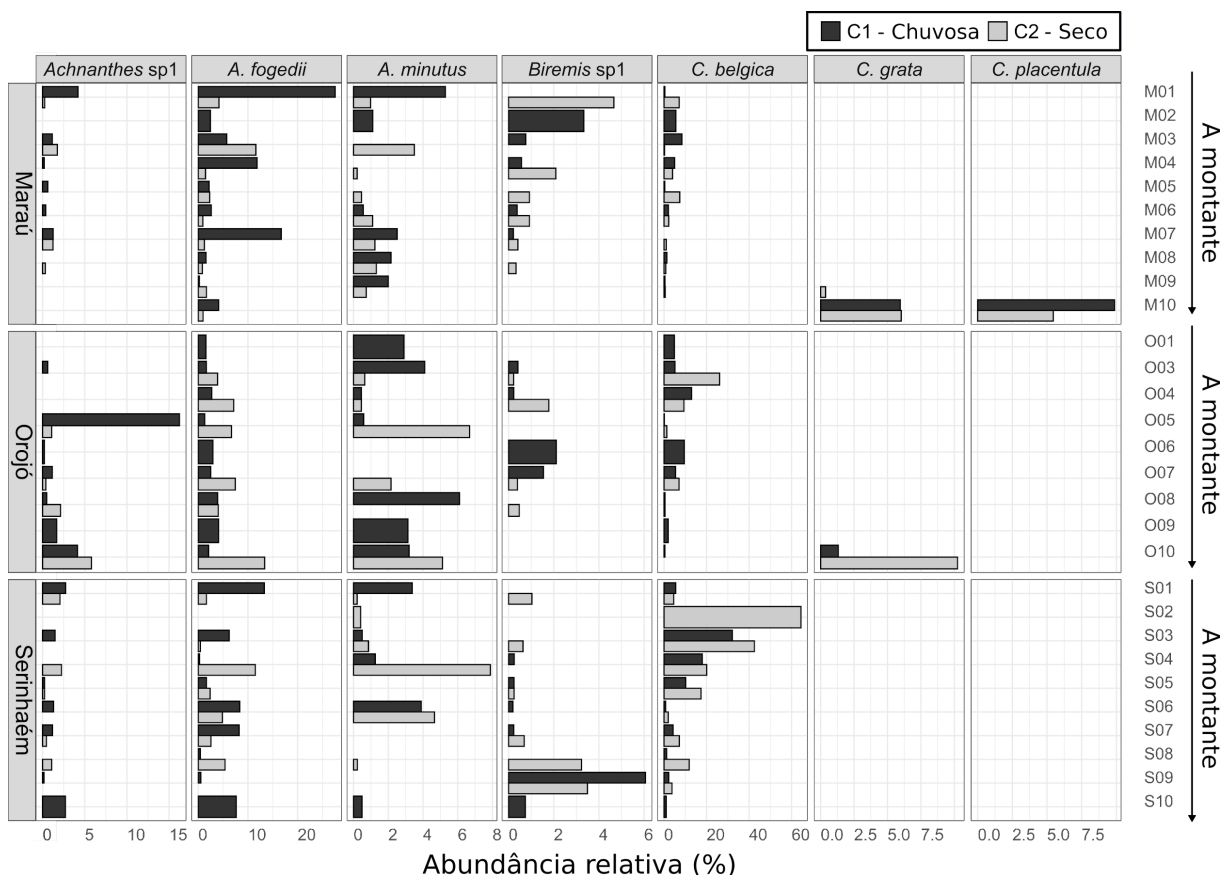


Os ícones simbolizam as campanhas (branco: estação chuvosa; preto: estação seca); as letras M, O e S simbolizam os rios Maraú, Orojó e Serinhaém, respectivamente; cada sítio é identificado por pequenos números os sítios e cada grupo por grandes letras.

Os resultados do teste ANOSIM indicaram que as estruturas das assembleias de diatomáceas foram significativamente diferentes entre os cinco grupos definidos pelo dendrograma acima (Fig 1.10) e entre os três rios (grupos do dendrograma: $p = 0.001$; rios: $p = 0.007$). O teste SIMPER indicou os taxa mais responsáveis pela dissimilaridade entre os grupos (i.e., A-E) e os rios (Maraú, Orojó e Serinhaém), devido às diferenças em suas abundâncias relativas: *Achnanthes* sp1, *A. fagedii*, *A. minutus*, *Biremis* sp1, *C. belgica*, *C. grata*, *C. placentula*, *C. striata*, *C. stylosum*, *D. Litoralis*, *E. laevis*, *F. forcipata*, *F. nummularia*, *Halamphora* sp1, *H. coffeaeformis*, *Nitzschia* sp1, *N. raphoneis*, *P. brasiliensis*, *P. septentrionalis*, *P. sulcata* var. *radiata*, *Thalassiosira* sp1 e *Tabularia* sp1.

A abundância relativa de *A. fagedii* foi mais elevada (27,55%) nos sítios marinhos do rio Maraú, decrescendo a montante. Similarmente, *C. belgica* dominou a assembleias em vários sítios marinhos (i.e., 1 - 4) dos rios Orojó e Serinhaém, particularmente durante a estação seca, alcançando 64,4% de AR, mas esteve menos presente no rio Maraú. A AR de *C. grata* esteve geralmente bem relacionada com condições fluviais. Por exemplo, sua maior AR foi encontrada em O10 (10,24%) durante a estação seca. Da mesma forma, *C. placentula* revelou-se fortemente relacionada com os sítios fluviais (i.e., 7 - 10) do rio Maraú (Fig 1.11).

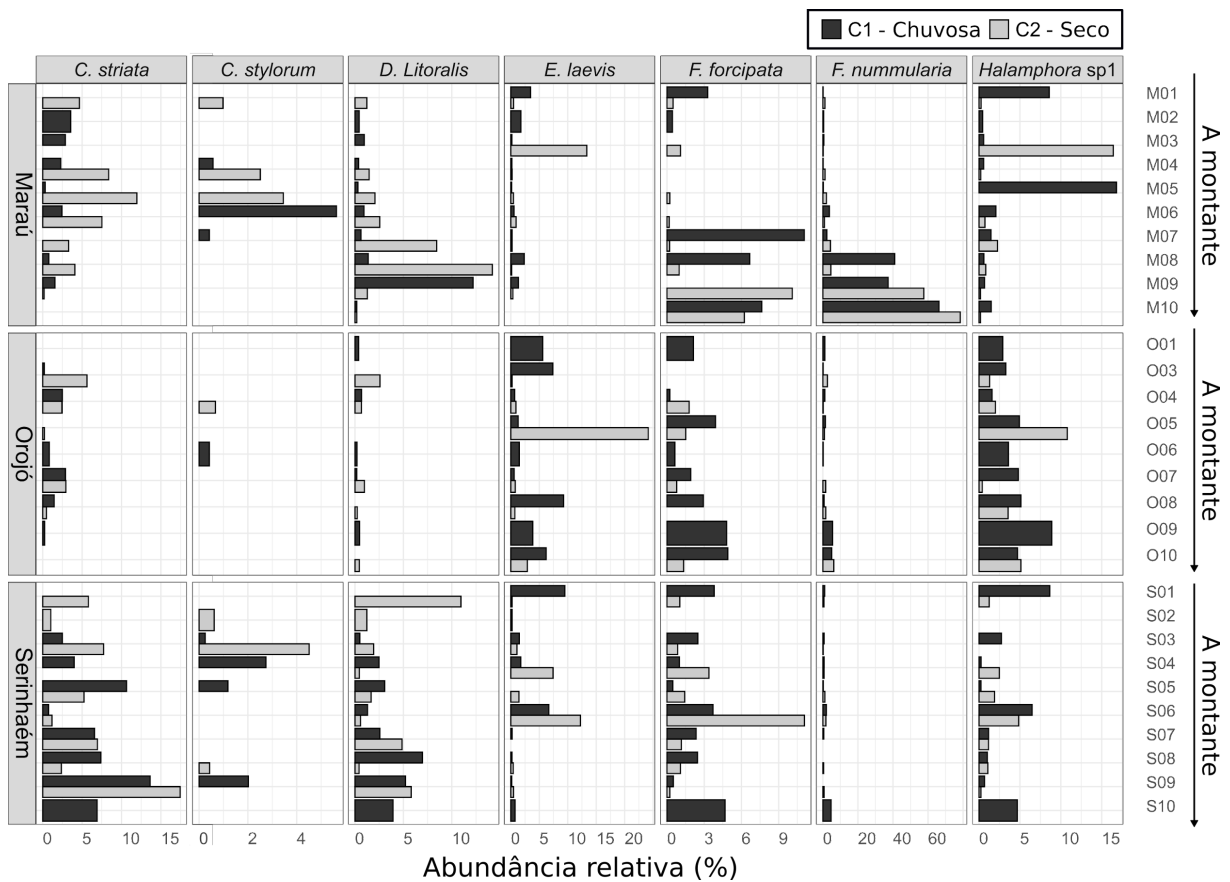
Fig 1.11 - Abundâncias relativas dos taxa de diatomáceas (parte 1).



Apenas os taxa considerados mais importantes pelo teste SIMPER são apresentados.

D. litoralis, *F. forcipata* e *F. nummularia* também aparecem fortemente ligadas às condições mais fluviais do rio Maraú e suas maiores ARs foram encontradas, respectivamente, nos sítios S01 (10,95%), S06 (11,07%) e M10 (78,4%) durante a estação seca. *F. nummularia* ocorreu em pequenas abundâncias em quase todas as amostras, entretanto este *táxon* dominou as assembleias dos sítios mais fluviais do rio Maraú. *Halamphora* sp1 exibiu suas maiores abundâncias nos sítios marinhos do rio Maraú, alcançando 15%. Entretanto, a AR deste *táxon* alcançou apenas 10% no rio Orojó (Fig 1.12).

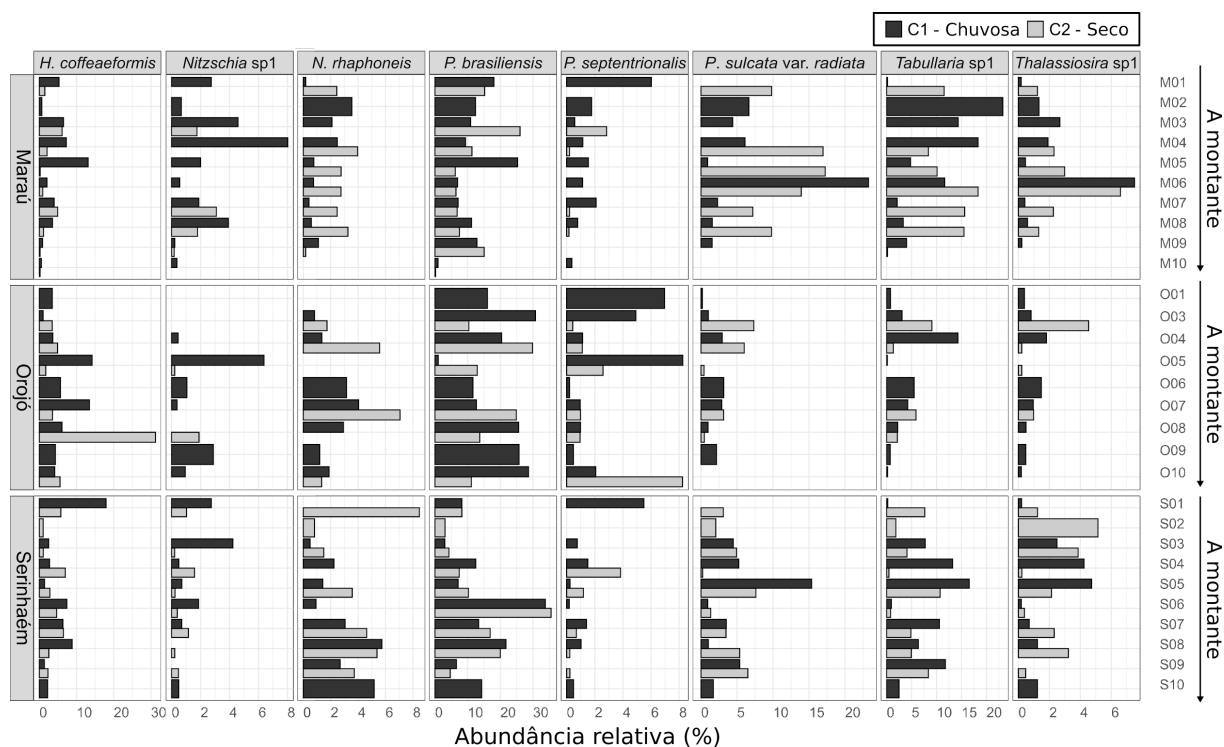
Fig 1.12 - Abundâncias relativas dos taxa de diatomáceas (parte 2).



Apenas os taxa considerados mais importantes pelo teste SIMPER são apresentados.

Em todos os rios da BC, *P. brasiliensis* foi encontrado em elevadas abundâncias (alcançando 35,53% em S06) durante a estação seca. A abundância de *P. sulcata* var *radiata* esteve fortemente ligada à região intermediária dos três rios (i.e., sítios 3 a 8), com AR de 23,26% (sítio M06). Finalmente, *Tabullaria* sp1 alcançou AR de 20% sob condições marinhas no rio Maraú durante a estação chuvosa. Entretanto, no rio Serinhaém durante a estação seca, sua AR cresceu com condições fluviais (i.e. sítios intermediários e fluviais; Fig 1.13).

Fig 1.13 - Abundâncias relativas dos taxa de diatomáceas (parte 3).



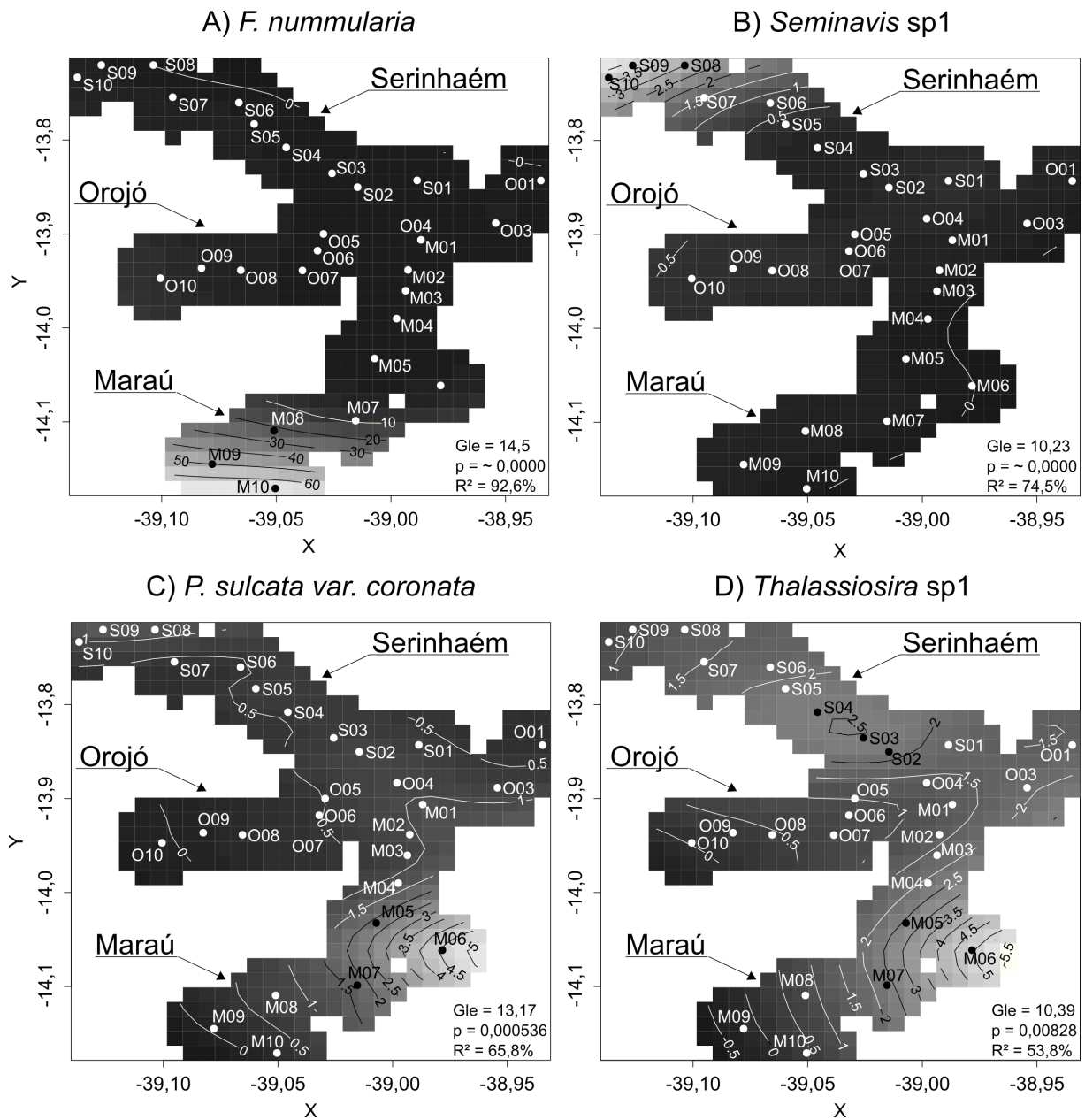
Apenas os taxa considerados mais importantes pelo teste SIMPER são apresentados.

1.4.5 - Modelos da distribuição espacial dos taxa de diatomáceas.

Apenas oito GAMs para a distribuição espacial dos taxa de diatomáceas alcançaram significância estatística ($p = 5\%$) e com alto poder explicativo (i.e., $R^2 \geq 50\%$). Estes correspondem aos taxa *C. belgica*, *D. gessneri*, *Eunotogramma* sp1, *F. nummularia*, *O. olsenii*, *P. sulcata* var. *coronata*, *Seminavis* sp1 e *Thalassiosira* sp1. Entretanto, apenas quatro destes (para *F. nummularia*, *P. sulcata* var. *coronata*, *Seminavis* sp1 e *Thalassiosira* sp1) exibiram bons resultados de diagnóstico e foram, portanto, considerados para a análise good diagnostic results and were considered for further analysis (os dados de diagnóstico podem ser encontrado no Apêndice 4).

Entre os modelos considerados acima, dois foram baseados em taxa bentônicos (i.e., *F. nummularia* e *Seminavis* sp1). Estes taxa apresentaram-se fortemente correlacionados com condições fluviais, especificamente nos rios Marau e Serinhaém, respectivamente. Entretanto, estes taxa estiveram quase ausentes em qualquer outro sítio (Fig. 1.14 A e B). Os outros dois modelos foram baseados em taxa tichoplanctônicos (i.e., *P. sulcata* var. *coronata* e *Thalassiosira* sp1), e foram correlacionados as regiões intermediárias dos rios Marau e Serinhaém (Fig. 1.14 C e D).

Fig 1.14 - Modelos preditivos da distribuição espacial das abundâncias relativas de *F. nummularia*, *Seminavis* sp1, *P. sulcata* var. *radiata* e *Thalassiosira* sp1.



Os tons de cinza claro indicam maiores valores de cada variável. As linhas são isolinhas (linhas de mesmo valor) para a abundância relativa dos taxa. Gle = graus de liberdade efetivos. M, O e S simbolizam os sítios nos rios Maraú, Orojó e Serinhaém, respectivamente. Algumas linhas e códigos de sítios estão grafados em branco para melhor visibilidade. Figuras com 10% de extrapolação.

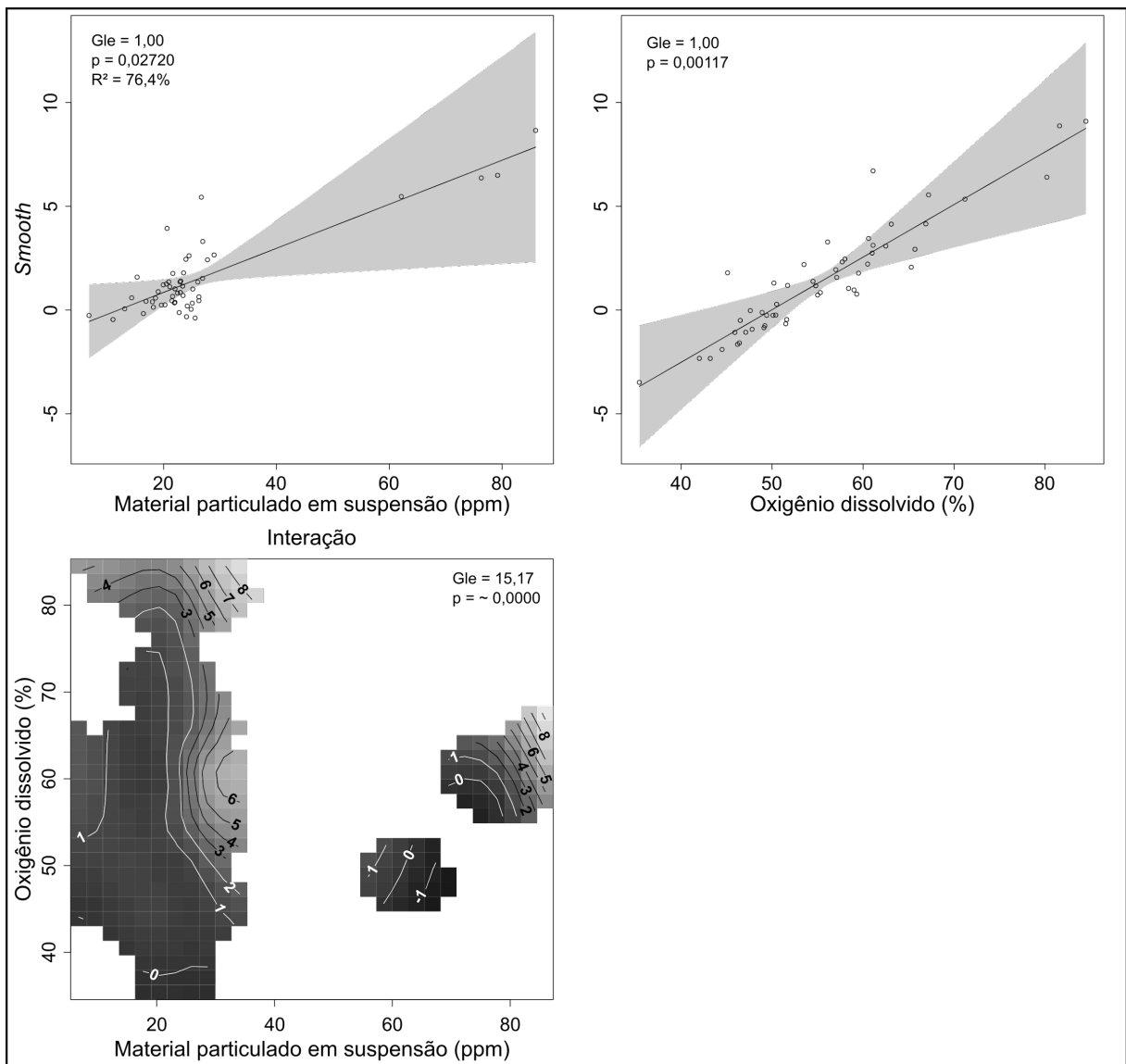
1.4.6 - Modelos das relações entre a abundância dos taxa de diatomáceas e as variáveis ambientais.

A análise de diagnóstico identificou elevada concurvidade ($\geq 80\%$) entre as variáveis salinidade e material particulado em suspensão e entre silicato e amônia. Assim, todos os modelos com efeitos aditivos combinados destes dois pares de variáveis não foram considerados para análise.

Os GAMs que testaram a potencial relação entre as abundâncias relativas dos *taxa* de diatomácea e as variáveis ambientais (i.e., variáveis estruturantes) alcançaram resultados significativos e com elevado poder explicativo (i.e., $p \leq 5\%$, $R^2 > 50\%$) foram 13 e incluem aqueles para: *B. paxillifera*, *C. scutellum*, *D. gessneri*, *Delphineis* sp1, *Eunotogramma* sp1, *F. forcipata*, *F. nummularia*, *Fallacia* sp1, *M. ovata*, *Nitzschia* sp1, *O. olsenii*, *P. septentrionalis* e *Planothidium* sp1. Entretanto, dado que os diagnósticos para a maioria destes modelos exibiram resultados insatisfatórios (e.g., revelando resíduos não normalmente distribuídos, forte heterocedasticidade, com possíveis vieses e com duvidosas relações com o preditor; Apêndice 4), apenas os modelos para quatro *taxa* foram considerados para análise (i.e. *Delphineis* sp1, *F. forcipata*, *O. olsenii* e *P. septentrionalis*).

Deste quatro modelos considerados, aquele feito para *P. septentrionalis* evidenciou que este *táxon* foi correlacionado a oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão e a interação entre estas duas variáveis. O efeito desta interação foi máximo quando OD esteve entre 60 e 80% e MPS em 40 e 80 ppm (Fig. 1.15).

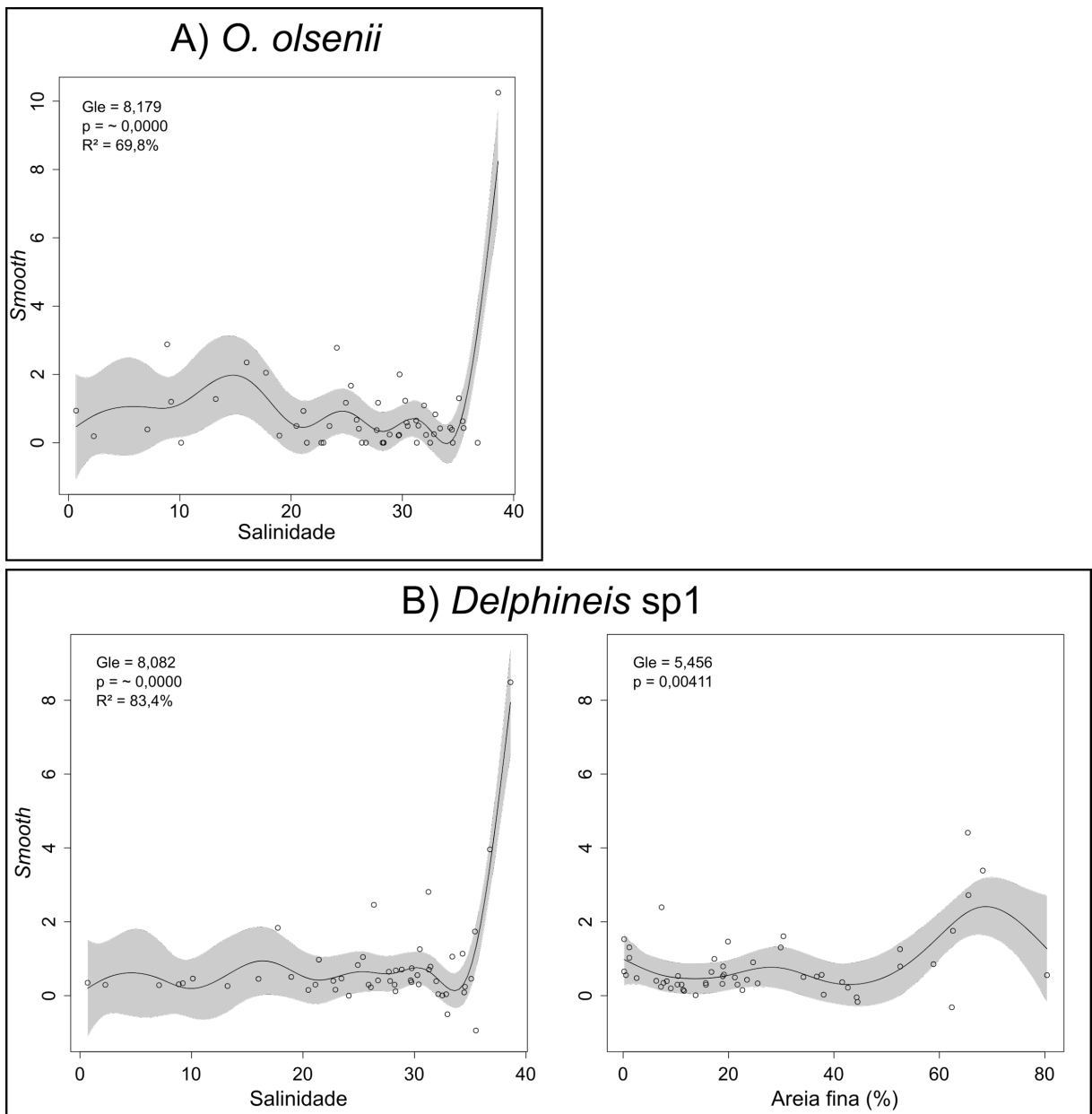
Fig 1.15 - Modelo preditivo da correlação entre as abundâncias relativas de *P. septentrionalis* e material particulado em suspensão, oxigênio dissolvido e a interação entre estas duas variáveis.



Os pontos são os resíduos e as áreas cinzas representam o intervalo de confiança de 95%. Gle = graus de liberdade efetivos. No gráfico de interação, tons de cinza mais claros indicam maiores valores para o efeito da interação entre variáveis e as linhas são isolinhas (linhas de mesmo valor) para a força do efeito da interação. Algumas linhas e códigos de sítios estão grafados em branco para melhor visibilidade.

Dois taxa, *O. olsenii* e *Delphineis* sp1, exibiram receber uma significativa influência da salinidade. De fato, salinidade exerceu seu máximo efeito positivo sobre a abundância de *O. olsenii* quando seu valor foi 40. Entretanto, devido a limitações do método dos GAMs, a interpretação deste resultado é difícil, uma vez que o máximo efeito ocorre no final da distribuição da salinidade (Fig. 1.16 A). Similarmente, *Delphineis* sp1 também foi fortemente relacionada com elevada salinidade. Além disto, a categoria sedimentológica “areia fina” também esteve positivamente relacionado às abundâncias de *Delphineis* sp1, cujo efeito foi máximo quando esta variável esteve entre 60% e 80% (Fig. 1.16 B).

Fig 1.16 - Modelo preditivo da correlação entre as abundâncias relativas de *O. olsenii* e salinidade (a) e entre as abundâncias de *Delphineis sp1* e salinidade e areia fina (b).

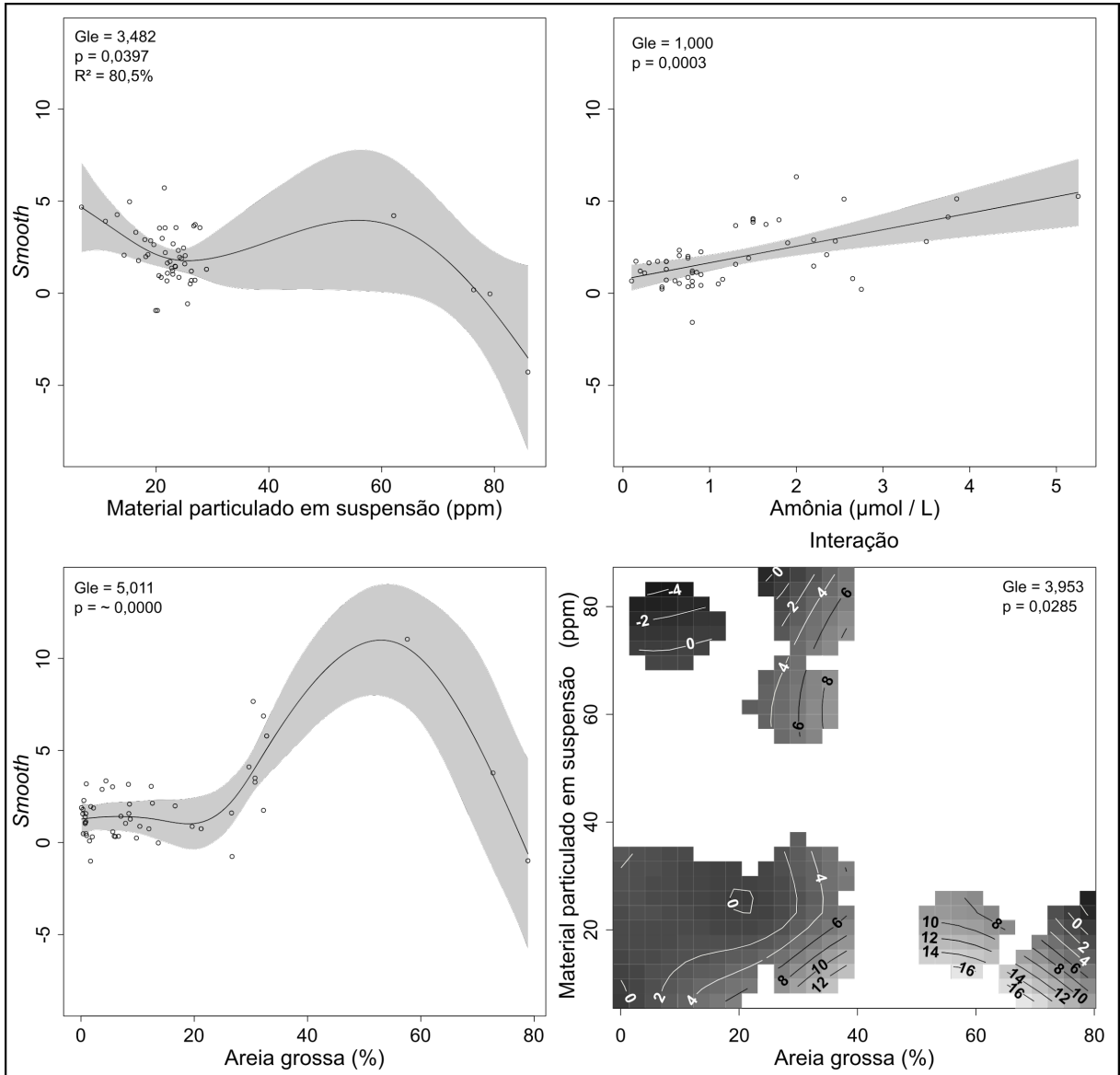


Os pontos são os resíduos e as áreas cinzas representam o intervalo de confiança de 95%. Gle = graus de liberdade efetivos.

O último modelo testou a potencial relação entre as abundâncias relativas de *F. forcipata* e as variáveis material particulado em suspensão, amônia e areia grossa, relação que exibiu forte poder explicativo ($R^2 = 80.5\%$; Fig. 1.17). As relações do *táxon* com material particulado em suspensão e areia grossa foram não lineares, mas foi linear e positiva com amônia. Além disso, a interação entre material particulado em suspensão e areia grossa também teve efeito significativo sobre abundância relativa deste *táxon*. Entretanto, a AR dos *táxon* foi negativamente correlacionada com material particulado em suspensão, com dois picos de abundância (Fig 1.17), especificamente nas concentrações de 10 e 60 ppm. As maiores ARs de *F. forcipata* ocorreram quando areia grossa esteve em 60%,

decrecendo com o incremento na proporção de areia grossa a partir deste ponto. Entretanto, o pequeno número de amostras com esta concentração de areia grossa (i.e., 60%) reduz a confiança no modelo. A interação entre as variáveis areia grossa e material particulado em suspensão exerceu efeito máximo sobre as ARs de *F. forcipata* em 60% e 15 ppm, respectivamente.

Fig 1.17 - Modelo preditivo da correlação entre as abundâncias relativas de *F. forcipata*, material particulado em suspensão, amônia e areia grossa.



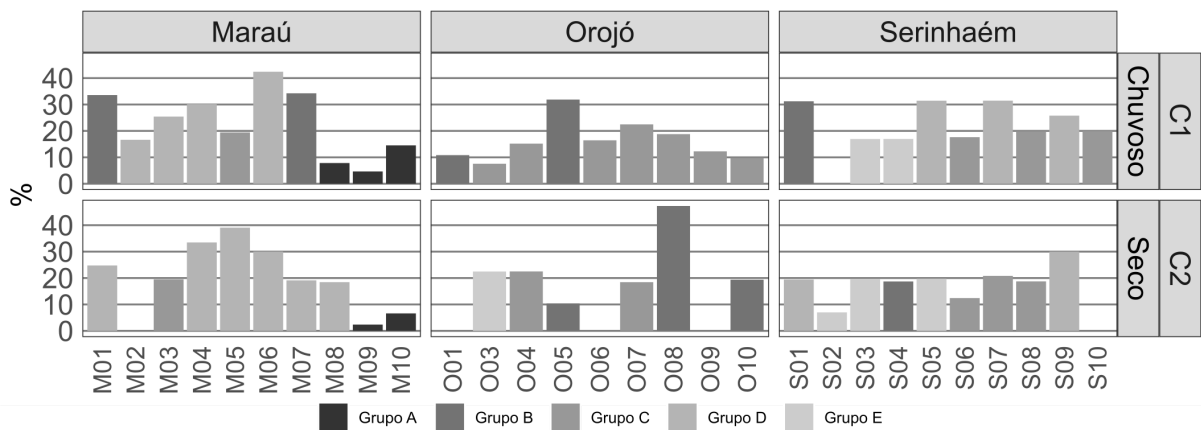
Os pontos são os resíduos e as áreas cinzas representam o intervalo de confiança de 95%. Gle = graus de liberdade efetivos. No gráfico de interação, tons de cinza mais claros indicam maiores valores para o efeito da interação entre variáveis e as linhas são isolinhas (linhas de mesmo valor) para a força do efeito da interação. Algumas linhas e códigos de sítios estão grafados em branco para melhor visibilidade.

1.4.7 - Percentual de espécies indicadoras.

Identificamos 11 taxa como indicadora de eutrofização e/ou poluição orgânica seguindo a bibliografia mencionada na seção 1.3.3, nomeadamente *A. fagedii*, *B.*

paxillifera, *C. placentula*, *C. striata*, *C. stylorum*, *H. coffeaeformis*, *O. marina*, *P. delicatulum*, *P. sulcata* var. *coronata*, *P. sulcata* var. *radiata* e *T. waernii*. Considerando todas as amostras, o percentual de taxa indicadores abrangeu de 2,38% (sítio M09 na estação seca) a 47,28% (O08 também na estação seca), com média igual a 20,88% (desvio padrão de 9,59%; Fig 1.18). Não houve diferença em termos deste percentual entre as campanhas, como indicado pelo Teste T de Student (estação chuvosa [média: 20,90%, dp: 9,37%, n = 28], estação seca [média: 20,84%, dp: 9,85%, n = 24], p = 0,98). Apenas 20 amostras registraram um percentual de espécies indicadoras superior a 20% (38% do total de amostras).

Fig 1.18 - Percentual de taxa de diatomáceas indicadoras de eutrofização e poluição orgânica.



Os tons de cinza indicam os grupos (i.e., Grupos A a E) definidos no dendrograma hierárquico baseado nos dados das assembleias de diatomáceas.

Considerando os cinco grupos distintos pelo dendrograma hierárquico (i.e., Grupos A a E; Fig 10), o percentual foi de 2,38 a 14,53% (média de 7,20% ± 4,10 dp, n = 5), de 10,35 a 47,28 (média de 26,38% ± 11,60 dv, n = 9), de 7,57 a 22,50% (média de 17,16% ± 4,20 dv, n = 17), 16,64 a 42,40% (média de 27,84% ± 7,26 dv, n = 15) e de 7,00 a 22,47% (média de 17,11% ± 4,90 dv, n = 6), respectivamente. Os grupos foram considerados estatisticamente diferentes no que diz respeito a este percentual (ANOVA: p = 0,00).

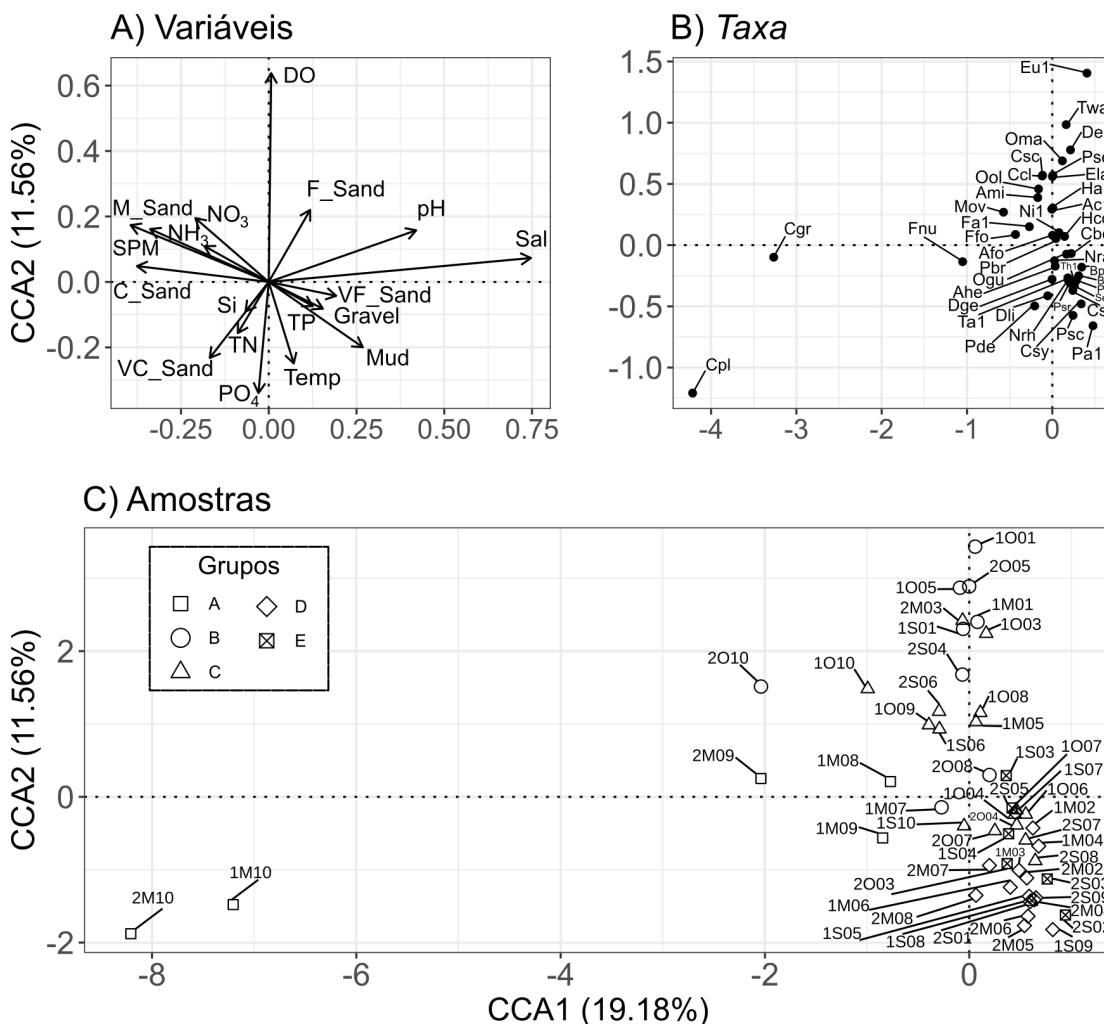
1.4.8 - Relação entre as assembleias de diatomáceas e as variáveis ambientais.

O teste de permutação de Monte Carlo (com 999 permutações) indicou resultado significativo do modelo da CCA F = 1,3561; p = 0,035). Os pequenos *eigenvalues* (1º eixo: 0,1918; 2º eixo: 0,1156; 3º eixo: 0,0506; 4º eixo: 0,0389) indicam que apenas uma pequena parte da variância da estrutura da comunidade foi explicada por cada eixos da CCA. Os componentes restringidos explicaram 42,52% do total da variação das comunidades de diatomáceas. Especificamente, 30,44% desta variação explicada pelos quatro primeiros eixos, com 14,71% quando considerando apenas o primeiro eixo, que foi o único eixo considerado significativo pelo teste de Monte Carlo (p = 0,046).

Segundo o CCA, as mudanças na estrutura das assembleias foram explicadas apenas por uma variável, a salinidade, que foi importante no primeiro eixo e foi considerada significativa pelo teste de permutação de Monte (i.e., p = 0,001).

A análise dos diagramas do CCA (Fig. 1.19) revelou que as amostras estão principalmente posicionadas ao longo do segundo eixo, o que indica uma resposta à variação do oxigênio dissolvido e do fósforo majoritariamente. Essas assembleias podem ser divididas em dois agrupamentos com base na estação e no grupo definido pelo dendrograma hierárquico: o primeiro agrupamento está posicionado na porção positiva (porção superior) do segundo eixo e reúne majoritariamente amostras da estação chuvosa e pertencentes aos grupos B e C, que estão positivamente relacionadas com oxigênio dissolvido. Nestas amostras são muito abundantes os taxa *Eunotogramma* sp1 e *T. waernii*. O segundo agrupamento está posicionado na porção negativa (inferior) do segundo eixo e inclui principalmente amostras da estação seca e dos grupos D e E, que estão positivamente relacionadas com salinidade e fósforo. Estas amostras abrigam elevadas proporções de *Planothidium* sp1, *P. sulcata* var. *coronata* e *C. stylorum*.

Fig 1.19 - Os diagramas do CCA.



A) diagrama das variáveis ambientais; B) diagrama dos taxa; C) diagrama das amostras: a forma dos pontos representa os grupos (A ao E) definido pelo dendrograma hierárquico baseado nas assembleias de diatômáceas.

A maior variação na estrutura das assembleias foi encontrada ao longo do primeiro eixo da CCA. Esta variação envolveu amostras de sítios mais a montante (mais

fluviais), três do rio Maraú (M08, M09 e M10) e uma amostra do rio Orojó (O10). Estas amostras se caracterizaram pela presença conspícua dos taxa *F. nummularia*, *C. grata* e *C. placentula*.

1.5 - Discussão.

1.5.1 - Variáveis ambientais.

A região nordeste do Brasil suporta extensos ecossistemas estuarinos e de manguezais. Por seus atributos físicos tais ecossistemas são fortemente influenciados por processos hidrodinâmicos (MAIA et al., 2018), os quais podem exercer grande influência sobre os padrões de salinidade. Observamos aqui uma transição progressiva do ambiente marinho para o de água doce (a montante), o que é coerente com outros ambientes estuarinos. Este padrão foi espelhado pelas mudanças previsíveis no pH e na condutividade. De fato, estas três variáveis são altamente correlacionadas, dado suas propriedades físico-químicas (CLEAN WATER TEAM - CWT, 2004; COVINGTON; WHITFIELD, 1988).

O gradiente de salinidade medido na BC segue proximamente os padrões observados em outros ecossistemas estuarinos da região nordeste do Brasil. Por exemplo, a salinidade nos rios Maraú e Orojó foram de 2,27 a 36,8 e de 0,68 a 38,6, (respectivamente), o que é comparável com o encontrado nos estuários dos rios Mamanguape (1,0 - 37,0) e Paraíba (2,0 - 35,0), no estado da Paraíba (ALVES et al., 2016), e do rio São Francisco (0,03 - 28,47), nos estados de Alagoas e Sergipe (BARBOSA, 2011). O rio Serinhaém se caracterizou por longas incursões de água marinha (mais profundamente dentro do estuário; Fig 1.2 A e 1.9 A). O gradiente de salinidade encontrado neste rio foi similar que aquele encontrado nos rios Camurim (25,0 - 47,0) e Pisa Sal (34 - 41), localizados nos estado do Piauí e Rio Grande do Norte, respectivamente (ROLEMBERG et al., 2008; SANTIAGO et al., 2005). Assim, em termos de salinidade, a BC se caracteriza por gradientes similares com outros estuários nordestinos.

A água dos tributários da BC é ligeiramente alcalina e exibe pequena variabilidade. Os valores médios mínimos e máximos do pH foram 7,32 e 8,49 (respectivamente), com média de $7,99 \pm 0,34$ dv (Fig 6 B). Em contraste, outros estuário na região nordeste se caracterizam por maior variabilidade no pH (MAIA et al., 2018), incluindo os rios Camurim (7,1 a 9,0; ROLEMBERG et al., 2008), Pisa Sal (7 a 8,58; SANTIAGO et al., 2005), Paraíba (6,7 a 9,2; ALVES et al., 2016) e Botafogo (6,92 a 8,68; OTSUKA et al., 2014). Como apontado por Maia (Op. cit.), tal variabilidade físico-química sugere que a entrada de água doce exerce uma influência mais forte nestes demais estuários nordestinos que o observado na BC. Assim, contrastando, as águas da BC são comparativamente mais tamponadas (i.e., por maiores concentrações de bicarbonato-borato) e se mantêm mais próximas da neutralidade (i.e., 5,0 a 9,0).

Determinamos que a salinidade, o pH e a condutividade exerceram os mais fortes papéis estruturantes sobre as assembleias de diatomáceas da BC. De fato, estas variáveis são, usualmente, filtros ambientais que afetam a regulação osmótica (KIRST, 1989), taxas de crescimento (ADENAN; YUSOFF; SHARIFF, 2013), acumulação de lipídios (ASULABH; SUPRIYA; RAMACHANDRA, 2012; CHURCH et

al, 2017), conteúdo de clorofila (SIGAUD; AIDAR, 1993), distribuição espacial (CHIA et al., 2011). Além disso, pH pode afetar a especiação de elementos traço presentes no ambiente aquático, incluindo metais, os quais podem ter efeitos tóxicos sobre as microalgas (COVINGTON; WHITFIELD, 1988; GOLDMAN, 1973; MOSS, 1973; PETERSON; HEALEY; WAGERMANN, 1984).

A análise do dendrograma baseado nas propriedades físico-químicas da água (Fig. 1.7) sugere um efeito forte da salinidade no agrupamento das amostras. Por exemplo, os grupos 1, 2 e 4, que são majoritariamente compostos, respectivamente, por amostras marinhas (a jusante) de todos os rios, por amostras intermediárias e fluviais dos rios Maraú e Orojó e amostras mais fluviais (a montante) dos rios Maraú e Orojó. Assim, a salinidade aparece como elemento de distinção entre estes grupos. Entretanto, Grupos 1 e 2 também se distinguem pelas diferenças de pH, oxigênio dissolvido, condutividade, nitrato, amônia e silicato. De fato, o Grupo 2 ocorre principalmente na zona de transição do ambiente marinho para o salobro.

As reduções observadas em condutividade e material particulado em suspensão observadas a montante são consistentes com as esperadas baixas salinidade e energia de ondas, respectivamente. O incremento súbito de material particulado em suspensão nos sítios 09 e 10 (os mais fluviais) dos rios Maraú e Orojó podem ser o resultado da combinação entre impactos naturais e antrópicos, especificamente, a entrada de sedimento e matéria orgânica particulada oriundos dos mangues. De fato, o material particulado em suspensão foi um importante fator distinguindo o grupo 4 dos demais.

O Grupo 3 foi composto por quase todas as amostras coletadas durante a estação seca (Fig 1.7). Este grupo destacou-se por suas maiores concentrações dos três macronutrientes (i.e., fósforo total, nitrogênio total e fosfato), que exibiram uma tendência a aumentar a montante. Tal incremento em concentração pode ser explicado pela redução na diluição, que resulta de menores entradas de água da chuva na estação seca. Este impacto tende a ser ainda maior a montante graças ao menor fluxo dos rios (nível da água). finalmente, o potencial de oxirredução foi importante no Grupo 3. De fato, uma substancial diferença nos seus valores foram encontrados entre as estações chuvosa e seca (Fig 1.2 C). Como esta variável (Redox) depende de processos complexamente integrados (e.g., atividade microbiótica, que são controladas por diversas condições ambientais), interpretar estes dados é muito difícil (FIEDLER; VEPRASKAS; RICHARDSON, 2007). De qualquer forma, maior decomposição de matéria orgânica durante a estação seca (como resultado de maior produtividade) pode se traduzir em maiores concentrações de nutrientes, o que pode afetar o potencial de oxirredução.

1.5.2 - Distribuição dos Taxa.

Embora *F. nummularia* seja um *táxon* polihalino, suas populações se concentraram nas amostras mais fluviais (as mais a montante) do rio Maraú. Essas regiões fluviais foram consideradas mais preservadas, como sugere seus menores percentuais de *taxa* indicadores. Similarmente a *F. nummularia*, outro *táxon* bentônico, *Seminavis* sp1, foi abundante nas regiões fluviais do rio Serinhaém River. Dado que este

gênero é altamente tolerante a grandes variações de salinidade e condutividade, ele é um fraco indicador em estudos de autoecologia.

Nós determinamos que dois taxa tichoplanctônicos, *P. sulcata* var. *coronata* e *Thalassiosira* sp1 foram fortemente relacionados com a região circundante do sítio M06 (caracterizado por sua elevada porcentagem de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica durante ambas as campanhas). Interpretar esses resultados é desafiador graças ao fato desta área ser distante da costa e estes taxa são adaptados a condições marinhas e salobras e com elevado hidrodinamismo (MORO; FÜRSTENBERGER, 1997; SOLAK et al., 2012). Assim, a presença destes taxa sugerem que elevado hidrodinamismo ocorre nesta seção do estuário, o que pode ser explicado por uma série de possíveis fatores: condições orográficas (i.e., características geomorfológicas afetando a circulação da água) ou a presença de entradas fluviais próximas. A análise granulométrica (i.e., Fig. 1.5 D) revelou elevada concentração de sedimento fino no sítio M06 durante a estação seca e elevado percentual de cascalho e areia grossa na estação chuvosa. Tal mudança na granulometria sugere que distintos regimes energéticos sazonais ocorrem nesta região, o que pode influenciar a estrutura local das assembleias de diatomáceas.

Estes dois taxa podem também ser selecionados pela concentração local de nutrientes. Por exemplo, nutrientes estão entre as mais importantes variáveis estruturantes sobre as assembleias fitoplanctônicas (MARGALEF, 1978). Taxa fitoplanctônicas grandes (e.g., gêneros *Paralia* e *Thalassiosira*) podem superar competitivamente os taxa pequenos sob condições de elevada concentração de nutrientes (BELTRÁN-HEREDIA; AKSNES; CAO, 2017; LIMDEMANN et al, 2016). Aqui, a maioria dos nutrientes amostrados (i.e., fósforo total, fosfato, nitrogênio total e nitrato) nesta região do rio Maraú (i.e., M06 e M07) estiveram em suas maiores concentrações neste rio. Embora alguns sítio dos rios Serinhaém e Orojó tiveram concentrações ainda maiores de alguns nutrientes e exibiram pequenas abundâncias destes taxa.

1.5.3 – Potencial relação entre os taxa e as variáveis ambientais.

P. septentrionalis é um táxon tipicamente associado a condições ambientais com sedimento fino (i.e., mistura areia-lama; DU; YAN; DUPUY, 2017). Aqui não encontramos efeito significativo da granulometria nas abundâncias relativas deste táxon. Entretanto, a sua presença esteve correlacionada com efeitos aditivos das variáveis oxigênio dissolvido e material particulado em suspensão e da interação entre as duas. Embora este táxon tenha ocorrido em pequena abundância em quase todas as amostras, aquelas amostras coletadas nos sítios marinhos (i.e., sítios 1 a 5, Fig 1.13) se caracterizaram por elevadas abundâncias deste táxon. Nós inferimos que o elevado hidrodinamismo, típico de ambiente praias, que leva a elevada concentração de oxigênio dissolvido e turbidez, favorece a proliferação de *P. septentrionalis*. *P. septentrionalis* táxon bentônico cuja autoecologia requer mais estudos. Por exemplo, uma pesquisa recente (em 2 de outubro de 2020) através da base de dados “Science direct” (<https://www.sciencedirect.com/>), utilizando a palavra-chave “*Planothidium septentrionalis*”, resultou apenas uma citação relativa à autoecologia deste táxon: DU; YAN; DUPUY (op. cit.).

O táxon *O. olsenii*, do gênero epipsâmico *Opephora* (SABBE; VYVERMAN, 1995), ocorreu em quase todas as amostras, apesar de frequentemente em pequena abundância. Entretanto, ele foi abundante em algumas amostras (e.g., sítio O01 coletada na estação chuvosa, em que a AR deste táxon alcançou 10%). Notavelmente, as condições para esta elevada abundância incluem salinidade de 15. Sua distribuição homogênea ao longo do gradiente de salinidade sugere que este táxon é bem adaptado às condições estuarinas. O segundo pico na abundância ocorre no limite superior do gradiente de salinidade medido no rio Orojó (O01, o sítio mais marinho deste rio). Esta última evidência, entretanto, deve ser considerada um artefato estatístico, resultante de pequena replicação. Similarmente, o pico de abundância de *Delphineis* sp1 resultante de elevada salinidade requer validação por mais estudos. A AR deste último táxon consistentemente reduz-se a montante e está positivamente correlacionada com areia fina, especificamente registra sua AR máxima quando a granulometria está entre 60% e 80% de areia fina.

Por fim, o táxon epipélico *F. forcipata*, mostrou-se associado a praias arenosas (DURA et al., 2017; SAWAI et al., 2009). Aqui, embora este táxon ocorra em todas as amostras, suas maiores ARs foram encontradas sob condições intermediárias e fluviais, particularmente no rio Maraú (Fig. 1.12). A distribuição deste táxon esteve positivamente correlacionada com areia grossa, em acordo com Dura et al. (op. cit.) e Sawai et al. (op. cit.). O pequeno número de amostras nas quais as ARs de *F. forcipata*'s foram máximas (i.e., amostras com 60% de areia grossa) enfraquece o modelo e reduz a confiança em suas conclusões. A presença deste táxon também esteve fortemente relacionado às concentrações de amônia, o que explicam suas elevadas ARs próximo a centros urbanos. Entretanto, avaliar a potencial correlação entre este táxon e a variável material particulado em suspensão é difícil, uma vez que não registramos um gradiente suave nesta variável, mas uma diferença acentuada entre as amostras marinhas e fluviais. Logo, a maioria das amostras na qual este táxon ocorreu foram caracterizadas pela concentração em torno de 20 ppm de material particulado em suspensão (Fig. 1.17).

1.5.4 - Análise descritiva das assembleias de diatomáceas.

Os filtros ambientais sobre a estrutura das assembleias requerem exame cuidados. Dado a complexa interação entre as múltiplas variáveis ambientais, interpretações baseadas em variáveis isoladas aumentam a probabilidade de conclusões incorretas sobre quais variáveis ou grupos de variáveis foram os principais pelas estruturas observadas. Apesar disto, nós encontramos evidências de filtragem de espécies ao longo do gradiente de salinidade, o qual envolveu a ocorrência de taxa adaptado a manguezal (e.g. *C. placentula*), que ocorreu principalmente em sítios fluviais, distantes no continuum estuarino que a maioria dos taxa marinho (e.g. *C. belgica*). O fato de que a maioria das amostras foram caracterizadas pela prevalência de taxa polihalinos (e.g., *F. nummularia*) nubla possíveis conclusões sobre a importância da salinidade na distribuição dos taxa. O entendimento dos filtros ambientais requer a observação de seus efeitos sobre as assembleias como um todo e não sobre táxons individuais.

Para se interpretar os efeitos das variáveis ambientais e dos possíveis impactos antrópicos no ambiente estudado é necessário levar em consideração a estrutura

das assembleias de diatomáceas que podem ser encontradas ao longo do gradiente de salinidade. Por exemplo, o dendrograma hierárquico baseado nos dados biológicos (Fig 1.19) evidenciou que quatro grupos (i.e., grupos B ao E) foram mais similares entre si que com o Grupo A. Estes quatro primeiros grupos se distribuíram principalmente ao longo de segundo eixo da CCA sugerindo que a salinidade foi menos importante separando estes grupos que as outras variáveis (e.g. oxigênio dissolvido).

Em contraste com os quatro grupos mencionados acima, o Grupo A foi principalmente composto por amostras mais fluviais (mais a montante) do rio Maraú. Amostras deste grupo foram reunidas ao longo do primeiro eixo da CCA, no segundo e terceiro quadrantes da Fig 1.19 C. Tal agrupamento parece ter sido influenciado pelo efeito que a salinidade exerceu sobre estas assembleias. Além disso, o Grupo A se caracterizou pelo domínio de *F. nummularia* e pela presença de duas espécies do gênero *Cocconeis*, especificamente *C. placentula* e *C. grata*. Por si só, *F. nummularia* é um táxon polihalino tipicamente associado a manguezais (LOPEZ-FUERTE; SIQUEIROS-BELTRONES; NAVARRO, 2010), que foi raramente encontrado nas amostragens. Entretanto, *F. nummularia* teve AR média de 56.11% e alcançou AR máxima de 78.40% (sítio M10, estação seca) no Grupo A. *C. placentula* é uma epífita alcalófila de água doce que prospera em condições eutróficas e que é resistente a níveis moderados de poluição (ESPINOSA, 2008; LOBO; TORGAN, 1988; POTAPOVA; SPAULDING, 2013). Nós encontramos esta espécie apenas no sítio 10 do rio Maraú, onde teve ARs de 9,87% e 5,45% nas estações chuvosa e seca, respectivamente. Para este grupo, nós medimos o menor valor médio do percentual de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica deste estudo (7,20%), sugerindo o menor nível de impacto do presente estudo.

Em média, o percentual médio de espécies indicadoras do Grupo B foi 26,38%, o segundo maior percentual médio neste estudo. Os grupos B e D foram os dois únicos grupos a registrar este percentual acima de 20%. Segundo Kelly (1998), um percentual igual ou superior a 20% de espécies indicadoras de poluição orgânica é um indicativo de eutrofização de origem antrópica, o que é uma informação preocupante para estes dois grupos. Uma amostra deste grupo (O08 durante a estação seca) registrou o maior percentual de espécies indicadoras em todo o estudo (47,28%). As amostras do Grupo B foram coletadas, em sua maioria, na região da baía, em torno das ilhas centrais: amostras do rio Orojó e algumas amostras marinhas e fluviais de Maraú. A maioria das amostras do Grupo B foram agrupadas no segundo quadrante e ao longo do segundo eixo da CCA. Isto sugere um grande impacto das concentrações de oxigênio dissolvido e fosfato e menor da salinidade. Este grupo se caracterizou por suas elevadas abundâncias relativas de taxa que estiveram quase ausentes em outros grupos, incluindo *A. fagedii*, *Achnanthes* sp1, *C. clamans*, *Delphineis* sp1, *E. laevis*, *Eunotogramma* sp1, *O. marina*, *P. septentrionalis* e *T. waernii*. A abundância dos taxa do gênero *Achnanthes* (i.e., *A. fagedii* e *Achnanthes* sp1) foram, em média, aproximadamente dez e quatro vezes maiores neste grupo (média de 3,96% e 10,66%, respectivamente) que nos outros grupos, respectivamente. Por si só, *A. fagedii* é considerado um indicador de baixa qualidade da água (OEDING; TAFFS, 2015). O táxon *H. coffeaeformis* é adaptado a condições marinhas-salobras e também é resistente à poluição (STEPANEK, 2011). A Ar de *H. coffeaeformis* foi aproximadamente três vezes maior

no Grupo B (média de 10,04%) que em outros grupos, possuindo elevadas abundâncias relativas no sítio O08 (rio Orojó), durante a estação seca, quando alcançou 31,21%. O *táxon* *O. marina* é um indicador de contaminação por metais e elevada concentração de nutrientes (BELANDO; MARÍN; ABOAL, 2017). A AR deste *táxon* foi máxima no sítio O01 (i.e., 5,61%; rio Orojó) durante a estação chuvosa. Mais de uma década atrás, Hatje et al. (2008) salientou a contaminação de metais traço na BC. Embora novas investigações sejam necessárias para estabelecer o definitivo ponto de entrada destes contaminantes, as fontes prováveis de contaminação são operação de mineração pretéritas, atividade de estaleiros e despejos urbanos e rurais. As elevadas AR de *O. marina* são indicações de tal poluição química na região central da BC. O *táxon* *T. waernii* é adaptado a elevada concentração de nutrientes e elevada salinidade (ULANOVA; SNOEIJIS, 2006; WACHNICKA; GAISER; BOYER, 2011). Enquanto este *táxon* foi encontrado em três amostras, duas das quais em pequenas abundâncias (< 1%), mas em uma delas (i.e., O05, estação chuvosa) a AR deste *táxon* alcançou 13,91%. Embora o Grupo B demonstra-se mais impactado por atividades humanas, o que leva à eutrofização e contaminação por metais, uma de suas amostras (i.e., O10, coletada na estação seca) foi mais similar com aquelas do Grupo A, dado suas elevadas ARs de *F. nummularia* e *C. grata*.

O Grupo C foi principalmente composto por amostras coletadas na estação chuvosa no rio Orojó. O percentual médio de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica foi de 17,16%, o que sugere uma posição intermediária nos grupos em termos de impacto, mas se manteve inferior a 20%, o que é um sinal de que o impacto antrópico ainda não é substancial neste grupo. O *táxon* mais frequente e abundante neste grupo (e no total deste estudo) foi *P. brasiliensis*. Trata-se de um *táxon* endêmico cuja autoecologia ainda é pouco conhecida. Em termos de abundância de vários *taxa* (e.g., *E. laevis*, *Halamphora* sp1 e *H. coffeaeformis*), Grupos C e D apresentam elevada similaridade.

Os grupos D e E foram semelhantes entre si no sentido em que abrigaram elevadas abundâncias de *taxa* planctônicos e tichoplanctônicos. Entretanto, enquanto o Grupo D teve o maior percentual médio de *taxa* indicadores de eutrofização ou poluição orgânica deste estudo (27,84%), o Grupo E teve uma porcentagem média de *taxa* indicadores intermediária (17,11%), muito semelhante ao Grupo C. As amostras dos dois grupos (i.e., D e E) foram reunidas no quarto quadrante da CCA quase que completamente, o que indica uma relação positiva com as variáveis salinidade e fosfato. Ambos os grupos foram quase que inteiramente compostos por amostras da estação seca. Especificamente, o Grupo D foi composto por amostras das regiões intermediárias dos rios Maraú e Serinhaém, áreas que, como sugerem os dados, estão sofrendo um possível substancial impacto por eutrofização ou poluição orgânica. O Grupo E, por sua vez, foi composto por amostras do Rio Serinhaém. Ambos os grupos se caracterizaram por elevadas abundâncias de *P. sulcata* var. *radiata* e *P. sulcata* var. *coronata* se comparadas com os demais grupos. Por exemplo, as ARs médias de *P. sulcata* var. *radiata* foi de 9,95% e 5,28% nos grupos D e E, respectivamente, enquanto, nos grupos A, B e C, estes valores foram de apenas 0,62%, 0,40% e 2,18%, respectivamente. Similarmente, as ARs médias de *P. sulcata* var. *coronata* foram de 2,12% e 0,96% nos grupos D e E, respectivamente, contra 0,09%, 0,02%, e 0,45% nos grupos A, B e C, respectivamente. *P. sulcata* é

uma espécie tichoplanctônica marinha comum em águas em torno do pH neutro, com elevada produtividade biológica e elevado hidrodinamismo (MCQUOID; NORDBERG, 2003; MORO; FÜRSTENBERGER, 1997). Nestes grupos, a AR média do táxon *C. striata* foi de 7,01% e 4,35%, respectivamente, contra 0,50%, 0,08% e 2,31% nos grupos A, B e C, respectivamente. Esta é uma espécie tichoplanctônica considerada polihalina, adaptada a águas em torno do pH neutro e elevada condutividade (MORO; FÜRSTENBERGER, 1997; SOLAK et al., 2012). Por fim, o táxon com as maiores ARs no Grupo D foi *Tabullaria* sp1, enquanto do Grupo E, este foi *C. belgica*. *C. Belgica* é considerado um taxa tichoplanctônico, eurihalino, bem adaptado a águas salobras e indicador de canais de maré arenosos (SANTOS-FISHER et al., 2016; VÉLEZ-AGUDELO et al., 2017; VOS; DE WOLF, 1994).

A análise das assembleias de diatomáceas, especialmente sobre a autoecologia de suas espécies indicadoras, complementada pelos diferentes percentuais médios de espécies indicadoras de cada grupo, sugerem que a BC está passando por um processo de degradação (i.e., empobrecimento de seu estado de conservação), particularmente na região central da baía (i.e., em torno das maiores ilhas da baía) e nas regiões intermediárias dos rios Maraú e Serinhaém. Assim, nossos resultados contrastam com aqueles de Paixão et al. (2010), Carreira et al. (2016) e Pedreira et al. (2017), que reconheceram a CB como uma região de referência (i.e., em condições pristinas), apenas alguns anos atrás. Embora tendo se baseado em múltiplos indicadores quantitativos e qualitativos (e.g., concentrações de metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, biomarcadores lipídicos e a estrutura das assembleias de macroinvertebrados bentônicos), estes autores citados acima não obtiveram evidências conclusivas de que perturbações antrópicas estão atuando na BC. De tal forma, a conclusão de que a BC está em condições similares às naturais está em desacordo com os nossos resultados. Nestes estudos mencionados, as amostras foram coletadas em 2007 e 2008, logo, cinco anos antes de nossa amostragem neste sistema estuarino.

Amorim (2005) adverte que atividade de extração de óleo e gás próxima (i.e., alguns quilômetros longe da costa) são uma séria ameaça ambiental sobre a integridade da BC. Esta ameaça é particularmente mais grave graças à circulação local da água, em que implica que derramamentos de óleo podem chegar à BC em uma questão de dias. Tal eventualidade pode ter consequências negativas intensas para as comunidades biológicas e as atividades econômicas da região. Dado o risco oriundo deste cenário, é mandatório que esforços de monitoramento sejam feitos regularmente com diversos indicadores de modo a produzir modelos robustos sobre o estado de conservação deste importante ecossistema.

1.6 - Conclusões.

Nossos resultados salientaram que salinidade e pH foram as variáveis estruturantes das comunidades de diatomáceas mais importantes (a despeito que a grande abundância de taxa polihalinos nublar a percepção do efeito da salinidade). Estas variáveis ambientais exibiram elevada correlação, principalmente devido a processos biogeoquímicos. Além disso, estas variáveis, que podem ser consideradas filtros ambientais sobre os taxa de diatomáceas, mudaram

previsivelmente ao longo do gradiente espacial (i.e., do oceano aos rios). A presença de algumas espécies também provê indicações sobre o estado de ecossistema. Por exemplo, a presença de *F. forcipata* mostrou correlação com a urbanização e esteve relacionada com locais pouco impactados; *P. septentrionalis* esteve relacionada com elevada concentração de oxigênio dissolvido e elevada turbidez associadas a ambientes praias; a presença de *taxa* planctônicos *P. sulcata* var. *coronata* e *Thalassiosira* sp1, em amostras com elevada percentagem de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica (indicando impacto) esteve correlacionada com elevada concentração de nutrientes e elevado hidrodinamismo, o que se deveu a potenciais condições orográficas locais. A comparação do percentual de *taxa* indicadores de eutrofização ou poluição orgânica nas diferentes assembleias coletadas ao longo do gradiente de salinidade (que foi consideravelmente maior em algumas assembleias) foi preocupante. De fato, esta é uma indicação de que um processo de degradação está em curso em diversas partes da BC (e.g., região central da baía e regiões intermediárias dos rios Maraú e Serinhaém) implica em sérios procedimentos de gerenciamento que precisam ser empregados para proteger a integridade ecológica da BC. No entanto, a eutrofização pode ser de origem natural (e.g., redução da profundidade do sistema) e futuros estudos são necessários para se identificar os mecanismos por trás destes resultados. Assim, nossos resultados sugerem que a degradação ambiental está em curso na BC (contrariando estudos prévios), muito provavelmente como efeito colateral do recente crescimento econômico pelo qual a região passou. Sob este contexto, esforços de monitoramento regular devem ser conduzidos na BC de modo a se prevenir estes efeitos potencialmente adversos.

CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO PALEOECOLÓGICA DE ECOSISTEMA ESTUARINO PREVIAMENTE CONSIDERADO PRÍSTINO: EVIDÊNCIA DE DEGRADAÇÃO EM SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DE PROGRADAÇÃO DA ZONA COSTEIRA.

2.1 - Resumo

Este estudo teve o objetivo de avaliar as mudanças nas propriedades físico-químicas e biológicas da Baía de Camamu, tanto as naturais quanto as antrópicas. Para tanto se utilizou de análise descritiva da sucessão das assembleias de diatomáceas e de modelos das variáveis ambientais pretéritas produzido pela técnica do análogo moderno. Seis testemunhos de um metro foram coletados nos três principais tributários da Baía de Camamu (os rios Serinhaém, Orojó e Maraú), os quais foram fracionados a cada centímetro para se estudar as assembleias preservadas. Foi determinado que, em geral, do fundo ao topo dos testemunhos, as assembleias se tornam mais bentônicas. Foi também determinado que taxa bentônicas resistentes à poluição orgânica e eutrofização ocorreu com maiores abundâncias nas camadas mais recentes do testemunho mais a jusante do rio Serinhaém. Por fim, a análise da função de transferência para a salinidade, aplicada nos dados do testemunho mais a jusante no rio Serinhaém, permitiu inferir que ocorreu uma redução de salinidade na baía. Foi concluído que a baía passou por processos de degradação em seu estado de conservação na região mais a jusante no rio Serinhaém e de progradação da zona costeira.

Palavras-chave: mudança do nível do mar; diatomáceas bentônicas; modelagem.

Abstract.

This study had the objective of access the changes in the physicochemical and biological properties of Camamu Bay, both natural and anthropic ones. In order to achieve this, we use the descriptive analysis of the succession of the diatom assemblages and modelled the past environmental variables using the modern analog technique. Six one cores of one meter long were collected in the three major Camamu Bay's tributaries (Serinhaém, Orojó, and Marau rivers), which were fractionated at each centimetre to the study of the preserved assemblages. It was determined, in general, from bottom to top of the cores, that the assemblages become more benthic. It was also determined that pollution and eutrophication resistant taxa occurred in higher abundances in the surface samples of the core nearer Serinhaém river's mouth. Also the results of the transfer function allowed inferences that a reduction of salinity happened in the bay. It was concluded that the bay underwent a process of coastal progradation and the downstream area of the Serinhaém river is suffering a degradation process in its conservation status.

Key words: sea-level change; benthic diatom; modeling.

2.2 - Introdução

O crescimento econômico é o maior objetivo das sociedades capitalistas, mas ele usualmente vem acompanhado com impactos sobre os ambientes naturais. Humanos, como a maioria dos animais, modifica as suas circunvizinhanças de modo a melhor atender suas necessidades. Entretanto, devido a nossas capacidades técnicas e científicas, nossas atividades já alteraram tanto o mundo que estamos discutindo se já estamos vivendo em uma nova época geológica determinada por estas mudanças, o Antropoceno (CRUTZEN; STOERMER, 2000). Deste modo, a maioria dos ambientes da Terra estão ameaçados de desaparecer ou se tornar funcionalmente inefetivos (REID et al., 2005).

Sistemas costeiros por todo o mundo estão sob forte estresse antrópico desde o Império Romano. As atividades econômicas humanas estão forçando estes ambientes até seus limites através da superexploração de seus recursos mais valiosos, perda de habitat, poluição, eutrofização, introdução de espécies exóticas, turismo descontrolado e mudanças climáticas. Assim, já extinguímos 90% das espécies consideradas importantes e destruímos 65% dos habitats úmidos (LITTLE et al., 2017; LOTZE et al., 2006).

No Brasil, a exploração massiva e as transformações da zona costeira começou com a colonização portuguesa e os ciclos econômicos brasileiros: os ciclos do pau-brasil, da cana-de-açúcar, do ouro e do café, assim como da rápida industrialização ocorrida em meados do século 20 (BAER, 2008). O estado da Bahia, que passou pelos ciclos citados acima, também passou pelo ciclo do cacau durante o século 19 (RIBEIRO, 2015) e por um recente (últimos 50 a 40 anos) e rápido desenvolvimento, com a construção de estradas, portos, indústrias e um exponencial crescimento de sua população humana. Tais transformações ocasionaram mudanças nas características e nos fluxos de sedimentos e nutrientes para o oceano (DUTRA; KIKUCHI; LEÃO, 2006).

A principal ferramenta para se compreender estes fenômenos, essencial para prevenir e mitigar a degradação ambiental, é o monitoramento. Mas ela sofre de um problema fundamental: a falta de áreas de referência com as quais comparar o ambiente monitorado. A abordagem paleoecológica pode prover informações de ampla escala temporal e até, com delineamento cuidadoso, manter a mesma resolução espaço-temporal das abordagens neoeológicas (FOSTER; KSCHOONMAKER; PICKETT, 1990). A paleoecologia, em seu início, foi essencialmente uma ciência descritiva, mas cresceu em importância e em complexidade na medida em que incorporou métodos e aplicações quantitativos (SIMPSON, 2007), como os métodos de paleorreconstrução de variáveis ambientais pretéritas como é o caso da técnica do análogo moderno.

Indicadores são necessários em ambos os métodos descritivos e quantitativos. Entre os muitos indicadores possíveis, pode-se destacar as assembleias de diatomáceas como um dos melhores para os ambientes aquáticos. Isso se deve a sua natureza cosmopolita, seu curto ciclo de vida, sua grande diversidade de espécies e sua grande diversidade de respostas a estresses ambientais (CHEN et al., 2016.A; KELLY; WHITTON, 1995; LOBO et al., 2004). Elas podem ser usadas para se inferir

sobre variáveis pretéritas como temperatura (VYVERMAN; SABBE, 1995), salinidade (HASSAN; ESPINOSA; ISLA, 2009), profundidade (GOMES et al., 2014), hidrodinâmica (HAY et al., 2014), eutrofização and pH (DOUGLAS; SMOL, 2000).

A Baía de Camamu é uma região estuarina que passou por um recente e rápido crescimento econômico. Ela se localiza no estado da Bahia, na região nordeste do Brasil. Através da indústria petrolífera e do turismo, a economia dos municípios da baía cresceu 211% nos últimos 19 anos (IBGE, 2020). Estudos neoecológicos recentes consideraram a região como uma área de referência (CARREIRA et al., 2016; PAIXÃO et al., 2010; PEDREIRA et al., 2017). Entretanto, por via desta abordagem, não é possível acessar a dinâmica das transformações, naturais e antrópicas, pelas quais a baía passou através do tempo e que podem afetar seu estado de conservação. Estuários, no entanto, são os maiores sistemas deposicionais abaixo do nível do mar (SWIFT, 1975). Sua capacidade de acumular sedimento também representa seu poder de preservar informações sobre a história dos processos biológicos e geológicos de toda a bacia hidrológica.

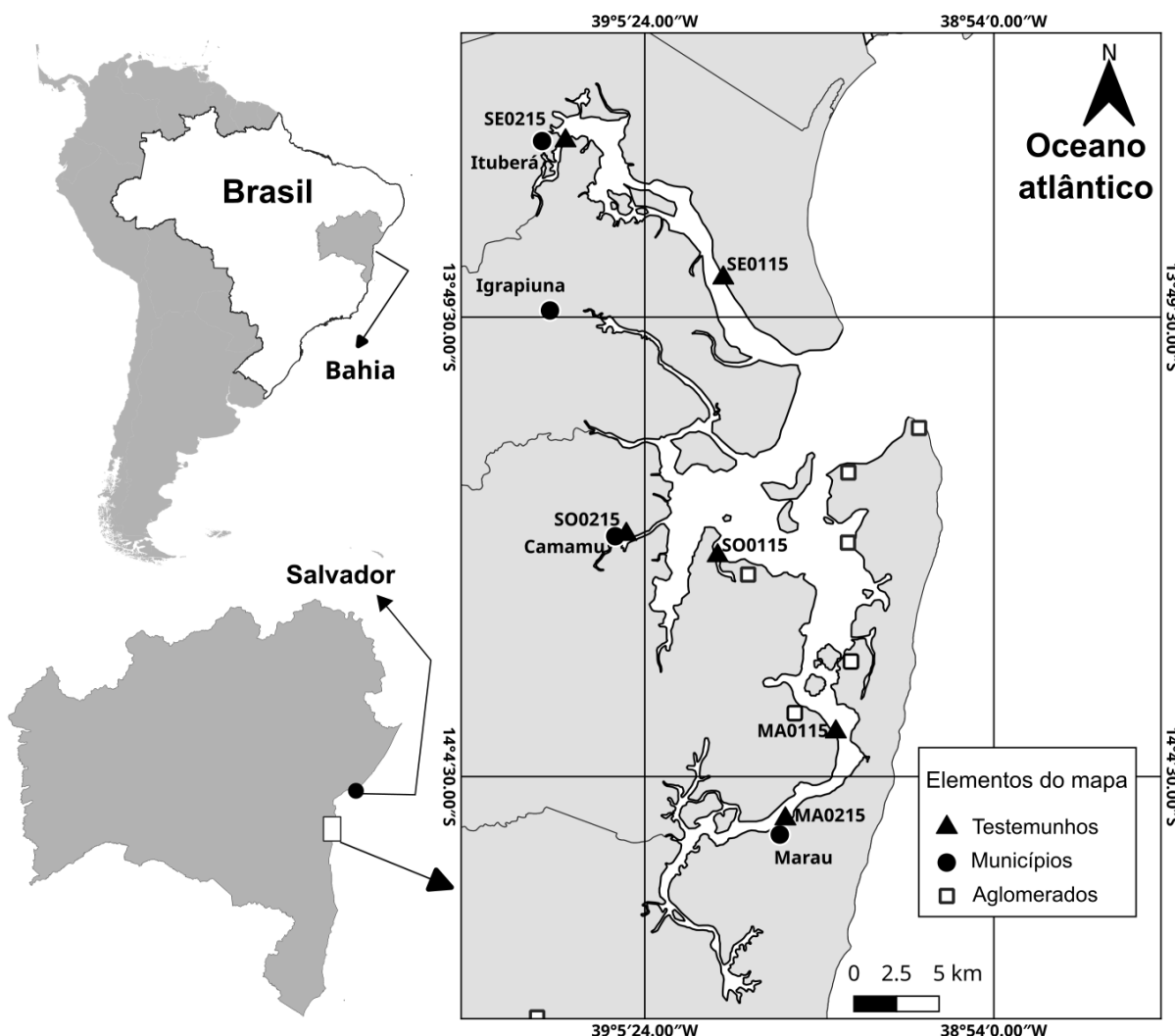
Consideramos aqui as hipóteses de que o recente crescimento econômico pelo qual passou a Baía de Camamu está causando impactos sobre sua comunidade biológica e de que a baía passou por mudanças em suas propriedades devido a processos geológicos, biológicos e antrópicos. Este estudo tem os objetivos de avaliar estas transformações através da análise descritiva da sucessão das assembleias de diatomáceas preservadas em sedimento. Esta análise observa as características das assembleias através do tempo e a autoecologia de seus *taxa* componentes. Também se objetivou produzir inferências sobre as variáveis ambientais pretéritas através da técnica do análogo moderno. Assim objetiva-se verificar o real estado de conservação da área estudada.

2.3 - Metodologia.

2.3.1 - Amostragem.

Seis testemunhos de um metro de comprimento foram coletados nos três principais tributários da Baía de Camamu (BC), os rios Maraú, Orojó e Serinhaém, em dois sítios cada um (Fig 2.1), um deles próximo à desembocadura dos rios, o outro a alguns quilômetros mais a montante. Estes testemunhos foram selados no local e levados ao laboratório antes da análise.

Fig 2.1 - Sítios de amostragem dos testemunhos na área da Baía da Baía de Camamu.



Aglomerados incluem urbanos e rurais. As letras indicam os rios: S – Serinhaém; O - Orojó; M - Marau.

2.3.2 - Análise laboratorial.

No laboratório, os testemunhos foram abertos com serra elétrica, fotografados e visualmente descritos. Devido a diferenças na compactação do sedimento no momento da coleta, os testemunhos tiveram tamanhos diferentes. Eles foram então fracionados a cada centímetro. Cada fração foi dividida para produzir amostras destinadas à datação e ao estudo das assembleias de diatomáceas.

As amostras de sedimento foram oxidadas seguindo os métodos em Battarbee et al. (2001) de modo a se produzir lâminas para microscopia permanentes. As amostras foram lavadas até o pH neutro e diluídas para 50 ml com água destilada. Cada lâmina foi produzida com uma alíquota de um mililitro da amostra diluída e fixada com resina Naphrax (índice refrativo de 1,73).

Um mínimo de 400 valvas foram contadas em cada lâmina com o auxílio de um microscópio óptico (ampliação de 100 vezes). Um microscópio eletrônico de

varredura JEOL – JSM – 6701 também foi utilizado para auxiliar na identificação dos *taxa*. Os *taxa* de diatomáceas foram descritos seguindo Barber & Haworth (1981) e identificado até os níveis de espécie e gênero usando as informações e placas micrográficas em Bigunas (2005), Cupp (1943), Hasle & Syvertsen (1997), Round et al. (1990) e Witkowski et al. (2000). As placas micrográficas dos *taxa* identificados neste trabalho podem ser encontradas no Apêndice 1.

Aqui a profundidade de cada amostra foi usada como substituta da data.

2.3.3 - Análise estatística.

Anteriormente à análise, os dados das assembleias foram expressos em ARs. Apenas os *taxa* mais abundantes (aqueles com AR $\geq 5\%$ em pelo menos uma amostra) foram incluídos na análise estatística como seguem Taffs e colaboradores (2008). Todos os dados biológicos podem ser encontrados no Apêndice 2.2.

Para se estudar as biozonas, foi feita uma análise de dendrograma hierárquico restringido para cada testemunho. Para determinar o número de biozonas, foi usado um modelo de bastão quebrado em cada análise de dendrograma seguindo Bennett (1996).

As amostras mais profundas dos testemunhos SE0215, SO0115, SO0215 e MA0215 exibiram densidades de valvas muito pequenas ($< 1 \times 10^6$ valvas por grama de sedimento) e também uma diversidade de espécies muito pequena. Nestas amostras, apenas os *taxa* mais massivos e volumosos (e.g. *P. sulcata*) ocorreram. Isso possivelmente se deve a má preservação das valvas devido à dissolução diferencial da sílica biogênica (BATTARBEE et al., 2005; RYVES et al., 2001). Para prevenir vieses na interpretação dos dados e nas inferências sobre as características ambientais pretéritas, estas amostras foram descartadas da análise assim como os *taxa* que registraram $\geq 5\%$ de AR apenas nestas amostras.

Como dados complementares, de modo a se identificar as tendências gerais em relação a hidrodinâmica e em relação aos impactos antrópicos sobre a baía, foram determinados a razão entre os organismos planctônicos-tichoplanctônicos e os bentônicos, a densidade de valvas (em valvas por grama de sedimento) e o percentual de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica de todas as amostras. Para apresentar a razão entre plâncton(P) e bentos(B) na mesma escala, foi considerado a razão $\{P/B\}$ quando os organismos planctônicos foram a maioria na assembleia e a razão $\{B/P \times (-1)\}$ quando os bentônicos foram a maioria. Dessa forma a razão resultou em um valor positivo quando a comunidade foi majoritariamente planctônica e em um número negativo quando a comunidade foi majoritariamente bentônica. A determinação das espécies indicadoras se orientou pelos trabalhos publicados de Belando, Marín e Aboal (2017), Chakraborty & Ghosh (2016), Dhib et al. (2013), Kennett and Hargraves (1985), Liu et al. (2008; 2015), McQuoid & Nordberg (2003), Moro & Fürstenberger (1997), Oeding and Taffs (2015), Potapova (2010), Potapova & Spaulding (2013), Poulton et al. (2007), Solak (2012), Spaulding (2018), Schlüter et al. (2012), Stepanek (2011), Ulanova & Snoeijs (2006), Wachnicka, Gaiser e Boyer (2011).

As funções de transferência pela técnica do análogo moderno (do inglês “Modern Analog Technique”; MAT), usadas amostras de cada testemunho, foram feitas para se inferir sobre os valores pretéritos da variável apontada pelo teste de Monte Carlo no Capítulo 1 como significativamente estruturante das assembleias de diatomáceas: a salinidade. Foi utilizado como conjunto de treinamento (amostras usadas para representar as assembleias modernas) as amostras superficiais utilizadas no Capítulo 1. O número de análogos foi determinado por *bootstrapping* para prevenir vieses, como sugerido por BIRKS et al. (1990). Para avaliar a robustez da função, um gráfico do índice de similaridade mínima entre as assembleias presentes e pretéritas foi produzido. Este gráfico permite determinar o número de análogos modernos nas comunidades pretéritas. Então foram feitos dois gráficos, um dos valores inferidos sem os erros específicos da predição de cada amostras estimados por *bootstrapping*. Apenas o testemunho com o maior número de análogos modernos foi analisado aqui. O diagnóstico do modelo (a função de transferência) pode ser encontrado no Apêndice 5.1.

Todas as análises e figuras foram feitas usando a linguagem de programação R versão 3.6.0 (R CORE TEAM, 2019) com os pacotes *Analogue* (SIMPSON; OKSANEN, 2019), *factoextra* (KASSAMBARA; MUNDT, 2017), *ggplot2* (WICKHAM, 2016), *Rioja* (JUGGINS, 2017), *tidyverse* (WICKHAM, 2017) e *vegan* (OKSANEN et al., 2019). O *script* com todas as análises mencionadas acima pode ser encontrado no Apêndice 3.2.

2.4 - Resultados.

2.4.1 - Os taxa de diatomáceas.

34 *taxa* registaram abundância relativa $\geq 5\%$ em pelo menos uma amostra. 24 delas foram identificadas até o nível de espécie, 10 até gênero. 29 *taxa* registaram ARs $< 20\%$ em todas as amostras (as espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica aparecem em negrito e acompanhada pela sigla ‘IND’ entre parágrafos): **A. fagedii (IND)**, *Achnanthes* sp2, CF. *Actinocyclus*, *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Amphora pleniluna* MHHohn & J.Hellerman, *Amphora* sp1, **B. paxillifera (IND)**, *Catenula adhaerens* (Mereschkowsky) Mereschkowsky, *Cocconeis* sp1, **C. striata (IND)**, **C. stylorum (IND)**, *Cymatotheca* cf. *weissflogii* (Grunow) Hendey, *Diploneis gruendleri* (A. Schmidt) Cleve, *D. Litoralis*, CF. *Eunotogramma* sp2, *F. forcipata*, *Fallacia oculiformis* (Hustedt) D.G.Mann, **H. coffeaeformis (IND)**, *Halamphora* sp2, **Navicula cf. ammophila Grunow (IND)**, *Navicula* cf. *duerrenbergiana* Hustedt, **Navicula cf. peregrina (Ehrenberg) Kützing (IND)**, **Nitzschia granulata Grunow (IND)**, **P. sulcata var. coronata (IND)**, CF. *Plagiogramma* sp1, *P. septentrionalis*, *Seminavis* sp1, **Thalassionema cf. nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky (IND)** e *Thalassiosira* sp1. Cinco *taxa* registaram AR $\geq 20\%$ em pelo menos uma amostras (*taxa* muito abundantes): *C. belgica*, *N. rhapsoneis*, **P. sulcata var. radiata (IND)**, *P. brasiliensis* e *Tabullaria* sp1.

Em geral, as assembleias tiveram um *táxon* muito abundante (RA $\geq 20\%$) em cada amostra. Nenhum *táxon* foi muito abundante em todas as amostras.

2.4.2 - Análise descritiva dos testemunhos do rio Serinhaém.

O testemunho SE0115, a jusante do rio Serinhaém (Fig 2.1), teve 60 cm de comprimento. Sua densidade média de valvas foi $3,94 \times 10^6$ valvas por grama de sedimento. A densidade de valvas oscilou ao longo do testemunho, indo de 1×10^6 a 15×10^6 valvas / g. Seu perfil da razão plâncton/bentos foi quase simétrico ao perfil da densidade de valvas, levemente crescendo na parte inferior do testemunho até a metade, e então diminuindo seus valores em direção ao topo (Fig 2.2), oscilando entre -3,42 and 12,52 (média de 3,32). O perfil do percentual de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica acompanhou aquele da razão plâncton/bentos nas primeiras três biozonas, mas se afastando em sentido contrário nas zonas superiores (mínimo de 6,95%, máximo de 48,11%, média de 19,93%). 15 taxa tiveram AR $\geq 5\%$ em pelo menos uma amostra deste testemunho: *A. fagedii*, *A. pleniluna*, *Amphora* sp1, *C. adhaerens*, *C. belgica*, *C. striata*, *C. stylorum*, *C. weissflogii*, *Cocconeis* sp1, *H. coffeaeformis*, *P. brasiliensis*, *P. septentrionalis*, *P. sulcata* var. *radiata*, *Tabularia* sp1 e *Thalassiosira* sp1. O modelo de bastão-quebrado indicou cinco como o número de biozonas, as quais foram indicadas no dendrograma da Fig 2.2. A primeira Zona (Z1) teve 20 cm de comprimento, do fundo do testemunho à profundidade de 40 cm, com uma densidade média de valvas de $2,95 \times 10^6$ valvas / g, sendo majoritariamente planctônico (razão P/B média of 4,29) e teve o percentual de espécies indicadoras oscilando em torno da média de 19,44%; ela foi caracterizada pelas abundâncias de *C. belgica*, *P. brasiliensis*, *C. adhaerens* e *P. sulcata* var. *radiata*. A próxima zona (Z2) tem sete centímetros de comprimento (da profundidade de 40 cm a de 33 cm) e exibiu uma grande redução na densidade de valvas (para $1,03 \times 10^6$ valvas / g), uma maior presença de taxa planctônicos (razão média de 9,56), um aumento proporcional do percentual de taxa indicadores (39,95%) e uma redução nas abundâncias de *C. belgica*, *P. brasiliensis* e *C. adhaerens* acompanhada por um incremento das abundâncias de *P. sulcata* var. *radiata*, cuja presença nas assembleias alcançou 30%. Z3 tem 11 cm de comprimento (da profundidade de 32 cm a de 22 cm), registrou um aumento na densidade de valvas (média de $2,37 \times 10^6$ valvas / g), um abrupto decrescimento na predominância de taxa planctônico (razão média de 3,55) e um decrescimento também muito acentuado no percentual de taxa indicadores (média de 13,56%); ela foi caracterizada pelo crescimento das abundâncias de *P. brasiliensis*, *C. adhaerens* e *C. belgica*, que passam a prevalecer novamente nas assembleias, alcançando 30% of AR, e com um decrescimento nas abundâncias de *P. sulcata* var. *radiata*, que quase desaparece das assembleias. Na quarta zona (Z4), que possui 12 cm de comprimento (da profundidade de 21 cm até a de nove centímetros), ocorreu um grande aumento na densidade de valvas (média de $5,75 \times 10^6$ valvas / g), a razão entre organismos planctônicos e bentônicos se aproxima da igualdade (razão média de 1,33) e o percentual de organismos indicadores volta a crescer (média de 11,45%); esta zona é caracterizada pelo aumento nas ARs de *A. fagedii*, *A. pleniluna* e *H. coffeaeformis* e pela redução nas abundâncias de *P. brasiliensis*, *C. adhaerens*, e *C. belgica*. A última zona (Z5) tem oito centímetros de comprimento, tem a maior densidade de valvas média deste testemunho ($8,55 \times 10^6$ valvas / g), a maior densidade registrada neste estudo ($14,82 \times 10^6$ valvas / g na profundidade de sete centímetros), as assembleias nesta zona foram majoritariamente bentônicas (razão média de -2,38) e o percentual de

organismos indicadores continua a crescer alcançando a média de 23,65%; nesta zona ocorreu um decréscimo nas abundâncias de *P. brasiliensis*, *C. adhaerens* e *C. belgica*, que alcançaram abundâncias similares àquelas registradas na Z2, e o crescimento de *A. fagedii* e *H. coffeaeformis*; uma súbita mudança na assembleia ocorreu nesta zona, registrada em apenas uma amostra (no terceiro centímetro do topo ao fundo), quando a densidade de valvas subitamente diminuiu a $3,10 \times 10^6$ valvas / g, o menor valor nesta zona. A abundância dos grandes taxa planctônicos (*P. sulcata* var. *Radiata*, *Tabullaria* sp1, *Thalassiosira* sp1 e *C. weissflogii*) cresceu até cerca de 10% e aquela dos taxa bentônicos (*A. fagedii*, *Amphora* sp1 e *H. coffeaeformis*) reduziu-se substancialmente (Fig 2.2).

O testemunho SE0215, coletada no sítio a montante no rio Serinhaém (Fig 2.1), foi o maior de todos (92 cm), mas com a menor densidade média de valvas ($2,05 \times 10^6$ valvas / g, considerando apenas as zonas analisadas). Apenas as duas zonas superiores deste testemunho foram analisadas: a camada inferior de 59 cm de comprimento foi descartada devido à densidade de valvas muito pequena (média de $0,17 \times 10^6$ valvas / g). As assembleias neste testemunho se aproximaram da igualdade entre planctônicos e bentônicos (razão média de -1,34, considerando apenas as biozonas analisadas). Elas foram ligeiramente planctônicas na zona de fundo (Z1, razão média de 0,81) e bentônica na zona topo (Z2, razão média de -2,53). O percentual de taxa indicadores de eutrofização ou poluição orgânica reduziu-se substancialmente ou longo do testemunho, da Z1 (44,63%) à Z2 (23,57%) mas com uma média global superior àquela do testemunho a jusante (31,04%). 17 taxa ocorreram com AR superior a 5% em pelo menos uma amostra: *A. fagedii*, cf. *Actinocyclus*, *C. adhaerens*, *C. belgica*, *C. striata*, *C. stylorum*, *C.* cf. *weissflogii*, *D. Litoralis*, *D. gruendleri*, *Halamphora* sp2, *N. granulata*, *N.* cf. *peregrina*, *N. rhapsoneis*, *P. brasiliensis*, *P. sulcata* var. *Radiata*, *Seminavis* sp1 e *Tabullaria* sp1. Pelo modelo do bastão quebrado e a análise do dendrograma, pode-se identificar quatro biozonas, mas apenas as duas superiores foram analisadas, as mencionadas acima (Fig 2.3): Z1 (12 cm de comprimento - de centímetro de 33 ao 22 cm de profundidade) teve uma crescente densidade de valvas (média de $0,51 \times 10^6$ valvas / g) e foi marcada pelas ARs de *P. sulcata* var. *radiata* e *P. brasiliensis* (alcançando 39% e 32%, respectivamente) com presença substancial de *C. adhaerens*, *C. striata*, *C. stylorum*, *D. litoralis* e *N.* cf. *peregrina*. Na zona de topo (Z2 - 21 cm de comprimento), a densidade de valvas cresce rapidamente, alcançando $4,71 \times 10^6$ valvas / g (média de $2,93 \times 10^6$ valvas / g); Esta zona é caracterizada pelo contínuo decréscimo de *P. sulcata* var. *radiata*, que quase deixa as assembleias nesta zona, e de *P. brasiliensis*, a despeito de suas grandes abundâncias ainda nas assembleias; as abundâncias de *D. litoralis* crescem surgem *A. fagedii* e *N. rhapsoneis* nas assembleias com abundâncias substanciais (Fig 2.3).

Fig 2.2 - Diagrama bioestratigráfico do testemunho SE0115 do rio Serinhaém.

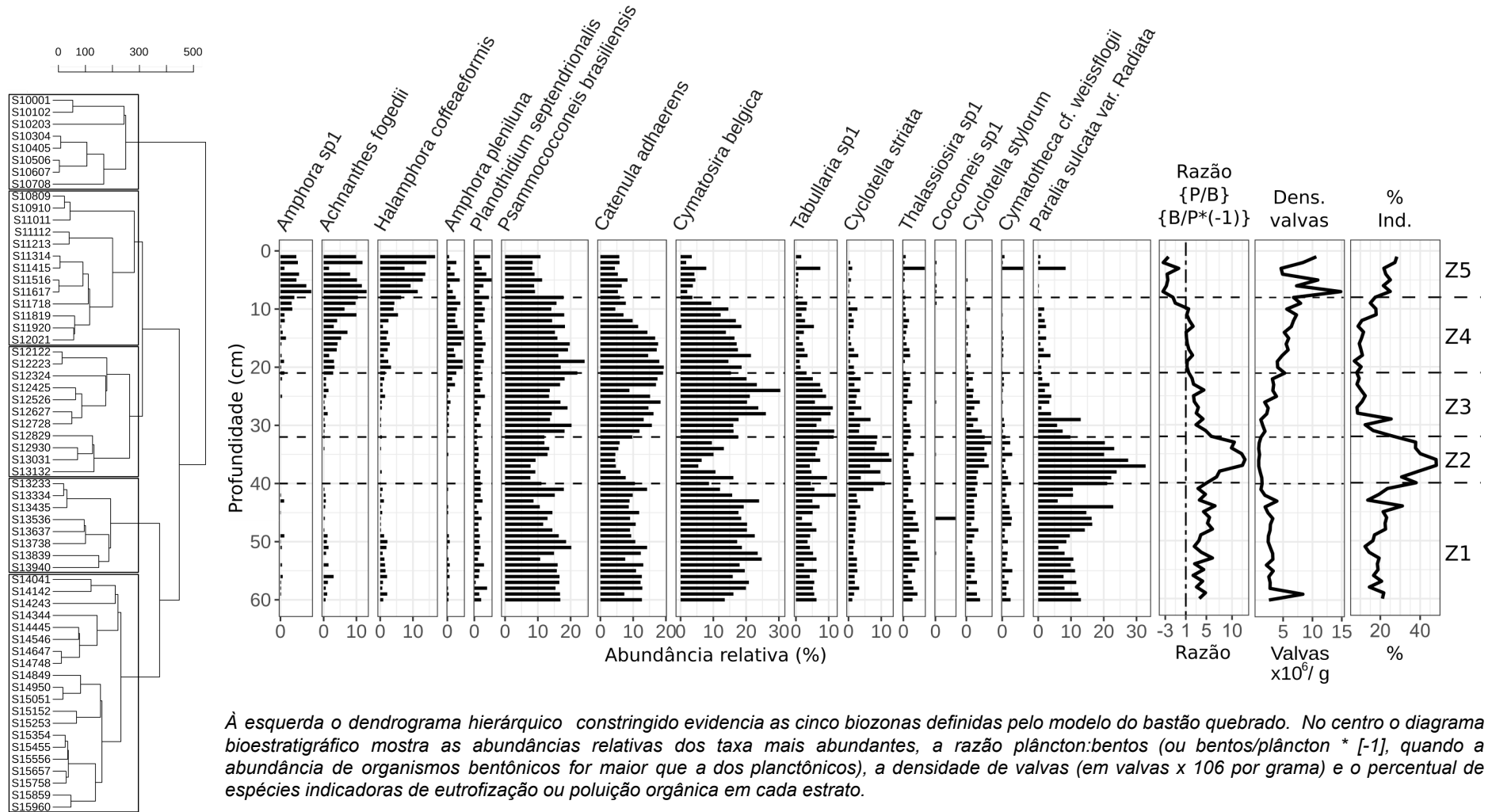
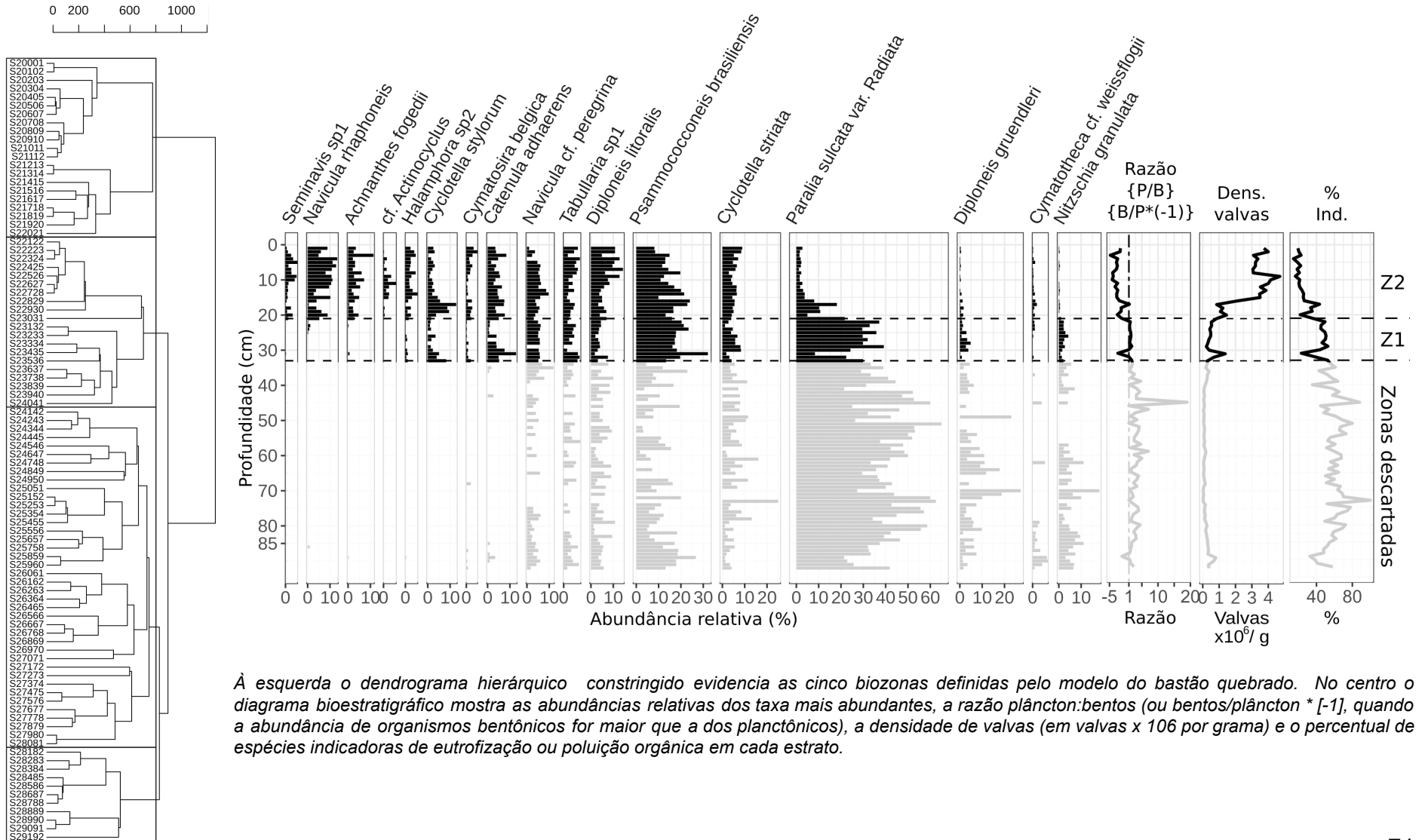


Fig 2.3 - Diagrama bioestratigráfico do testemunho SE0215 do rio Serinhaém.

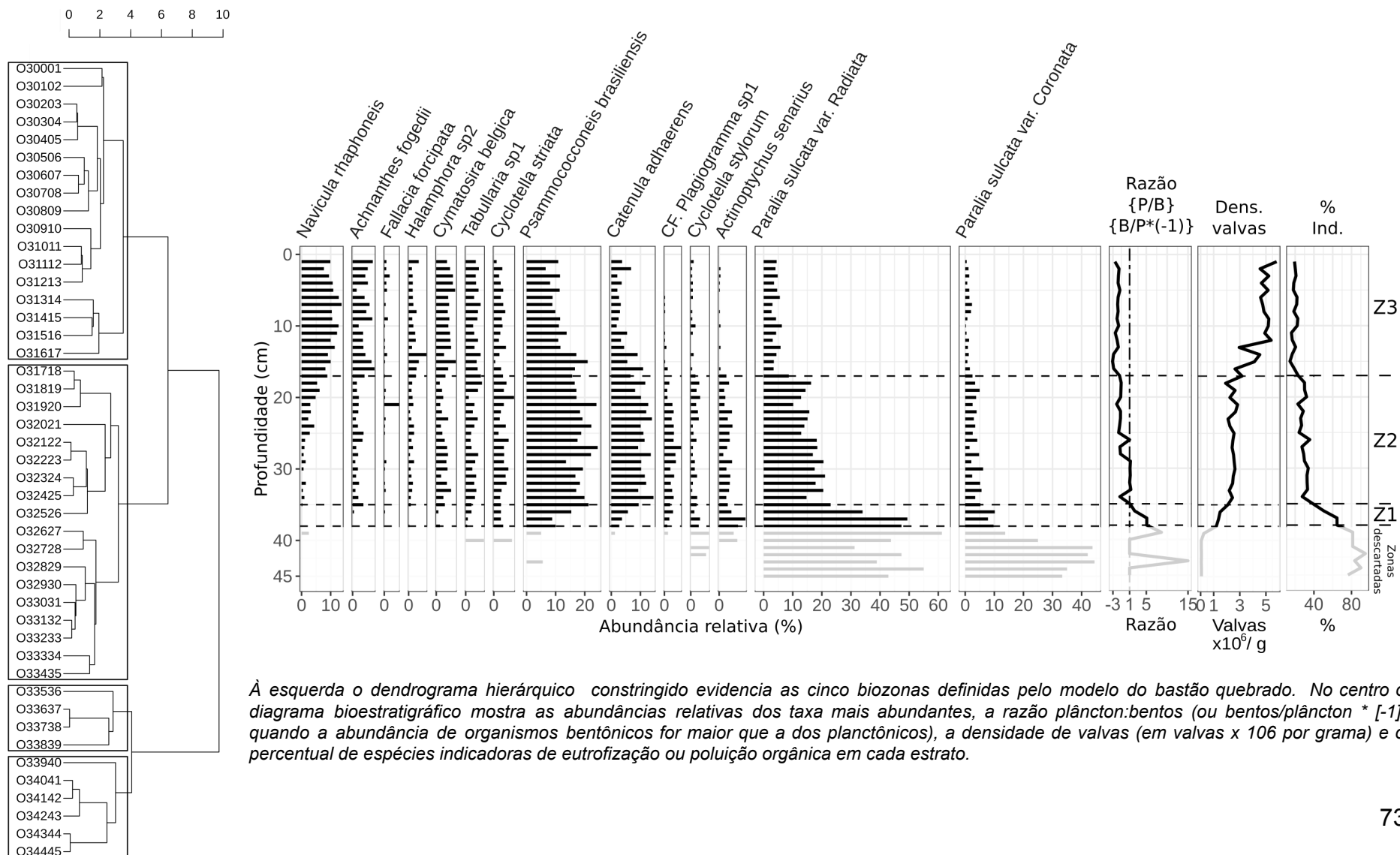


À esquerda o dendrograma hierárquico restringido evidencia as cinco biozonas definidas pelo modelo do bastão quebrado. No centro o diagrama bioestratigráfico mostra as abundâncias relativas dos taxa mais abundantes, a razão plâncton:bentos (ou bentos/plâncton * [-1], quando a abundância de organismos bentônicos for maior que a dos planctônicos), a densidade de valvas (em valvas x 10⁶ por grama) e o percentual de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica em cada estrato.

2.4.3 - Análise descritiva dos testemunhos do rio Orojó.

O testemunho SO0115 foi coletado a jusante do rio Orojó (Fig 2.1) e teve 45 cm de comprimento. Sua densidade de valvas cresceu continuamente do fundo ao topo, com média de $3,29 \times 10^6$ valvas / g, alcançando $5,82 \times 10^6$ valvas / g na amostra superficial. O modelo do bastão quebrado indicou quatro biozonas (Fig 2.4). Apenas a camada inferior de sete centímetros foi descartada devido a sua pequena densidade de valvas (média de $0,08 \times 10^6$ valvas / g). Os perfis da razão plâncton/bentos e do percentual de espécies indicadoras foram muito semelhantes entre si e seguiram a tendência aposta do perfil da densidade. Exceto pela primeira pequena zona, majoritariamente planctônica (razão média de 4,15), a maioria das assembleias deste testemunho são bentônicas, exibindo a tendência de se tornar ainda mais bentônica em direção ao topo (-0,38 e -2,01, em média, nas zonas Z2 e Z3, respectivamente). O percentual médio de espécies indicadoras foi elevada neste testemunho (27,68%), mas seus valores se reduzem substancialmente ao longo das zonas consideradas (59,84% na Z1, 30,06 na Z2 e 19,48% na Z3). 14 taxa tiveram AR superior a 5% em pelo menos uma amostra: *A. fogedii*, *A. senarius*, *C. adhaerens*, *C. belgica*, *C. striata*, *C. stylorum*, *F. forcipata*, *Halamphora* sp2, *N. rhapsoneis*, *P. brasiliensis*, *P. sulcata* var. *Coronata*, *P. sulcata* var. *radiata*, *Tabullaria* sp1 e CF. *Plagiogramma* sp1. A primeira zona (Z1 - três centímetros de comprimento - da profundidade de 38 cm à de 36 cm) exibiu um crescimento na densidade de valvas com uma média de $1,35 \times 10^6$ valvas / g; ela foi marcada pela presença de *P. sulcata* var. *radiata*, cuja as ARs se reduzem de cerca de 50% a cerca de 20%, com presença relevante de *P. sulcata* var. *coronata*, *C. adhaerens* e *A. senarius*. A Z2 (18 cm de comprimento - da profundidade de 35 cm à de 18 cm) teve uma densidade de valvas relativamente estável, oscilando em torno da média de $2,41 \times 10^6$ valvas / g, e foi caracterizada pela lenta e contínua redução das ARs de *P. sulcata* var. *radiata*, que predominou sobre a assembleia, com *P. brasiliensis*; *A. fogedii* e *C. belgica* aparecendo simultaneamente; *N. rhapsoneis* também surgiu e elevou suas abundâncias continuamente. A Z3 (zona superficial - 17 cm de comprimento) exibiu um crescimento na densidade de valvas, alcançando $5,82 \times 10^6$ valvas / g no topo (média de $4,57 \times 10^6$ valvas / g); Nesta zona as ARs de *P. sulcata* var. *radiata* abruptamente caem para cerca de 5%, *P. sulcata* var. *coronata* e *A. senarius* tornam-se apenas residuais, *P. brasiliensis* reduz suas abundâncias continuamente para menos que 10%, as abundâncias de *A. fogedii* e *C. belgica* crescem ligeiramente para cerca de 5%; *N. rhapsoneis* e *P. brasiliensis* tornam-se predominantes na assembleia (Fig 2.4).

Fig 2.4 - Diagrama bioestratigráfico do testemunho SO0115 do rio Orojó.



O testemunho SO0215 foi coletado no sítio a montante no rio Orojó (Fig 2.1) e teve 70 cm de comprimento. Ele teve pequena densidade de valvas, com média de $1,61 \times 10^6$ valvas / g. A maioria de sua extensão (do fundo até a profundidade de 34 cm) foi descartada devido à pequena densidade de valvas ($0,05 \times 10^6$ valvas / g). A análise do dendrograma e do modelo do bastão quebrado identificaram oito biozonas (Fig 2.5), mas apenas as duas mais superficiais foram analisadas. Diferentemente dos testemunhos analisados acima, todas as assembleias neste testemunho foram majoritariamente bentônicas, e se tornaram ainda mais bentônicas em direção ao topo (razão média de -5,77 considerando todas as amostras estudadas, -2,30 na Z1 e -6,84 na Z2). Algumas das amostras aqui exibiram o maior percentual de organismos bentônicos neste estudo (razões de -16,83 e -11,58 nas profundidades de 23 cm e 13 cm, respectivamente). O percentual de espécies indicadoras varia muito pouco ao longo do testemunho, mas exibindo uma suave redução (i.e., de 21,66% na Z1 a 17,01% na Z2; 18,11% de média no testemunho inteiro). 15 taxa ocorreram com mais de 5% of AR em pelo menos uma amostra: *A. fogedii*, *B. paxillifera*, *C. adhaerens*, *C. belgica*, *D. litoralis*, *Halamphora* sp2, *N. cf. ammophila*, *N. cf. duerrenbergiana*, *N. granulata*, *N. cf. peregrina*, *N. rhapsoneis*, *P. brasiliensis*, *P. sulcata* var. *radiata*, *Seminavis* sp1 e *Tabullaria* sp1. A primeira zona (Z1 - oito centímetros de comprimento - da profundidade de 34 cm à de 27 cm) teve pequena densidade média de valvas ($0,62 \times 10^6$ valvas / g) e se caracterizou pelas abundâncias de *N. rhapsoneis* e *P. sulcata* var. *radiata*, cujas ARs reduziram-se continuamente nessa zona, com a presença relevante de *C. belgica*, *C. adhaerens*, *D. litoralis* e *P. brasiliensis*. Na Z2 (26 cm de comprimento - na profundidade de 23 cm até o topo) a densidade de valvas cresceu abruptamente e passou a oscilar em torno da média de $4,09 \times 10^6$ valvas / g; nessa zona a assembleia ainda foi marcada por *N. rhapsoneis*, mas as abundâncias de *P. sulcata* var. *radiata* caíram até quase zero e as abundâncias de *N. cf. duerrenbergiana* e *A. fogedii* cresceram substancialmente nas assembleias (Fig. 2.5).

2.4.4 - Análise descritiva dos testemunhos do rio Maraú.

O testemunho MA0115 (a jusante no rio Maraú, Fig 2.1) teve 42 cm de comprimento. Sua densidade de valvas não exibiu um padrão claro, oscilando ao longo do testemunho em torno da média de $4,33 \times 10^6$ valvas / g, alcançando $6,05 \times 10^6$ valvas / g na profundidade de 24 cm na segunda biozona (Fig. 2.6). A análise do dendrograma e do modelo de bastão quebrado identificou quatro biozonas, e todas elas foram analisadas. Em relação às formas de vida nas assembleias, este testemunho é o mais peculiar neste estudo: todas as amostras foram majoritariamente constituídas por taxa planctônicas, com a razão P/B 1,23 a 6,04 com a média de 2,73, mas persistindo a tendência de se tornar mais bentônico em direção ao topo. A porcentagem de espécies indicadoras foi elevada (média de 26,17%) e apresentou um comportamento similar à razão P/B: foi elevada no Z1 (média de 32,38%), reduzindo para 28% na Z2, chegando a seu menor valor na Z3 (18,54% a 29 cm de profundidade) crescendo ligeiramente a partir daí (médias de 23,45%, e 24,99% na Z3 e Z4, respectivamente). 11 taxa com mais que 5% de AR em pelo menos uma amostra: *C. striata*, *C. stylorum*, *C. cf. weissflogii*, *D. litoralis*, *F. oculiformis*, *N. rhapsoneis*, *P. brasiliensis*, *P. sulcata* var. *radiata*, *T. cf. nitzschiodes*,

Tabullaria sp1 e *Thalassiosira* sp1. A primeira zona (Z1 - oito centímetros de profundidade - da profundidade de 42 cm até a de 35 cm) teve densidade média de valvas de $4,34 \times 10^6$ valvas / g, foi fortemente planctônica (razão média de 3,90) e foi marcada pela presença de *P. sulcata* var. *radiata*, cujas ARs se reduziram de cerca de 20% a 10%, com presença relevante de *Tabullaria* sp1 (AR de cerca de 10%), *C. striata* e *P. brasiliensis*, que alcançaram 10% de AR em algumas amostras. A segunda zona (Z2 - quatro centímetros de comprimento - da profundidade de 34 cm à de 31 cm) teve uma densidade de valvas menor que a última zona (média de $3,77 \times 10^6$ valvas / g), mas o domínio dos taxa planctônicos é ainda maior (razão média de 4,37) mas foi caracterizada pela redução das ARs de *P. sulcata* var. *radiata*; As assembleias aqui são caracterizadas pelas abundâncias de *Tabullaria* sp1 (AR de cerca de 20%). Na terceira zona (Z3 - 14 cm de comprimento - da profundidade de 31 cm à da de 17 cm), a densidade aqui cresce até a sua maior média de $4,63 \times 10^6$ valvas / g, mas os domínio de taxa planctônicos decresce aos seus menores valores (1,97); a abundância de *P. sulcata* var. *radiata* cai a valores menores que 10% e aquelas de *Tabullaria* sp1 também diminuem de cerca de 20% a cerca de 12%; *N. rhapsoneis* subitamente surge nas assembleias com abundâncias substanciais. Z4 (a zona superficial - 16 cm de comprimento) teve uma densidade de valvas um pouco menor que a última zona (média de $4,21 \times 10^6$ valvas / g) e exibiu um suave crescimento no domínio dos taxa planctônicos (razão média de 2,40); nesta zona as abundâncias relativas de *N. rhapsoneis* cresceram novamente, alcançando 26%, e *D. litoralis*, cujas abundâncias foram menores que 5% ao longo do testemunho, alcançaram mais que 10% próximo da superfície (Fig 2.6).

O testemunho MA0215 (a montante no rio Maraú, Fig. 2.1) teve 85 cm de comprimento e teve uma densidade média de valvas de $0,91 \times 10^6$ valvas / g. A análise do dendrograma e do modelo do bastão quebrado identificaram sete biozonas (Fig 2.7), mas apenas as duas mais superficiais foram analisadas devido ao fato de que a maioria do testemunho teve densidade de valvas muito pequena ($0,09 \times 10^6$ valvas / g em média). Similarmente ao primeiro testemunho do rio Maraú, as assembleias são majoritariamente compostas por taxa planctônicos com o mesmo comportamento das assembleias se tornando mais planctônicas em direção ao topo: a razão P/B média foi de 1,10 considerando todas as amostras analisadas, 2,48 na Z1 and 0,77 na Z2. O percentual de espécies indicadoras não teve uma tendência clara, mas reduziu-se da média de 35,76% na Z1 à média de 28,72% na Z2 (média global de 30,06%). 13 taxa ocorreram com mais que 5% de AR em pelo menos uma amostra: *Achnanthes* sp2, *C. adhaerens*, *C. striata*, *C. stylorum*, *C. cf. weissflogii*, *D. litoralis*, *CF. Eunotogramma* sp2, *F. oculiformis*, *N. rhapsoneis*, *P. brasiliensis*, *P. sulcata* var. *radiata*, *T. cf. nitzschiodes* e *Tabullaria* sp1. A primeira zona (Z1 - quatro centímetro de comprimento - da profundidade de 21 cm a de 18 cm) teve densidade de valvas de $1,13 \times 10^6$ valvas / g e foi marcada pela presença de *P. sulcata* var. *radiata*, cujas abundâncias relativas alcançaram 30%, com a presença relevante de *Tabullaria* sp1 e *C. cf. weissflogii*. Na zona superficial (Z2 - 17 cm de profundidade) a densidade de valvas cresce acentuadamente, alcançando $5,61 \times 10^6$ valvas / g na profundidade de 8 cm (média de $3,93 \times 10^6$ valvas / g) e é caracterizada pela súbita redução nas ARs de *P. sulcata* var. *radiata* e pelo crescimento nas abundâncias de *D. litoralis*, *N. rhapsoneis* e *T. cf. nitzschiodes*.

Fig 2.5 - Diagrama bioestratigráfico do testemunho SO0215 do rio Orojó.

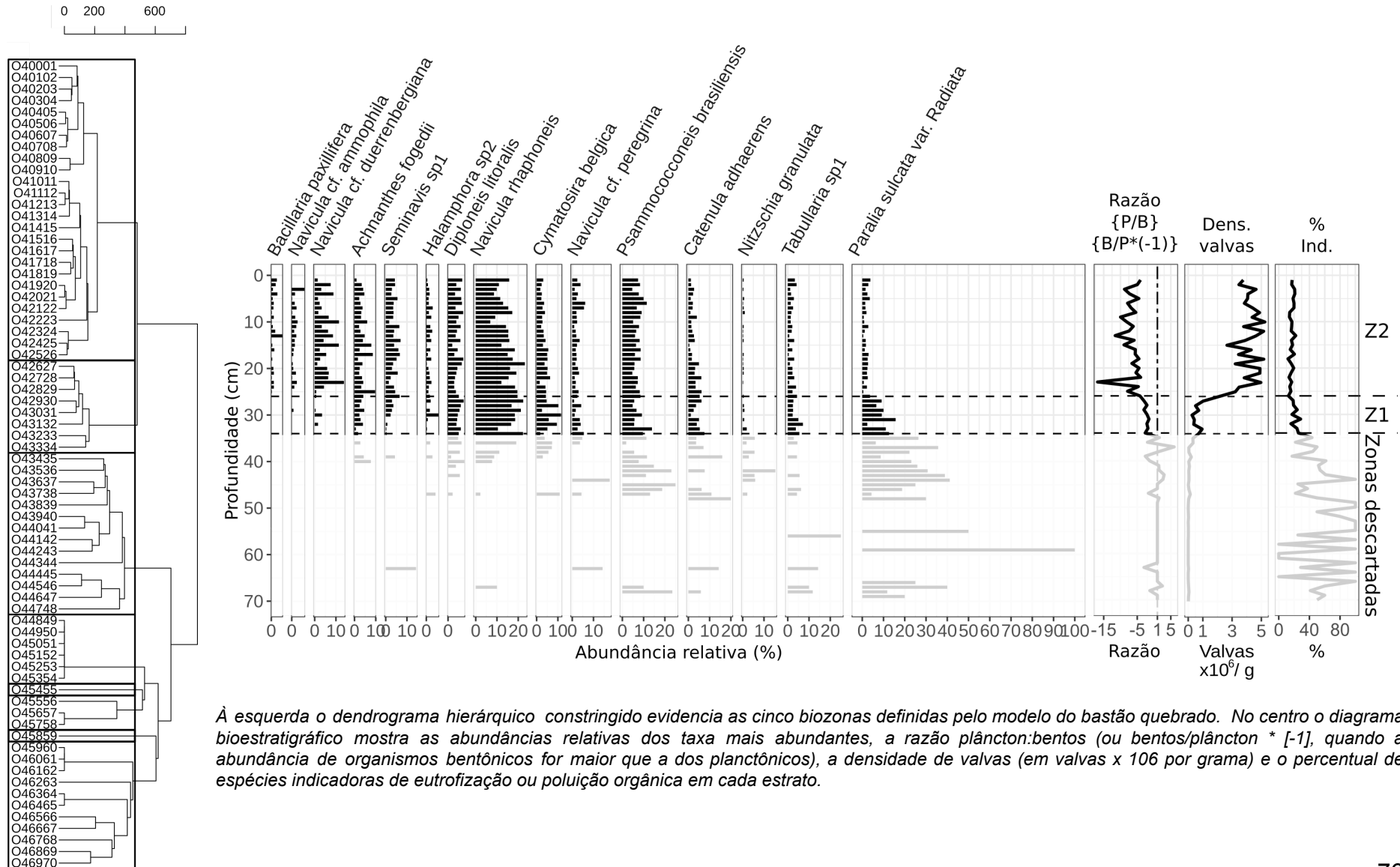


Fig 2.6 - Diagrama bioestratigráfico do testemunho MA0115 do rio Marau.

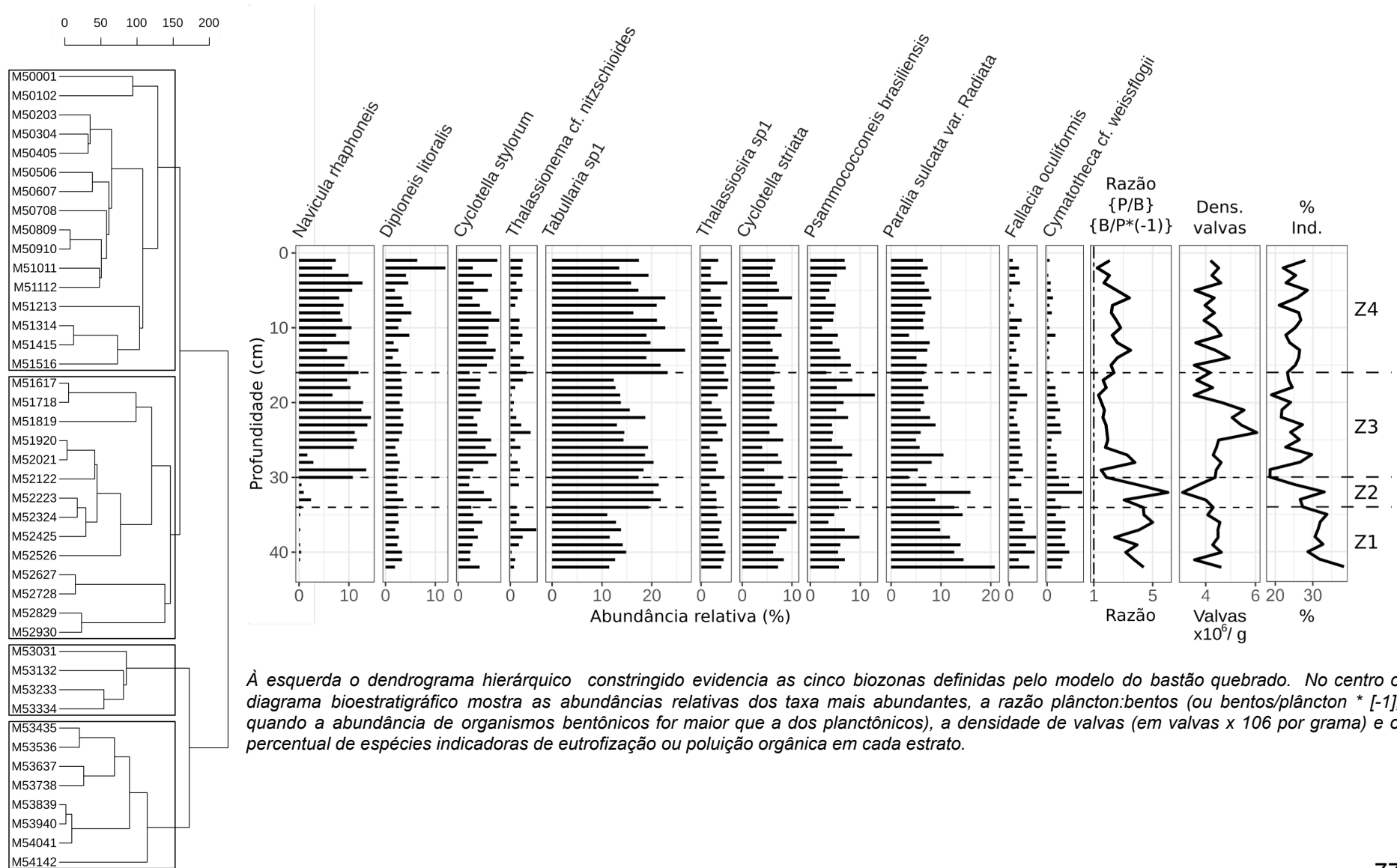
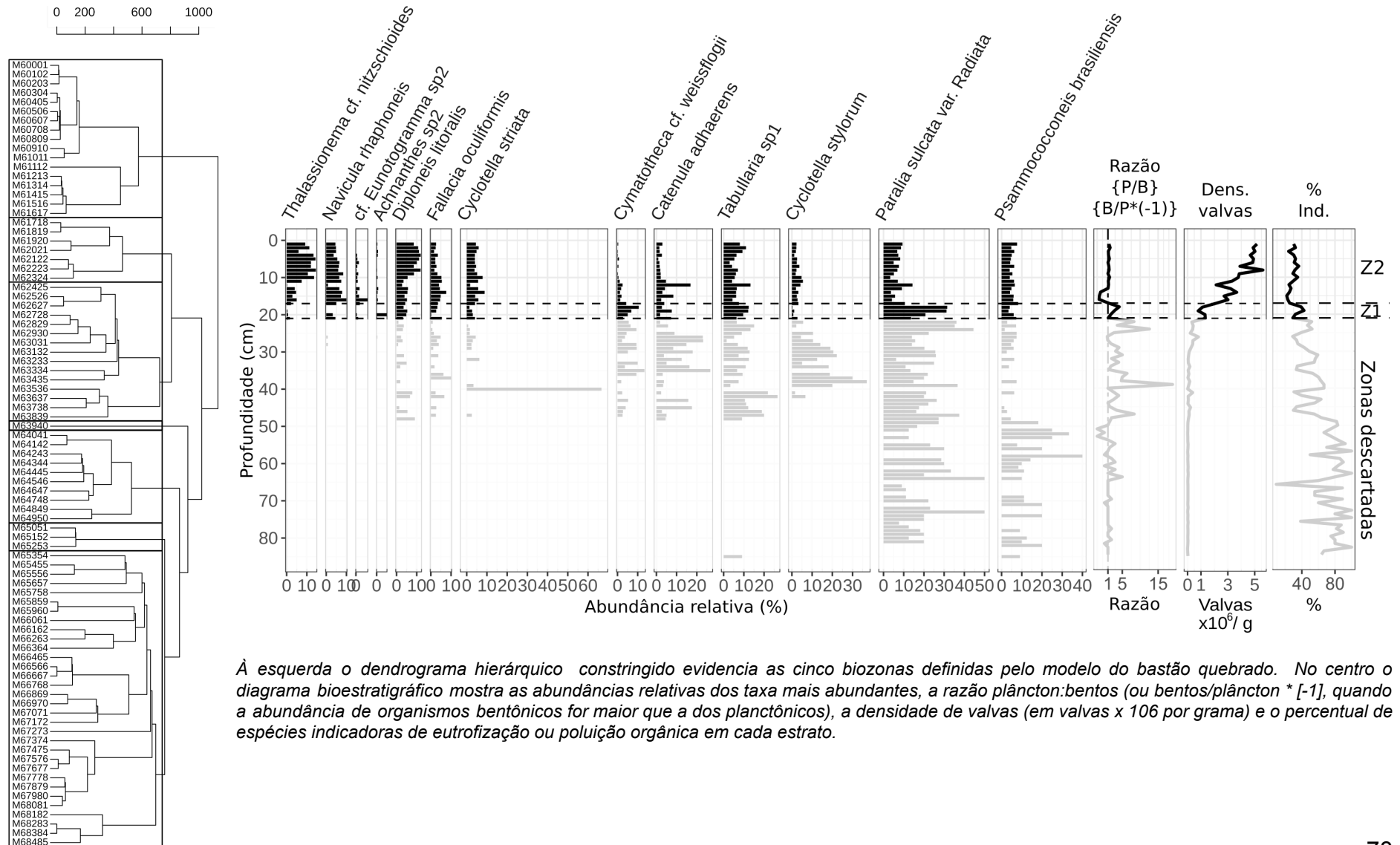


Fig 2.7 - Diagrama bioestratigráfico do testemunho MA0215 do rio Marau.

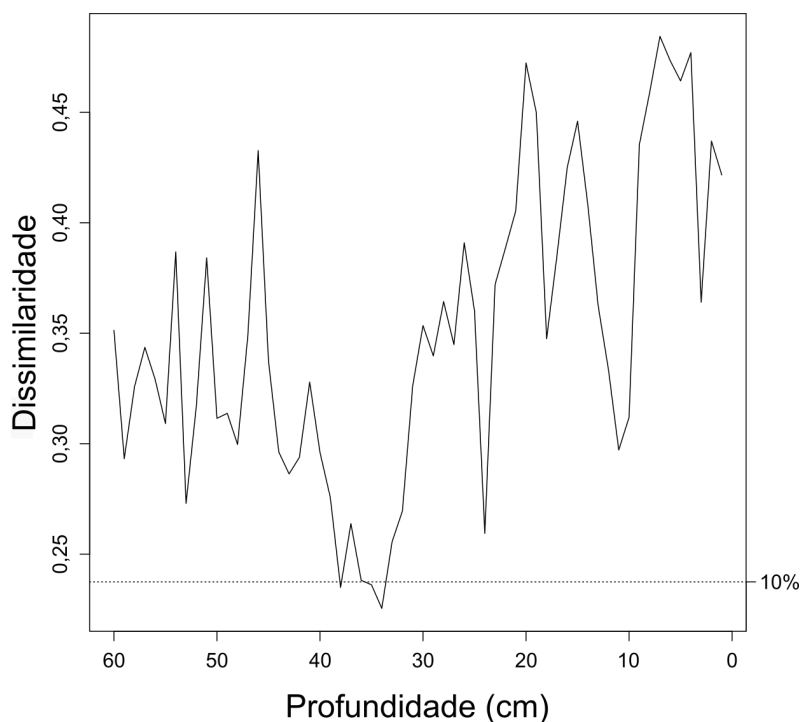


À esquerda o dendrograma hierárquico restringido evidencia as cinco biozonas definidas pelo modelo do bastão quebrado. No centro o diagrama bioestratigráfico mostra as abundâncias relativas dos taxa mais abundantes, a razão plâncton:bentos (ou bentos/plâncton * [-1], quando a abundância de organismos bentônicos for maior que a dos planctônicos), a densidade de valvas (em valvas x 10⁶ por grama) e o percentual de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica em cada estrato.

3.4.5 - A função de transferência.

O testemunho com o maior número de análogos modernos foi o SE0115 (o testemunho mais a jusante do rio Serinhaém): os índices de dissimilaridade entre as amostras modernas e pretéritas podem ser vistos na Fig 2.8.

Fig 2.8 - Dissimilaridade mínima entre as amostras modernas e as amostras do testemunho SE0115.



A linha pontilhada indica o décimo percentil da distribuição de dissimilaridade entre as amostras modernas e do testemunho SE0115.

O modelo do análogo moderno indicou, pelo método de LOO (do inglês “leave one out”, deixar de fora), o número ideal de análogos (K) como sendo dois, mas o número apontado pelo *bootstrapping* foi sete, o qual será usado nesta análise (Tabela 2.1).

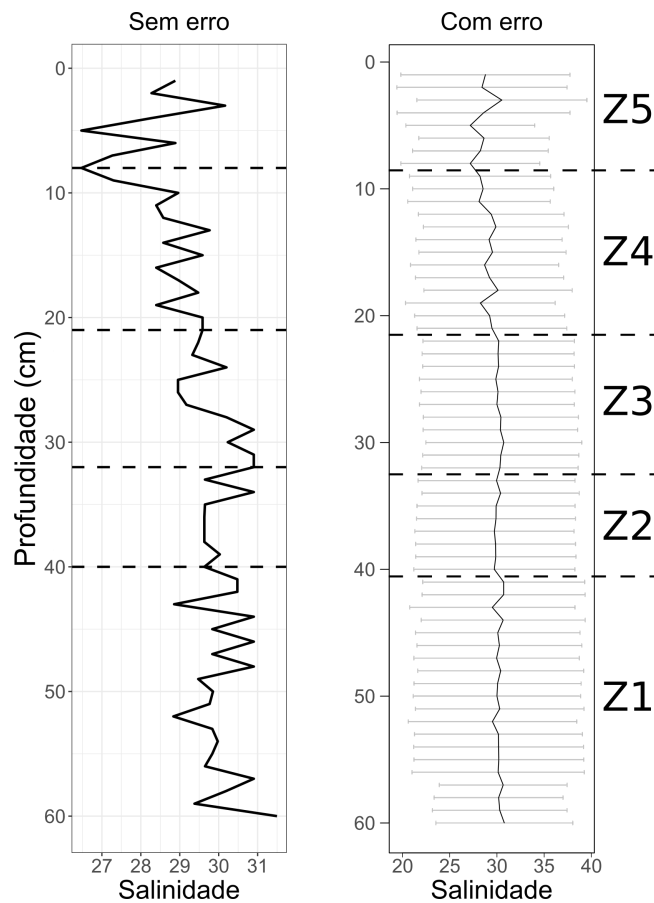
Tabela 2.1 - Definição do número de análogos (K).

Metodo	K	RMSEP	viés médio	Viés máximo
LOO	2	6,985	0,1282	13,53
Bootstrap	7	7,898	0,4831	16,30

RMSEP: do inglês “Root mean square error of the prediction”, erro quadrático médio da predição.

Os valores inferidos de salinidade para o testemunho SE0115 podem ser vistos na figura Fig 2.9. Os resultados revelaram um valor médio em torno de 30 nas zonas 1 e 2 e uma contínua redução em direção à zona 5, a zona superficial, onde ela alcançou a média de 28. Esta tendência é muito mais discreta quando considerado o erro específico de cada amostras na predição, mesmo assim ela continua visível.

Fig 2.9 - Valores modelados de salinidade para o testemunho SE0115.



As barras transversais representam o erro específico da predição de cada amostra definido por bootstrapping. As linhas tracejadas representam a separação das biozonas.

2.5 - Discussão.

2.5.1 - Análise descritiva dos testemunhos.

Os testemunhos estudados exibiram um padrão similar: as zonas mais profundas foram dominadas por taxa planctônicos e tichoplanctônicos, como *C. belgica*, Uma espécie eurihalina marinha-salobra, indicadora de condições de canais de maré arenosos (SANTOS-FISHER et al., 2016; VOS; WOLF, 1994), *Tabularia* sp1 e *P. sulcata* var. *radiata*, também uma espécie tichoplanctônica adaptada a pH neutro e elevada produtividade, que se beneficia de turbulência (MCQUOID; NORDBERG, 2003; MORO; FÜRSTENBERGER, 1997). Nas zonas em que isso acontece, a densidade de valvas é usualmente pequena, pouco acima de 1×10^6 valvas / g. Estas características indicam um ambiente mais profundo e mais energético, favorável aos taxa planctônicos em detrimento dos bentônicos.

Uma importante espécie neste estudo, que ocorreu em todas as amostras analisadas, com ARs entre 10 e 20%, foi *P. brasiliensis*, uma espécie marinha endêmica, cuja autoecologia ainda é pouco entendida. Em geral, suas abundâncias não variaram substancialmente ao longo dos testemunhos, mas exibiu uma ligeira

tendência de em direção ao topo nos dois testemunhos do rio Serinhaém e em SO0115 (testemunho a jusante do rio Orojó).

Em geral, as abundâncias relativas dos *taxa* planctônicos e tichoplanctônicos reduzem-se substancialmente nas zonas superficiais, onde a densidade de valvas e a abundância dos *taxa* bentônicos cresce, como *A. fagedii*, um reconhecido indicador de baixa qualidade da água, and *H. coffeaeformis*, uma espécie tóxica marinha-salobra, resistente a ambientes poluídos (STEPANEK, 2011). Isso pode indicar que o estuário está passando por mudanças hidrodinâmicas, de um ambiente mais energético e profundo a um menos energético e mais raso, coincidindo, em alguns casos, com impactos antropogênicos devidos ao recente crescimento das atividades econômicas.

As peculiaridades de cada testemunho devem ser discutidas:

As assembleias de diatomáceas das primeiras três zonas do testemunho SE0115 (o testemunho a jusante do rio Serinhaém) foram marcadas por *C. belgica*, *P. brasiliensis*, *C. adhaerens*, uma espécie epipsâmica marinha-salobra (VÉLEZ-AGUDELO et al., 2017; VOS; DE WOLF, 1993) e *P. sulcata* var. *radiata*. A mudança na prevalência de *taxa* nestas três zonas (Fig 2.3), do domínio por *C. belgica*, *P. brasiliensis* e *C. adhaerens* na Z1, para o domínio por *P. sulcata* var. *radiata* na Z2 com o simultâneo crescimento de *C. stylorum*, uma espécie marinha-salobra, usualmente relacionada a elevada concentração de nutrientes e temperatura [LIU et al., 2008, 2015]), e de volta à assembleias dominadas por *C. belgica* na Z3, pode indicar uma oscilação hidrodinâmica, de uma ambiente menos energético a um mais energético e, então, de volta a uma cenário com menos energia das ondas. Essas mudanças podem ser facilmente verificadas pelo perfil da razão P/B devido às crescentes percentagens da *taxa* planctônicos na Z2. Na Z4 e na Z5 (os 20 cm superficiais do testemunho) os maiores *taxa* planctônicos (*Paralia*, *Cyclotella* e *Tabullaria*) quase desaparecem do testemunho e então surgem os *taxa* resistentes à poluição (*A. fagedi* e *H. coffeaeformis*). O episódio registrado no terceiro centímetro de profundidade, na Z5, o qual também pode ser claramente visto no perfil da razão P/B, quando *taxa* planctônicos (*Paralia*, *Thalassiosira* e *Tabullaria*) abruptamente voltam a proliferar na assembleia, o que também foi acompanhado por uma redução na densidade de valvas, também pode indicar uma breve alteração na hidrodinâmica local.

O perfil da percentagem de espécies indicadoras de eutrofização no testemunho SE0115 foi, ao longo das primeiras três zonas, muito similar ao perfil da razão P/B: elevando-se em direção à Z2 e reduzindo-se, a partir daí, em direção à Z4. Esse foi um padrão observado em todos os testemunhos neste estudo. Ele pode ser explicado pelo fato de que as principais espécies planctônicas, que prevaleceram nas camadas mais antigas (mais profundas), são *taxa* bem adaptados a ambientes eutrofizados. A sua presença nessas camadas, entretanto, não pode ser automaticamente interpretada como sinal de eutrofização, uma vez que essas espécies podem estar sendo selecionadas não pelos nutrientes, mas pelas condições hidrodinâmicas.

Entretanto este comportamento se inverteu a partir da Z4, quando a razão P/B se reduziu, enquanto a porcentagem de espécies indicadoras passou a crescer

continuamente. Este padrão só foi observado nestas camadas deste testemunho (SE0115) e em nenhuma outra zona de nenhum outro testemunho. Este padrão pode indicar que um processo de eutrofização ou poluição orgânica está acontecendo nesta região mais a montante no Rio Serinhaém, como pode ser inferido pela elevada porcentagem de taxa bentônicos resistentes à baixa qualidade da água.

As assembléias de diatomáceas do testemunho SE0215 (o testemunho a montante no rio Serinhaém) exibiu o mesmo padrão discutido acima: *P. brasiliensis* prevaleceu nas assembleias ao longo do testemunho, *P. sulcata* var. *radiata* prevaleceu na Z1 com uma pequena densidade de valvas e, na Z2, a densidade cresceu rapidamente com um abrupto declínio de *P. sulcata* var. *radiata* e o surgimento de *C. Belgica*, *A. fagedii*, *Halampora* sp2 e *N. rhapsoneis*. O desenvolvimento de uma assembleia majoritariamente planctônica a uma majoritariamente bentônica foi mais sutil neste testemunho, indicando uma mudança hidrodinâmica menos intensa.

No testemunho SO0115 (A jusante no Orojó), a zonação parece essencialmente caracterizada pela abrupta diminuição das abundâncias de taxa do gênero *Paralia* (da Z1 a Z3) e pelo crescimento das abundâncias de *A. fagedii* e *N. rhapsoneis* na Z3. Diferentemente, no testemunho a montante neste rio (SO0215), *N. rhapsoneis* é a espécie predominante desde a primeira zona, com abundâncias entre 10 e 20%, exibindo uma tendência de uma ligeira redução em seus valores em direção ao topo. Ambos os testemunhos deste rio basicamente possuem assembleias majoritariamente bentônicas em todas as biozonas, com apenas uma exceção: a primeira zona do SO0115. Diferente do que ocorre em Serinhaém, neste rio não se observa a tendência mais fraca da transição em direção a uma comunidade mais bentônica.

O testemunho a jusante em Marau (MA0115) foi mais singular neste estudo. Nele, o táxon mais importante foi *Tabullaria* sp1, que predominou nas assembleias da Z2 a Z4. *P. sulcata* var. *radiata* predominou na Z1, mas manteve suas abundâncias próximas a 10% nas demais zonas. As abundâncias de *Tabullaria* sp1 oscilaram de forma semelhante ao perfil da densidade de valvas, que exibiu seus maiores valores médios nas zonas em que *Tabullaria* sp1 teve suas menores abundâncias relativas médias. *N. rhapsoneis* tornou-se importante na Z3, com abundâncias em torno de 10%. Apesar da tendência de se tornar mais bentônica, as assembleias deste testemunho foram majoritariamente planctônicas em todo o testemunho. Estas são evidências de um ambiente mais energético, que não altera suas propriedades gerais como acontece em outros testemunhos. O testemunho mais a montante (MA0215) seguiu um padrão similar: suas assembleias são majoritariamente planctônicas, mas aquelas da Z1 teve mais que o dobro da proporção média de taxa planctônicos. Neste rio, similarmente ao que ocorre em Serinhaém, a transição em direção a uma comunidade mais bentônica é mais suave no testemunho mais a montante

Sinteticamente, três pontos se destacam destes dados: o primeiro ponto é a potencial mudança no regime energético de todo o sistema estuarino, de um sistema mais energético para um menos energético; o segundo ponto é que essa mudança parece mais acentuada nos sítios amostras mais a jusante dos rios Serinhaém e

Maraú, que se localizam em posições quilômetros mais a jusante que o sítio do rio Orojó (SO0215; Fig 2.1); e o terceiro ponto é que há um indicativo de impacto antrópico na região mais a jusante do rio Serinhaém, inferido pela presença em elevadas abundâncias de *taxa* bentônicos indicadores de eutrofização ou poluição orgânica nas camadas mais superficiais do testemunho SE0115.

Paixão et al. (2010), Carreira et al. (2016) e Pedreira et al. (2017) reconheceram a Baía de Camamu como uma área de referência (prístina) usando vários indicadores químicos e a comunidade macrozoobentônica. Uma limitação destes estudos é que eles não dispunham de uma área de referência real com a qual comparar seus dados. Os dados usados aqui proveram evidências de que a região próxima a baía no rio Serinhaém pode estar passando por um processo de eutrofização, o que pode ser inferido pelo surgimento de *taxa* resistentes, o que não pode ser verificado por abordagens neoecológicas, como as usadas pelos estudos mencionados acima.

As assembleias nos testemunhos do rio Maraú exibiram características muito distintas daquelas dos demais testemunhos. A impossibilidade de identificar até o nível de espécie o *táxon* mais relevante (*Tabullaria* sp1) prejudica a interpretação dos resultados. Entretanto, é possível inferir que, neste rio, especialmente na região do testemunho mais a jusante (MA0115), o ambiente era, muito provavelmente, durante todo o período registrado, o mais energético e eutrófico, embora, possivelmente, por razões naturais.

A hipótese que pode explicar a alteração de regime energético é uma mudança no nível do mar, seja por uma regressão marinha, seja por uma progradação da zona costeira: uma regressão marinha é uma redução no nível do mar devido a processos climáticos ou geológicos com efeitos globais, tal como uma acumulação de água em calotas polares (glacioeustasia), mudanças no volume de bacias oceânicas (tectonoeustasia), ou com efeitos locais, como uma deformação na superfície equipotencial do campo gravitacional da Terra (geodoeustasia; MONROE; WICANDER, 1997). A progradação da zona costeira (tal como estuários, incluindo manguezais) é um processo local, originário da interação entre estruturas geomorfológicas e processos da dinâmica marinha e fluvial (JACKSON, 2013). Tal processo depende basicamente de grande transporte de sedimentos, o que ocorre em regiões estuarinas, e implica em muitas transformações ambientais, entre elas a mudança de regime hidrodinâmico.

Embora vistos como distintos, estes dois processos estão fortemente correlacionados: o nível geral do mar cria as condições que favorecem a existência de ambientes costeiros, incluindo estuários. Todos os estuários da Terra estabeleceram sua forma atual com a elevação do nível do mar após o último máximo glacial, cerca de 20 mil anos antes do presente (CHAPPELL; WOODROFFE, 1994). Muitos estudos sugerem que a elevação do nível global do mar também controla os processo de formação de manguezais (e.g. BEHLING; COHEN; LARA, 2001; BEHLING; COHEN; LARA, 2004; SRIVASTAVA; FAROOQUI, 2013; WOODROFFE; GRINDROD, 1991; WOODROFFE et al., 2015). Quedas do nível do mar, entretanto, são altamente desfavoráveis à criação e manutenção destes sistemas (FRANÇA et al., 2015) e estão relacionadas à retrogradação costeira e à morte de manguezais (ELLISON; STODDART, 1991; GILMAN;

ELLISON; COLEMAN, 2007). Em condições de elevação do nível do mar, a sedimentação pode compensar seus efeitos e provocar progradação costeira e criar deltas de rios (KRAUSS et al., 2014).

Regressões e transgressões marinhas são fenômenos que surgem de complexas interações entre processos continentais, oceânicos e climáticos em diferentes escalas espaço-temporais. De tal forma que não é possível desenhar uma única curva de nível do mar que seja comum a todo o mundo, mas apenas estudar variações relativas do nível do mar para pontos específicos da Terra (SUGUIO et al., 1985). O estudo deste fenômeno depende de correlações entre evidências sedimentológicas, biológicas, isotópicas, arqueológicas, entre outras. Assim, com a ausência de datação, não é possível relacionar os dados deste estudo com um modelo do nível do mar para a costa brasileira (e.g. SUGUIO et al., op. cit.). Entretanto, existe evidência que apoia a hipótese da progradação costeira.

O efeito de progradações costeiras sobre as assembleias de diatomáceas é ainda pouco estudado, mas, além dos efeitos na redução de profundidade e de energia de ondas, este fenômeno pode provocar mudanças na estabilidade dos sedimentos, um fator que, como explicado por Sylvestre, Guiral e Debenay (2004), estudando assembleias de diatomáceas em manguezais na Guiana Francesa, é o mais importante em estruturar assembleias neste tipo de ambiente: as assembleias tendem a ser mais planctônicas em maiores profundidades onde os sedimentos são majoritariamente lama fluida, e mais diversa e dominada por gêneros bentônicos *Navicula* e *Nitzschia* em manguezais, onde o sedimento é estabilizado pela vegetação.

Este é um padrão coerente com o observado aqui: a sucessão de assembleia na qual *taxa* planctônicos e tichoplanctônicos são substituídos bentônicos. Assim são evidências que apoiam a hipótese da progradação costeira na baía e em seus tributários. Esta hipótese é também reforçada pelos trabalhos de Massuanganhe et al. (2018), que encontraram um padrão similar estudando um processo de progradação no delta do rio Save, em Moçambique, como evidência de que as assembleias de diatomáceas podem ser usadas como indicadoras de paleoprocessos de progradação em ambientes estuarinos. Castro et al. (2013) também encontraram o mesmo padrão estudando a formação do delta do rio Doce, na região sudeste do Brasil.

As evidências coletadas aqui indicam que esse processo podem ter ocorrido em todos os sítios amostrais com diferentes graus de severidade: aparenta ter sido mais intenso nos sítios a jusante que nos a montante, a despeito desta tendência não se verificar no rio Orojó. Entretanto deve-se ressaltar a menor distância do sítio a montante do rio Orojó da baía do que ocorre nas estações a montante dos outros dois rios e o fato de Orojó se localizar mais próximo da área central da baía. De tal forma, esse fenômeno pode ser explicado pela proximidade dos sítios amostrais com a baía, indicando um ambiente marinho mais profundo sobre o qual o manguezal cresceu devido a contínua acumulação de sedimentos fluviais. Não está claro porque o rio Orojo foi hidrodinamicamente mais estável que os outro dois rios e se a proximidade da costa foi um fator determinante disso ou não.

De modo a adequadamente testar a hipótese da progradação, mais estudos são necessários, particularmente estudos sedimentológicos. Quando manguezais são formados, processos fluviais e marinhos se alternam ao longo do tempo. Assim é possível inferir a ordem e a forma em que esses processos ocorreram pela análise granulométrica: sedimentos finos são usualmente relacionados à influência fluvial, enquanto areia à marinha (MASSUANGANHE et al, 2018). Acompanhados por datação radioisotópica, estes estudos podem também revelar as causas do processo (natural ou antrópica) e seu período de tempo.

2.5.2 - Análise da função de transferência.

Houve uma grande dissimilaridade entre as assembleias modernas e as pretéritas do testemunho estudado (SE0115), como evidenciado pela Fig 2.8: apenas um pequeno número de assembleias localizadas entre as profundidades de 30 e 40 cm tiveram dissimilaridade inferior a 10%. Segundo Simpson (2007), o limite para se obter funções de transferências robustas é de 5%. Estes resultados põem em dúvida a acurácia das inferências, ainda assim este testemunho teve os melhores resultados entre os seis estudados.

Da análise do diagnóstico do modelo, pode se observar o elevado o elevado erro relacionado à predição (RMSEP), o que pode ser consequência da elevada dissimilaridade entre as amostras modernas e pretéritas. No Diagnóstico também pode-se observar o desvio na linha de ajustamento quando a salinidade está entre 25 e 30, o mesmo acontecendo em relação aos desvios das amostras (Apêndice 5). Os dados do diagnóstico do modelo indicam que os valores inferidos de salinidade não são confiáveis. Mas permanece a questão de se eles devem ser descartados ou se ainda podem ser úteis de outro modo.

Como se pode ver na Fig 2.9, considerando o erro específico de cada amostra, expressão da incerteza da análise, a tendência da redução da salinidade ainda pode ser observada, embora com muito menos clareza do que sem as barras de erro. Para entender este problema é necessário também entender como este erro específico é calculado: seguindo Simpson (2007), o erro específico pode ser calculado pela Equação 2.1.

$$\text{RMSEP} = \sqrt{S_{1fóssil}^2 + S_{2modelo}^2} \quad (\text{Equação 2.1})$$

Nesta equação, RMSEP é o erro quadrático médio da predição, " $S_{1fóssil}$ é o desvio padrão da estimativa de *bootstrap* do ambiente para uma amostra fóssil individual e $S_{2modelo}$ é o viés médio (média dos resíduos) do modelo do análogo moderno" (SIMPSON, 2007). em outras palavras, o erro específico já considera em seus valores a dissimilaridade entre cada amostra do testemunho e as amostras modernas, que é, justamente, o principal problema desta análise.

Embora seja impossível fixar os valores inferidos da salinidade pretérita, esta informação nos permite razoavelmente assumir que uma redução desta variável ocorreu. Falta tentar entender quais processos podem ter contribuído para estes resultados.

A redução na salinidade é compatível com os fenômenos que elevam a importância dos processos fluviais no estuário, dos quais pode-se destacar a redução no nível do mar (MONROE; WICANDER, 1997) e a progradação da zona costeira (KRAUSS et al., 2014) discutidos acima. Essa redução também pode ser inferida pela análise descritiva das assembleias de diatomáceas, relacionada pela maior abundância *taxa* de águas salobras e a menor abundância de *taxa* planctônicos marinhos nas camadas superiores (as mais recentes). Pode-se inferir por esses dados que a mudança na salinidade em toda a baía, salvo a maior intensidade dessas mudanças nos sítios a montante, pode ser um dos maiores fatores da sucessão biológica das assembleias locais de diatomáceas. Deste modo, estes resultados reforçam a hipótese da progradação costeira.

2.6 - Conclusão.

Foi observado um padrão consistente na sucessão das assembleias de diatomáceas ao longo dos testemunhos coletados na Baía de Camamu: essas assembleias se tornaram mais bentônicas nas camadas mais recentes. Esse processo é mais intenso nos sítios amostrais mais próximos da costa. Também ocorreu *taxa* bentônicos resistentes a eutrofização e poluição orgânica em maiores abundâncias nas camadas mais recentes (camadas superiores) na região mais a jusante do rio Serinhaém. estes dados apoiam a hipótese da degradação do estado de conservação da baía naquela região. A baía como um todo passou por um processo de progradação costeira, de um ambiente marinho, mais profundo e mais energético a uma ambiente mais raso, salobro e menos energético. A análise da função de transferência para a salinidade indicou uma tendência de redução de seus valores, o que também pode estar relacionado ao processo de progradação da zona costeira.

CAPÍTULO 3 - AVALIANDO A VULNERABILIDADE AMBIENTAL ATRAVÉS DE DIATOMÁCEAS.

3.1 - Resumo.

Este estudo teve os objetivos de adaptar o método proposto por Luers (2005) para avaliar a vulnerabilidade ambiental relativa entre localidades para ambientes aquáticos com o uso de diatomáceas e aplicá-lo em região estuarina que passou por um recente crescimento econômico. Para adaptar este método, algumas mudanças foram feitas na função de vulnerabilidade: uma inversão nos termos do denominador, que permitiu o seu uso quando o limiar ambiental tolerável é um valor máximo de uma variável-chave; outra adaptação foi o uso de dados paleoambientais como indicadores da sensibilidade do sistema. Seis localidades foram escolhidas nesta região para a coleta de amostras de sedimento superficial e testemunhos. A variável-chave escolhida foi a percentagem de *taxa* indicadores de eutrofização ou poluição orgânica, que foi determinado para todas as amostras. O valor para o limiar da variável chave foi estabelecido em 20% e a medida da sensibilidade foi o desvio padrão da percentagem de *taxa* indicadores das assembleias preservadas nos testemunhos próximos a cada localidade estudada. Foi determinado que as regiões mais vulneráveis na Baía de Camamu são a mais a jusante no rio Maraú e as áreas a montante e a jusante no rio Serinhaém. Os principais fatores relacionados à vulnerabilidade na baía foram a profundidade, a condutividade e as concentrações de oxigênio dissolvido e de silicato. O método permitiu uma integração matemática inédita entre a neo e a paleoecologia, o que proveu informações mais úteis que ambas quando isoladas.

Palavras-chave: análise de impacto; avaliação ecológica; fitobentos.

Abstract.

This study had the objectives to adapt the method proposed by Luers (2005) to assess the relative vulnerability between localities for the use of diatoms in aquatic environments and to apply it to an estuarine region with a recent economic growth history. In order to adapt the method, some changes were made in the vulnerability function: an inversion in the terms on the denominator, to allow its use when the bearable threshold is a maximum value and the use of paleoenvironmental data as an indicator of the system's sensibility. Six locations in these regions were sampled to take surface sediment and core samples. The chosen key variable was the ratio of indicative species to eutrophication or organic pollution, which was determined for all samples. The threshold value was set in 20% and the measure of the sensibility was the standard deviation of the ratio of the core samples near each surface station. It was determined that the most vulnerable stations in Camamu Bay are the most downstream in the Maraú river and both (downstream and upstream) stations of the serinhaém river. It was concluded the depth, conductivity and concentrations of dissolved oxygen and silicate were determining factors of the sensibility of this system. The method allowed a unprecedented mathematical integration between neo

and palaeoecological data. which provided even more useful information than any of them in isolation

Key Words: impact analysis; ecological assessment; phytobenthos.

3.2 - Introdução.

Criado entre as ciências humanas, relacionado à análise de risco, o conceito de vulnerabilidade ambiental vem sendo crescentemente usado em ecologia, em estudos de impacto antrópico, desde o seu advento pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Ele foi definido como “o grau em que o sistema está suscetível a, ou incapaz de lidar com os efeitos dos, efeitos adversos das mudanças climáticas, incluindo variabilidades climáticas e extremos. Vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude, e taxa de mudança climática e variação aos quais o sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade adaptativa” (WHITE et al., 2001).

Com o início das sociedades industriais, acompanhadas por extensivo desmatamento, eutrofização do solo e da água, intensiva queima de combustíveis fósseis, poluição e sobreexploração dos recursos naturais, estamos pressionando a resiliência dos ambientes naturais ao seu limite e ameaçando toda a biodiversidade (REID et al., 2005). A vulnerabilidade surgiu como uma ferramenta para facilmente identificar quais elementos de cada impacto (suas causas, a sensibilidade do ambiente a eles e os mecanismos do ambiente para lidar com eles) são os melhores candidatos à intervenção de agentes ambientais (MUMBY et al., 2014).

Para fazê-lo, a abordagem da vulnerabilidade ambiental decompõe as ameaças ambientais em seus elementos intrínsecos e extrínsecos ao sistema. A maioria dos autores considera dois elementos intrínsecos: a sensibilidade, que é a intensidade da resposta de um sistema a um impacto, e a capacidade adaptativa, que é a capacidade do sistema de mitigar ou evitar os efeitos danosos destes impactos (GALLOPÍN, 2006). O elemento extrínseco é a exposição, que é o grau em que um sistema está exposto a uma fonte particular de impacto (ADGER, 2006; LUERS, 2005; LUERS et al., 2003; TURNER II et al., 2003). O objetivo é identificar os ambientes mais vulneráveis, prioridades à intervenção, e determinar quais elementos podem ser manipulados para torná-los menos vulneráveis ao impacto.

Entretanto, determinar a vulnerabilidade de um modo razoavelmente objetivo, através de uma única métrica, não é uma tarefa simples (ADGER, 2006). Uma solução interessante e elegante, que captura vários aspectos do conceito, foi proposta por Luers et al. (2003). Esta proposta considera a vulnerabilidade como a integral da sensibilidade do sistema a uma variável-chave em relação a um valor limite desta mesma variável. Luers (2005), entretanto, advertiram que este método somente pode ser usado em sistemas nos quais as relações matemáticas entre as variáveis-chave e processos intrínsecos do sistema são precisamente conhecidas, o que não é possível em muitos sistemas complexos. Nesse mesmo artigo, a autora propõe uma nova e muito mais simples solução: avaliar a vulnerabilidade relativa entre sítios amostrais, com a vantagem de não necessitar o conhecimento destas complexas relações matemáticas.

Entre os sistemas mais ameaçados pelas atividades humanas estão os estuários, que têm perdido sua biodiversidade e sua capacidade de prover seus importantes serviços ecossistêmicos sob pressão das atividades de agricultura, indústria e turismo (LITTLE et al., 2017). Um dos impactos relacionados a estas atividades mais graves sobre os estuários é a eutrofização: o enriquecimento destes sistemas por nutrientes tem um efeito disruptivo capaz de reduzir sua diversidade e funcionamento (COELHO et al., 2009; LÓPEZ-ABBATE et al., 2019; PEARL, 2006).

As assembleias de diatomáceas são importantes produtores primários em ambientes aquáticos e são considerados excelentes indicadores da qualidade da água (CHEN et al., 2016.A; KELLY; WHITTON, 1995; LOBO et al., 2004). Muitos estudos neo e paleoecológicos mostram a sensibilidade a impactos (naturais ou antrópicos) destas assembleias: relacionados à profundidade e luz (FIERER et al., 2010; GOMES et al., 2014; SIMO-MATCHIM et al., 2016), à temperatura (VYVERMAN; SABBE, 1995), salinidade (HASSAN; ESPINOSA; ISLA, 2009), hidrodinâmica (HAY et al., 2014), eutrofização e pH (BEULKER; LESSMANN; NIXDORF, 2003; DOUGLAS; SMOL, 2000; RUKHOVETS et al., 2003). Mas elas nunca foram usadas em estudos de vulnerabilidade. E, a despeito de seus resultados simples, poderosos e úteis, a vulnerabilidade ambiental foi normalmente usada em sistemas agroflorestais, mas nunca em sistemas costeiros.

Os objetivos deste estudo são adaptar os métodos propostos por Luers (2005) para seu uso em sistemas estuarinos com variáveis-chave relacionadas à diatomáceas e de aplicá-lo, como um estudo de caso, em um estuário que passou por um recente processo de crescimento econômico para apontar os fatores que são os mais responsáveis por sua vulnerabilidade à eutrofização e identificar quais de suas regiões são mais vulneráveis a ela.

3.3 - Metodologia.

3.3.1 - Como avaliar a vulnerabilidade usando diatomáceas.

Como proposto por Luers (2005), a vulnerabilidade é definida como um vetor e a vulnerabilidade relativa como uma posição em uma superfície (superfície de vulnerabilidade, doravante chamada 'SV'), a qual é definida como uma função da razão entre dois fatores: o primeiro é a combinação entre sensibilidade e exposição tratados como um único fator, inseparáveis, e o segundo é a razão entre o estado de ambiente em relação a uma variável-chave e o valor limiar desta mesma variável, que, se superado, o ambiente pode ser considerado como danificado.

Aqui, a primeira pequena adaptação se faz necessária: em seu trabalho a autora aplica seu trabalho em um sistema agrário, estudando a sua vulnerabilidade à escassez de água, que foi uma forma de estimar sua vulnerabilidade climática. Desta forma, o limiar era um valor mínimo tolerado de chuvas para as fazendas. No estudo de impactos antrópicos em ambientes aquáticos, geralmente trabalhamos com variáveis direta e positivamente relacionadas aos estresses ambientais (e.g., entrada de nutrientes, que podem elevar o estado trófico do corpo d'água). Neste caso, as variáveis têm um limiar máximo (um valor que, se excedido, representa a transição a um estado danificado do sistema), e não um mínimo. Logo, propomos

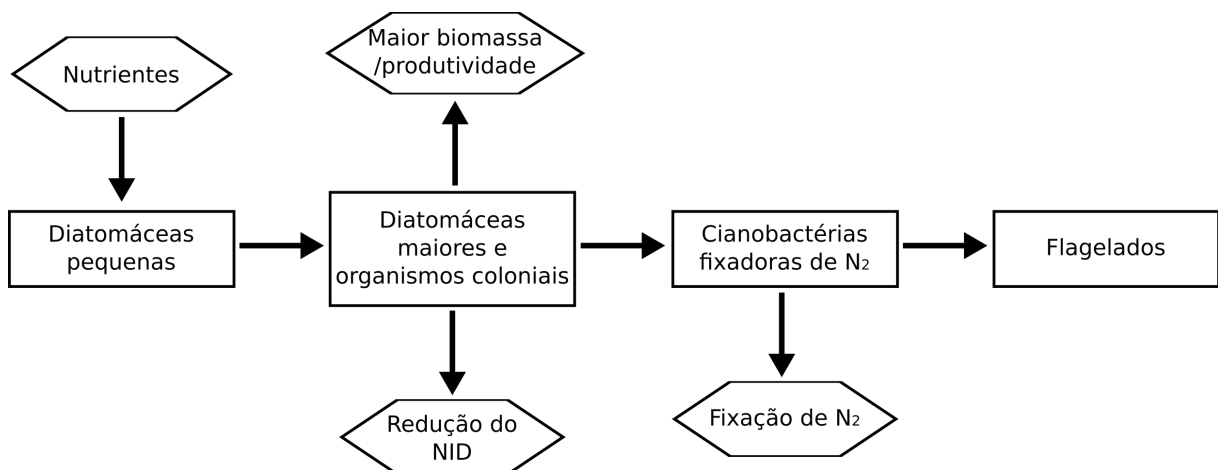
aqui a pequena modificação na função de vulnerabilidade (Equação 3.1): inverter os termos do denominador. Deste modo, aqui, o limiar será dividido pelo estado (Equação 3.2).

$$Vulnerabilidade = f\left(d \frac{(Sensibilidade; Exposição)}{Estado / Limiar}\right) \text{ (Equação 3.1 - equação original)}$$

$$Vulnerabilidade = f\left(\frac{(Sensibilidade; Exposição)}{Limiar / Estado}\right) \text{ (Equação 3.2 - equação modificada)}$$

A análise de vulnerabilidade permite que várias hipóteses sejam exploradas em análises sucessivas de forma rápida e simples, mas, para tanto, os pesquisadores precisam ter um bom entendimento do que estão estudando. Pela análise da Equação 3.2, pode-se perceber a demanda por uma série de informações sobre o sistema estudado: a primeira e mais importante questão é sobre o funcionamento do sistema em relação a um estressor ao qual ele tem certa sensibilidade. Em sistemas costeiros, por exemplo, existe uma relação entre os nutrientes originários de atividades humanas e o crescimento e a estruturação de assembleias de microalgas. Tal relação pode ser mais facilmente entendida com a ajuda de modelos gráficos (Fig 3.1). Este Modelo, que foi baseado no trabalho de Hood et al. (2004), evidencia a influência dos nutrientes sobre a sucessão microalgal e pode ser a base para a compreensão dos termos da função de vulnerabilidade: neste caso, a dualidade Sensibilidade;Exposição pode ser expressa pela variação local de uma variável-chave diretamente conectada ao estressor (eutrofização), que iria variar em resposta a este estressor, como a biomassa da assembleia fitoplanctônica, ou a densidade de espécies indicadoras de poluição, ou muitas outras variáveis. O estado e o limiar são, respectivamente, o valor (absoluto ou médio) desta mesma variável na região ou sítio amostral estudado e o valor máximo suportável desta variável, que, se superado, o sistema pode ser considerado como danificado.

Fig 3.1 - Modelo gráfico da sucessão do fitoplâncton marinho durante processo de eutrofização.



Retângulos representam os estágios da sucessão; hexágonos representam as entradas e saídas do sistema; NID: nitrogênio inorgânico dissolvido. Baseado em Hood et al. (2004).

Um modelo explicativo, como o da Fig 3.1, é baseado em conhecimentos sobre os processos biológicos e sociais relacionados às ameaças sobre o ambiente. O uso de um modelo na avaliação de vulnerabilidade conduz a uma série de questões e guia

decisões racionais dos pesquisadores sobre: quais os problemas a serem investigados, qual a escala espaço-temporal a ser considerada, quais fatores contribuem para a piora da situação e qual variável-chave deve ser usada. De todos os possíveis variáveis-chave, uma deve ser escolhida por sua importância e urgência. Esta escolha, obviamente, leva a uma ou mais questões de pesquisa, que devem ser feitas da forma mais clara o possível. Normalmente esse é o primeiro passo deste tipo de análise. No caso de um estuário ameaçado por eutrofização, pode-se fazer as seguintes questões:

- 1) Quais são as regiões do estuário mais vulneráveis à eutrofização?
- 2) Quais são as características de cada região que contribuem para a variação da vulnerabilidade entre elas?
- 3) Quais são as características que deveriam ser alvos prioritários de intervenção?

Estas questões devem ser a base para a escolha das variáveis-chave, que permitem a avaliação objetiva da vulnerabilidade e guiar as decisões gerenciais para reduzi-la. Desta forma se cria, ao mesmo tempo, os alvos de esforços de mitigação de impactos. Uma vez escolhida a variável-chave, deve-se também estabelecer o seu limiar tolerável.

É importante determinar quais fatores compõem a sensibilidade do sistema ao estresse (neste caso, a eutrofização). Estes fatores são variáveis relevantes ao funcionamento do sistema, que agem mantendo suas condições atuais. Este é um estágio no qual o pesquisador, munido de seu conhecimento sobre o sistema estudado e sobre os processos ecológicos relacionados aos estresses que ele pode sofrer, propõe hipóteses sobre estas variáveis e quais delas seriam candidatas à intervenção. O potencial de ser alvo de intervenção depende da velocidade em que elas podem ser alteradas: variáveis de rápida mudança são normalmente escolhidas como prioridades para intervenção. Variáveis de mudança lenta podem ser consideradas como invariáveis em estudos de curta duração, mas podem ser conectadas a mudanças gerais no estado do ambiente.

A sensibilidade reflete a quantidade de mudança no estado ambiental em resposta à severidade do impacto. Em outras palavras, a taxa em que o estado varia, expressa pela variável-chave, à medida em que o estresse continua.

Por fim, é também importante identificar os aspectos do sistema que dão a ele sua capacidade adaptativa, entendida aqui como todos os elementos intrínsecos que permitem ao sistema melhor resistir aos danos ou a mitigá-los. Um desses importantes elementos, estritamente falando de sistemas socioecológicos, é a flexibilidade das políticas públicas, que comumente são as melhores ferramentas que as comunidades têm para enfrentar seus problemas ambientais.

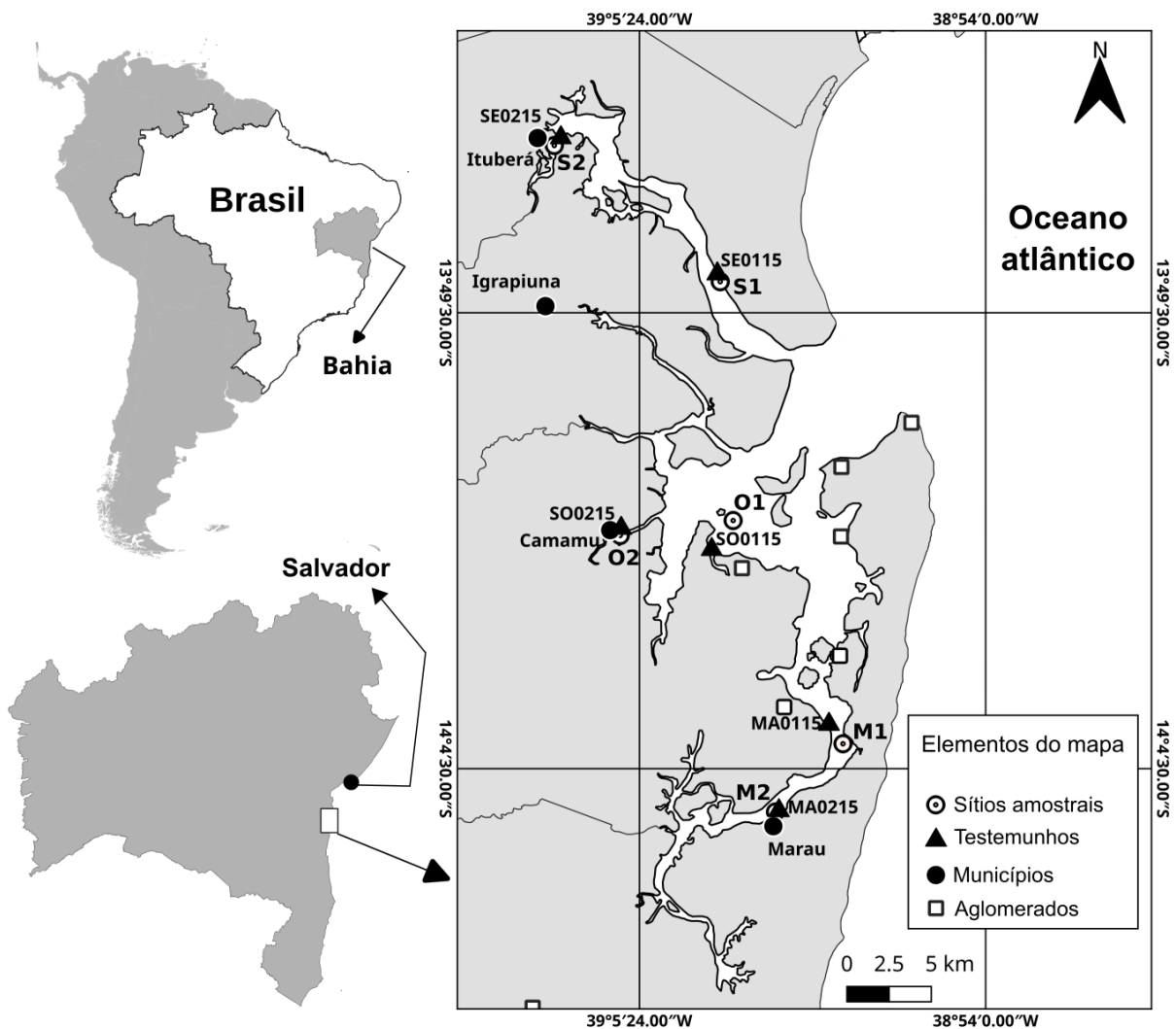
Preenchidas essas lacunas, a metodologia de Luers (2005) pode ser aplicada e a superfície de vulnerabilidade pode ser confeccionada. Na próxima seção, a adaptação do método da autora que propomos aqui será aplicado, passo-a-passo,

em um estudo de caso de uma região estuarina que passou por um recente e rápido crescimento econômico, o qual pode ter impactado diferencialmente suas águas.

3.3.2 - Amostragem.

Para conduzir este estudo, nós selecionamos, entre os sítios amostrais superficiais utilizados no Capítulo 1 desta tese, os mais próximos de cada uma dos testemunhos coletados para o Capítulo 2. Deste modo estabelecemos seis regiões para representar a Baía de Camamu: três localizadas proximamente aos mais populosos municípios da BC (i.e., os municípios de Ituberá, Camamu e Marau, bordejando, respectivamente, os rios Serinhaém [S], Orojó [O] and Marau [M]) e três regiões alguns quilômetros a jusante nos mesmos rios. Estes sítios amostrais (i.e., sítios S04, S10, O07, O10, M06 e M07) foram renomeados como S1, S2, O1, O2, M1 e M2, respectivamente (Fig 3.2).

Fig 3.2 - Sítios amostrais superficiais da Baía de Camamu.



Aglomerados incluem urbanos e rurais. As letras indicam os rios: S – Serinhaém; O - Orojó; M - Marau.

Foram utilizados neste capítulo todos os dados biológicos (as assembleias de diatomáceas modernas da estação chuvosa e seca e as assembleias preservadas nos testemunhos) e ambientais (profundidade da água, pH, condutividade, potencial de oxirredução, temperatura da água, oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão, fósforo total, fosfato, nitrogênio total, nitrato, silicato e amônia também determinadas para as estações chuvosa e seca) para cada um dos sítios selecionados (dados gerados nos capítulos 1 e 2; Apêndice 2), e dados populacionais obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) para os três municípios citados acima para o ano de 2013 (ano da coleta das amostras superficiais).

3.3.3 - Determinação dos termos e análise numérica.

O primeiro passo no estudo da vulnerabilidade relativa é a escolha do estresse ao qual o ambiente é vulnerável. Devido às muitas atividades econômicas, tal como agricultura, indústria e turismo, os estuários do mundo estão comumente e gravemente afetados pela eutrofização (COELHO et al., 2009; LÓPEZ-ABBATE et al., 2019; PEARL, 2006). Assim sendo, escolhemos aqui a eutrofização como o estresse. Uma variável chave precisa ser selecionada para expressar o estado das diferentes localidades da área estudada no que concerne à eutrofização. Muitas variáveis físico-químicas ou biológicas poderiam ser usadas. Nós decidimos usar a percentagem de espécies de diatomáceas indicadoras de eutrofização ou de poluição orgânica como variável-chave. Essa escolha não apenas nos permite identificar os diferentes graus de eutrofização entre as regiões da área estudada, mas também produzir inferências sobre suas causas e circunstâncias. A seleção das espécies indicadoras seguiu a literatura citada nas metodologias dos capítulos 1 e 2.

Em seguida é necessário estabelecer um valor limiar tolerável para a variável-chave (i.e., o percentual de espécies indicadoras): um valor que indique o ponto de ruptura, que, se superado, podemos considerar o ambiente como “quebrado”. Não há consenso na literatura publicada sobre um limiar deste percentual. Aqui escolhemos seguir a sugestão de Kelly (1998), que propõe um limite de 20% de espécies indicadoras de poluição orgânica como indicativo da origem antrópica da eutrofização. Na verdade, como estamos adaptando um método para determinar a vulnerabilidade relativa, qualquer valor de limiar escolhido deve resultar na mesma posição relativa entre as áreas estudadas. Mesmo assim, este valor sugerido pelo autor mencionado acima é corroborado por um estudo de campo e é razoável dentro da lógica das políticas e operações públicas, assim ele pode ser útil no gerenciamento de ambientes impactados, obtendo resultados práticos.

O próximo passo é determinar a sensibilidade do sistema à eutrofização. Para numericamente expressar a sensibilidade, como sugerido por Luers (2005), pode-se usar a variabilidade temporal da variável-chave (percentagem de espécies indicadoras), uma medida univariada da variabilidade, como o desvio padrão, por exemplo. O problema é que, para obter este dado, um longo período de monitoramento é necessário, o que é caro, lento e raramente está disponível para muitos sistemas mundialmente. Aqui propomos outra adaptação ao método que pode prover tal informação: o uso de dados paleoecológicos. Aqui foi determinado o desvio padrão do percentual de espécies indicadoras ao longo da sucessão

ecológica em cada testemunho coletado na vizinhança de cada sítio amostral. Para que os dados dos testemunhos possam ser comparáveis entre si, recomendamos que se limite os estratos bioestratigráficos de modo que o número de estratos em cada testemunho seja o mesmo. Em nosso estudo de caso, devido à pequena densidade de valvas nas camadas mais profundas de vários testemunhos coletados na Baía de Camamu, decidimos limitar o estudo às primeiras 21 camadas (21 cm) de cada testemunho.

Então é necessário escolher os fatores responsáveis ou relacionados ao ganho de vulnerabilidade nos diferentes sítios amostrais. Nesta etapa os pesquisadores estão, essencialmente, propondo hipótese sobre o que pode explicar as diferenças de vulnerabilidade entre as regiões estudadas. Esses fatores podem ter origem natural ou antrópica e pode-se incluir aqueles que são passíveis de intervenção pelos gestores ambientais. Qualquer número de fatores pode ser selecionado e facilmente organizado em uma ou várias SVs.

Aqui escolhemos estudar ambos os fatores demográficos e físico-químicos considerados mais relevantes para a eutrofização. Os fatores demográficos escolhidos foram a proximidade a municípios e a proximidade a aglomerados urbanos e rurais: devido aos despejos de esgoto e fertilizantes), às construções (casa, portos e marinas) e ao tráfego de embarcações, a proximidade com os adensamentos humanos pode influenciar os níveis tróficos. Para estimar os efeitos dos municípios, os dados da estimativa de população foram divididos pela distância do município em quilômetros até o sítio amostral, descartando os dados cuja distância do município até o sítio amostral supera os dez quilômetros. Como não há dados populacionais disponíveis para os aglomerados, foi considerado como fator, neste caso, apenas o número de aglomerados até dez quilômetros de cada sítio amostral.

Os fatores físico-químicos escolhidos foram: profundidade, oxigênio dissolvido, condutividade, pH, potencial de oxirredução, material particulado em suspensão e temperatura da água. Também usamos as concentrações de nutrientes (fósforo total, fosfato, nitrogênio total, nitrato, silicato e amônia). As variáveis físico-químicas e os nutrientes foram determinados para cada estação amostral na estação chuvosa e seca e seu uso foi proposto para se elucidar a natureza e as circunstâncias da eutrofização na baía.

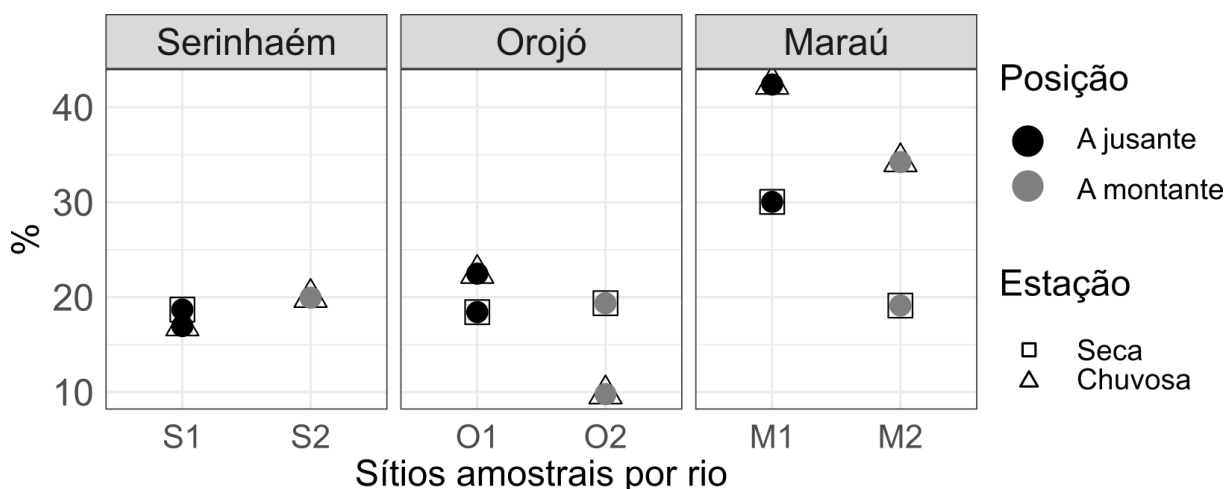
A etapa final é desenhar as superfícies de vulnerabilidade, simplesmente posicionando os pontos que representam cada sítio amostral em um plano cartesiano, no qual a razão entre o limiar estabelecido e o estado de cada sítio amostral em relação à variável-chave (i.e., o percentual de espécies indicadoras) é o eixo das ordenadas e a sensibilidade (i.e., o desvio padrão da variável-chave) é o eixo das abscissas. Nenhuma ferramenta estatística ou computacional complexa é necessária nesta etapa. Devido à extensão de nossos dados, decidimos confeccionar cinco SVs, sendo que cada uma delas exibiu três dos fatores citados acima.

3.4 - Resultados

O número de espécies indicadoras de eutrofização ou poluição orgânica (presentes tanto nas amostras de sedimentos superficiais selecionadas para este estudo de caso como nos primeiros 21 cm dos testemunhos) foram 14, apresentados aqui em ordem alfabética: *A. fagedii*, *B. paxillifera*, *C. placentula*, *C. striata*, *C. stylorum*, *H. coffeaeformis*, *N. ammophila*, *N. peregrina*, *N. granulata*, *O. marina*, *P. sulcata* var. *coronata*, *P. sulcata* var. *radiata*, *P. delicatulum*, e *T. nitzschioides*. Os dados brutos com as abundâncias relativas de todos os taxa estudados aqui podem ser encontrados nos Apêndices 2.2 e 2.3.

Os percentuais de espécies indicadoras (PEI) de cada amostra superficial coletada durante as estações chuvosa e seca, que foram usadas para indicar o estado de cada sítio amostral em relação à eutrofização, podem ser vistos na Fig 3.3. Os maiores PEI foram registrados nos sítios do rio Maraú, onde o maior valor ocorreu na estação seca, no sítio mais a jusante (próximo da área da baía). Os sítios dos rios Orojó e Serinhaém registraram menores valores, próximos entre si e em torno de 20%, tendo pouca influência da posição (a montante ou a jusante) ou da estação (chuvosa ou seca). A exceção foi a amostra do sítio a montante no Orojó coletada na estação chuvosa, que registrou o menor PEI neste estudo (9,79%).

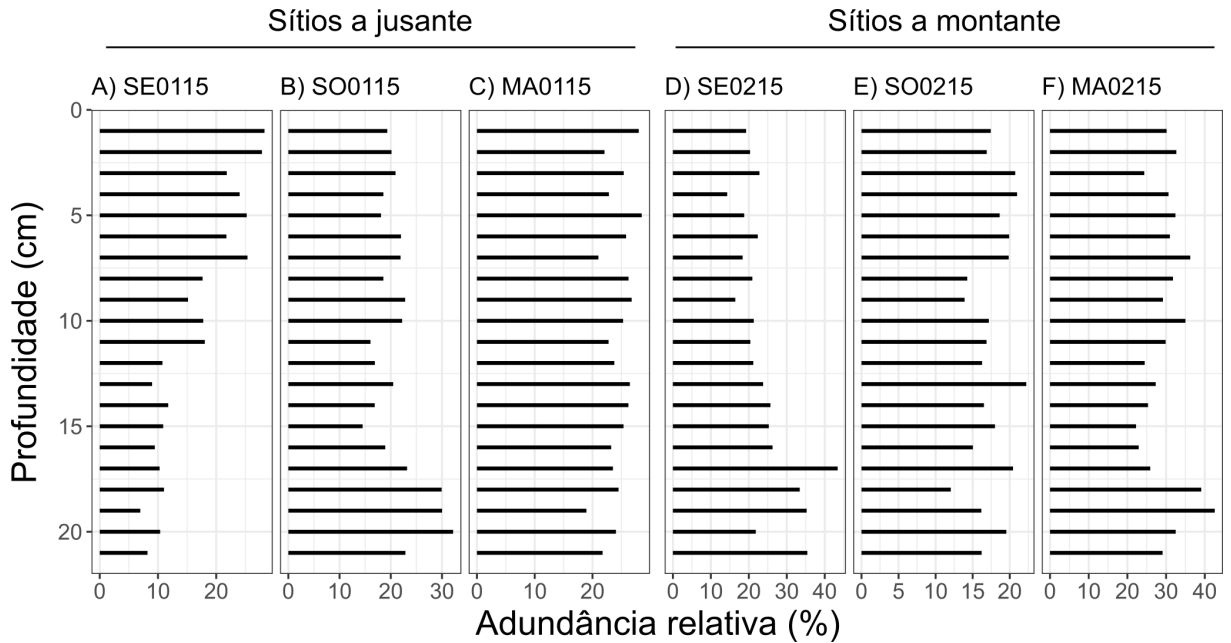
Fig 3.3 - Percentual de espécies indicadoras de todas as amostras superficiais.



Círculos pretos representam os sítios a jusante, círculos cinza os sítios a montante; quadrados representam amostras da estação seca, os triângulos amostras da estação chuvosa.

Os PEI dos estratos de cada testemunho exibiram padrões ligeiramente diferentes (Fig 3.4): Fig 3.4A exibe um crescimento de seus valores em direção ao estrato superficial (o mais recente) no testemunho SE0115 (aquela mais próxima à área da baía no rio Serinhaém). Os testemunhos SE0215 (próximo ao centro urbano no rio Serinhaém) e SO0115 (próximo à área da baía no rio Orojó) mostraram um decréscimo de seus valores em direção ao topo (Figs 4 D e B, respectivamente). Os testemunhos SO0215, MA0115 e MA0215 (o testemunho próximo ao centro urbano no rios Orojó River e ambos os testemunhos do rio Maraú, respectivamente; Figs 4 E, C e F, respectivamente) não exibiram padrões claros.

Fig 3.4 - Percentual de espécies indicadoras de todos os testemunhos.



Os testemunhos com códigos iniciados com SE, SO e MA foram coletados nos rios Serinhaém, Orojó e Marau, respectivamente..

Considerando a medida da sensibilidade de cada sítio amostral (o desvio padrão do PEI, considerando a distribuição das assembleias ao longo dos estratos de cada testemunho próximo ao sítio), os maiores valores foram aqueles do rio Serinhaém (média de 7,10%), seguido pelo rio Marau (média de 3,80%) e o rio Orojó (média de 3,62%; Tabela 3.1). A tabela 3.1 organiza o cálculo simples da vulnerabilidade de cada sítio amostral: a vulnerabilidade relativa de cada amostra foi determinada pela razão entre a sensibilidade e o valor da divisão do limiar tolerável (20%) pelo estado de cada sítio (PEI de cada sítio).

A vulnerabilidade média de todas as amostras foi 5,05. As amostras coletadas durante a estação chuvosa apresentaram maior vulnerabilidade média (5,60) que aquelas coletadas na estação seca (4,39). Na seguinte lista de sítios amostrais em ordem crescente de vulnerabilidade, o código 'S' entre parênteses identifica amostras da estação seca e 'C', entre parênteses e em negrito, as da estação chuvosa: **O2(C)**, O2(S), M1(S), O1(S), M2(S), **M1(C)**, **O1(C)**, **S1(C)**, S1(S), **S2(C)** e **M2(C)**. Como se pode ver acima, o sítio a montante no rio Orojó foi o menos vulnerável (tanto na estação chuvosa como na seca), enquanto que as maiores vulnerabilidades foram registradas nos sítios M2 e S2, ambos na estação chuvosa (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Cálculo da função de vulnerabilidade.

Estação	Sítios	Limiar (PEI)	Estado (PEI)	Limiar / Estado	Sensibilidade (dv PEI)	Vulnerabilidade
Cálculo		A	B	C = A / B	D	V = D / C
Estação chuvosa	S1	20	16,96	1,18	7,07	6,00
	S2	20	19,95	1,00	7,15	7,13
	O1	20	22,48	0,89	4,63	5,20
	O2	20	9,79	2,04	2,61	1,28
	M1	20	42,4	0,47	2,37	5,02
	M2	20	34,24	0,58	5,23	8,95
Estação seca	S1	20	18,7	1,07	7,07	6,61
	O1	20	18,43	1,09	4,63	4,27
	O2	20	19,37	1,03	2,61	2,53
	M1	20	30,04	0,67	2,37	3,56
	M2	20	19,12	1,05	5,23	5,00

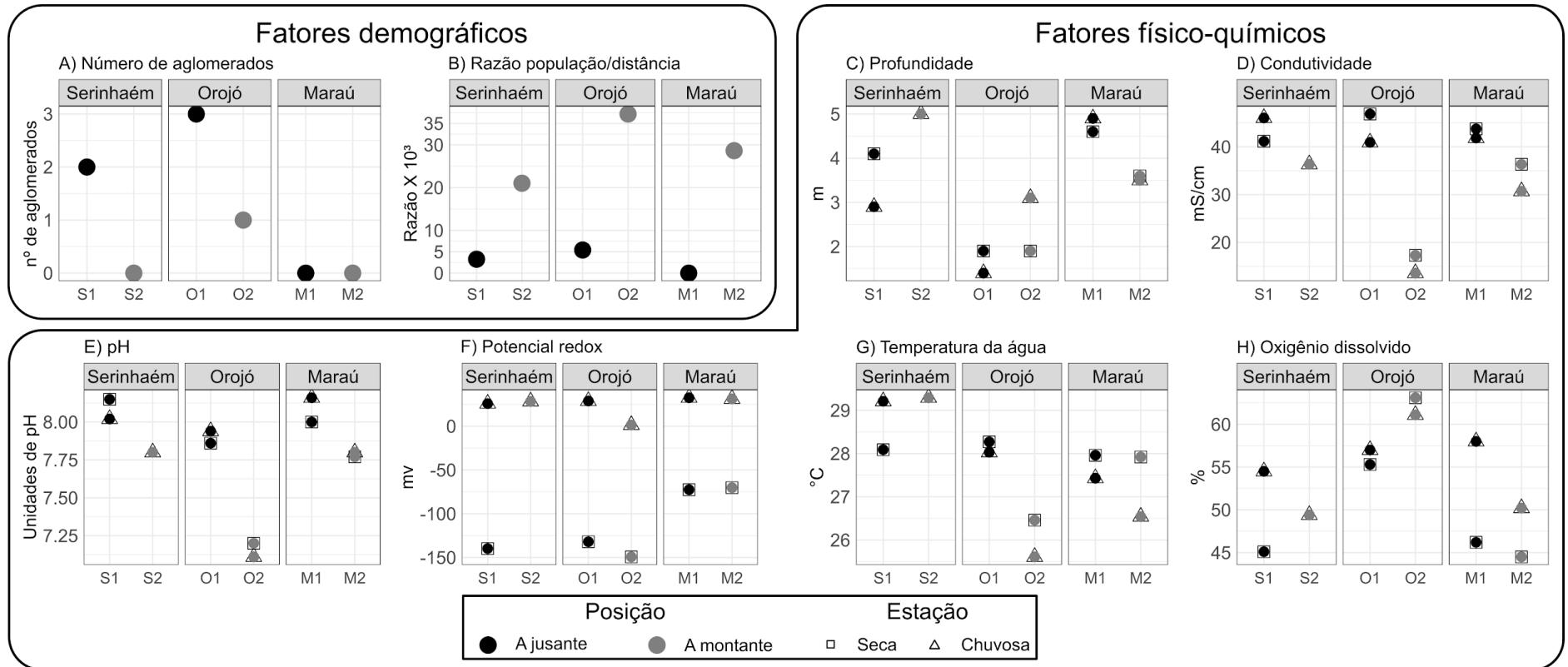
PEI = percentual de espécies indicadoras. dv = desvio padrão.

Quando se considera as amostras de cada estação separadamente percebe-se claramente que os sítios menos vulneráveis, em ordem crescente, foram O2, M1 e O1 (em ambas as estações). Os sítios M2 e aqueles do rio serinhaém se revezam na posição de mais vulnerável (M2 é o mais vulnerável na estação chuvosa e S1 o é na estação seca; Tabela 3.1).

Considerando os rios (amostras de ambas as campanhas), o menos vulnerável foi o Orojó (vulnerabilidade média de 3,32), seguido por Maraú (média de 5,63) e Serinhaém (média de 6,58). As amostras a montante nos rios Serinhaém e Marau registraram maior vulnerabilidade que os sítios a jusante nos mesmos rios em ambas as estações. No rio Orojó, o sítio a jusante foi mais vulnerável que o sítio a montante em ambas as estações (Tabela 3.1).

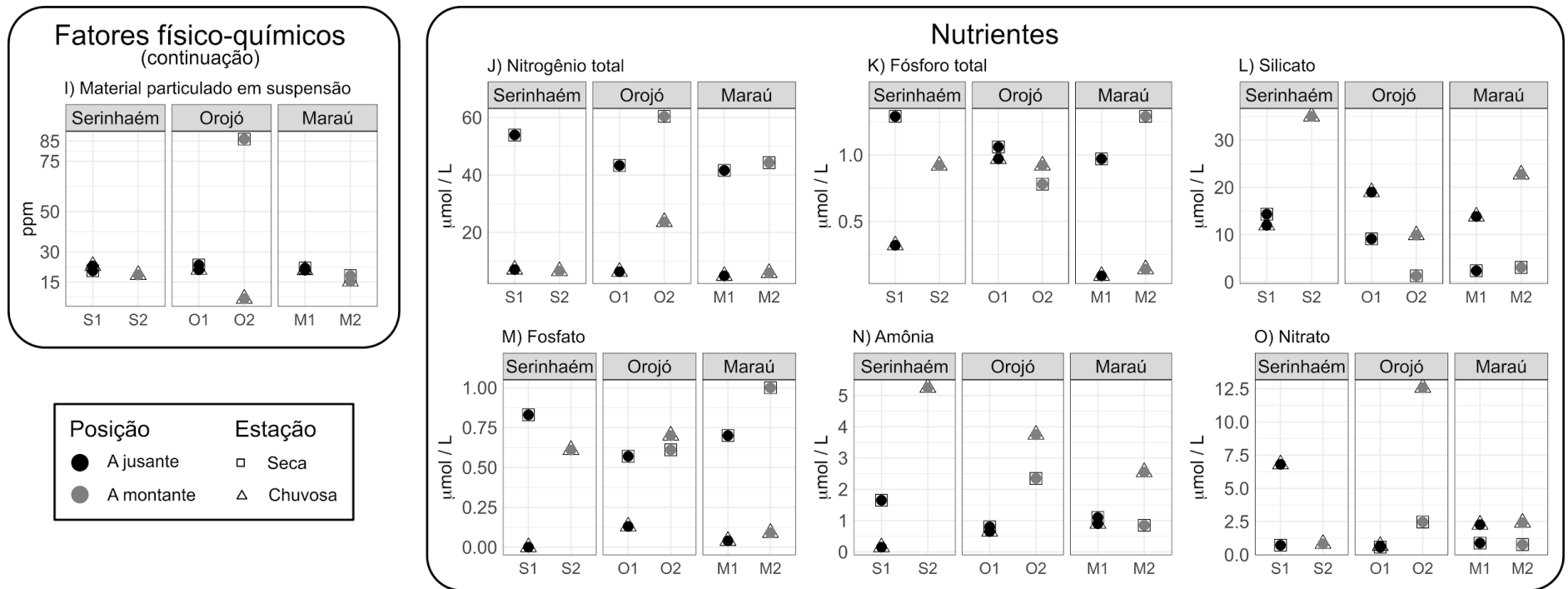
Considerando os fatores demográficos de cada sítio sobre a sensibilidade à eutrofização: apenas três sítios se localizam a até 10 quilômetros de aglomerados rurais e urbanos (sítios O1, O2 e M1, com três, um dois aglomerados, respectivamente; Fig 3.5 A). Os sítios S2, O2 e M2 estão localizados a menos de um quilômetro dos municípios de Ituberá (28.639 habitantes), Camamu (37.207 habitantes) e Maraú (21.016 habitantes), respectivamente, enquanto os sítios S1, O1 e M1 estão distantes deste mesmos municípios, respectivamente 14,60 Km, 6,89 Km e 6,47 Km (Fig 3.5 B).

Fig 3.5 - Fatores relacionados à sensibilidade de cada sítio amostral (1ª parte).



Círculos pretos representam os sítios a jusante, círculos cinza os sítios a montante; quadrados representam amostras da estação seca, os triângulos amostras da estação chuvosa.

Fig 3.6 - Fatores relacionados à sensibilidade de cada sítio amostral (2º parte).



Considerando os fatores físico-químicos relacionados à vulnerabilidade à eutrofização: A profundidade da água abrangeu de 1.5 m a 5 m (Fig 3.5 C), com pequena variação entre estações. Os sítios do rio Maraú tiveram a maior profundidade média (4.2 m), seguido por Serinhaém (4.0 m) e Orojó (2.1 m). A condutividade dos sítios a jusante foram sistematicamente superiores que os sítios a montante e ficaram pouco acima de 40 mS/cm (Fig 3.5 D). Os sítios a montante ficaram pouco acima de 30 mS/cm, com a exceção dos sítios a montante no rio Orojó, que ficaram abaixo de 20 mS/cm (condutividade média de 41,18, 29,66 e 38,16 mS/cm em Serinhaém, Orojó e Maraú, respectivamente, e de 34,90 e 37,08 mS/cm nas estações chuvosa e seca, respectivamente). Padrão muito semelhante foi observado com o pH (médias de 7,99, 7,53 e 7,93 em Serinhaém, Orojó e Maraú, respectivamente; Fig 3.5 E), que não registrou diferenças entre as estações. O potencial de oxirredução mostrou valores positivos na estação chuvosa (média de 24,67 mv) e valores negativos na estação seca (média de -112,76; Fig 3.5 F), tanto para os sítios a montante como para os sítios a jusante. A temperatura (Fig 3.5 G) não exibiu padrões claros, nem entre rios, estações ou posições. As concentrações de oxigênio dissolvido (Fig 3.5 H) no rio Orojó forma, em média, maiores que os demais rios (59,13%) e teve, claramente, maiores concentrações nos sítios a montante. Houve pouca diferença entre os rios Serinhaém e Maraú, que apresentaram os maiores resultados de oxigênio dissolvido na estação chuvosa (média de 55,03%, contra 50,84% da estação seca). Todos os sítios apresentaram valores de material particulado em suspensão muito próximos e em torno de 20 ppm (Fig 3.5 I), com a exceção do sítio O2 (sítio a jusante no rio Orojó) durante a estação seca, que registrou 85,94 ppm.

Quanto aos nutrientes: as concentrações de nitrogênio total foram substancialmente maiores na estação seca, tanto nos sítios a jusante como naqueles a montante (média de 48,70 contra 9,09 $\mu\text{mol/L}$ na estação chuvosa; Fig 3.5 J), mas houve pequena diferença média entre os rios (22,53, 33,43 e 24,18 $\mu\text{mol/L}$ em Serinhaém, Orojó e Maraú, respectivamente). Fósforo total esteve em concentrações muito inferiores ao nitrogênio total (média de 0,56 $\mu\text{mol/L}$ na estação chuvosa contra 1,08 $\mu\text{mol/L}$ na estação seca) e não exibiu padrões muito claros, mas, particularmente no caso dos rios Serinhaém (média de 0,84 $\mu\text{mol/L}$) e Maraú (média de 0,62 $\mu\text{mol/L}$), teve valores muito maiores na estação seca e nos sítios a montante; no rio Orojó (média de 0,93 $\mu\text{mol/L}$) houve pouca diferença entre as estações e registrou os maiores valores nos sítios a jusante (Fig 3.5 K). Silicato (Fig 3.5 L) teve elevadas concentrações e, em geral, maiores concentrações na estação chuvosa (média de 18,74 $\mu\text{mol/L}$ contra 6,03 $\mu\text{mol/L}$ na estação seca). Fosfato (Fig 3.5 M) exibiu pequenas diferenças entre os rios (médias de 0,48, 0,50 e 0,46 $\mu\text{mol/L}$ em Serinhaém, Orojó e Maraú, respectivamente) e valor médio substancialmente maior na estação seca (0,74 contra 0,46 $\mu\text{mol/L}$ na estação chuvosa). As médias dos valores de amônia foram muito maiores nos sítios a montante, na estação chuvosa (2,21 contra 1,35 $\mu\text{mol/L}$ da estação seca) e nos rios Serinhaém (2,35 $\mu\text{mol/L}$), seguido por Orojó (1,89 $\mu\text{mol/L}$) e Maraú (1,35 $\mu\text{mol/L}$; Fig 3.5 N). Finalmente, as concentrações de nitrato (Fig 3.5 O) foram muito semelhantes para todas as mostras, em torno de 2 $\mu\text{mol/L}$, com exceção de duas amostras da estação chuvosa dos rios Serinhaém e Orojó, que elevaram a média de concentração da estação a 4,26 $\mu\text{mol/L}$, em comparação com a média da estação seca (1,08 $\mu\text{mol/L}$).

Para organizar graficamente os fatores nas SVs, eles precisam ser categorizados. Assim, cinco categorias das razões entre as populações dos municípios e a distância (até dez quilômetros) até os sítios amostrais foram estabelecidas. O número de aglomerados (até dez quilômetros de cada sítio amostral) foi contado e usado também como uma categoria. As categorias das variáveis físico-químicas foram estabelecidas como: quatro categorias para profundidade, condutividade e concentrações de nitrogênio total e silicato e cinco para pH e concentrações de oxigênio dissolvido e fósforo total. Todas as categorias foram criadas para representar a distribuição de cada variável, que, em alguns casos, apresentaram vieses em direção aos extremos da distribuição (e.g., material particulado em suspensão), e estão descritas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Categorias dos fatores relacionados à vulnerabilidade à eutrofização.

Factor	Categories				
	A	B	C	D	E
Nº de aglomerados	NNA	1	2	3	
(habitantes / distância) x 10 ³	NNM	0 < ≥ 10	10 < ≥ 25	25 < ≥ 30	30 < ≥ 40
Profundidade (m)	1 < ≥ 2	2 < ≥ 3	3 < ≥ 4	4 < ≥ 5	
Condutividade (mS/cm)	10 < ≥ 20	20 < ≥ 20	30 < ≥ 40	40 < ≥ 50	
pH	7,1 < ≥ 7,35	7,35 < ≥ 7,60	7,60 < ≥ 7,85	7,85 < ≥ 8,10	8,10 < ≥ 8,35
Potencial redox (mv)	-150 < ≥ -130	-130 < ≥ 0	0 < ≥ 26	26 < ≥ 50	
Temperatura (°C)	25 < ≥ 26	26 < ≥ 27	27 < ≥ 28	28 < ≥ 29	29 < ≥ 30
Oxigênio dissolvido (%)	40 < ≥ 45	45 < ≥ 50	50 < ≥ 55	55 < ≥ 60	60 < ≥ 65
MPS (ppm)	0 < ≥ 10	10 < ≥ 20	20 < ≥ 30	30 < ≥ 100	
Nitrogênio total (µmol/L)	0 < ≥ 15	15 < ≥ 30	30 < ≥ 45	45 < ≥ 60,4	
Fósforo total (µmol/L)	0 < ≥ 0,3	0,3 < ≥ 0,6	0,6 < ≥ 0,9	0,9 < ≥ 1,2	1,2 < ≥ 1,5
Silicato (µmol/L)	0 < ≥ 10	10 < ≥ 20	20 < ≥ 30	30 < ≥ 40	
Fosfato (µmol/L)	0 < ≥ 0,2	0,2 < ≥ 0,4	0,4 < ≥ 0,6	0,6 < ≥ 0,8	0,8 < ≥ 1,0
Amônia (µmol/L)	0 < ≥ 1	1 < ≥ 2	2 < ≥ 3	3 < ≥ 4	4 < ≥ 5,3
Nitrato (µmol/L)	0 < ≥ 1,5	1,5 < ≥ 3,0	3,0 < ≥ 7,0	7,0 < ≥ 13,0	

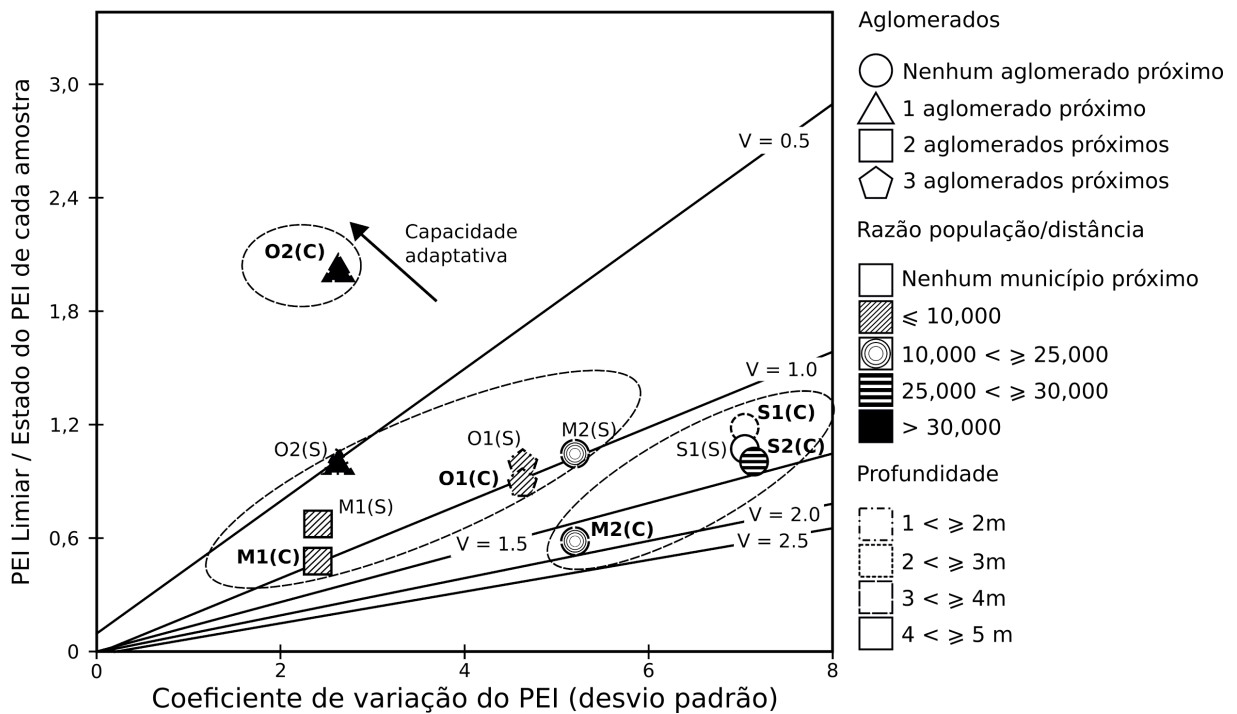
Círculos pretos representam os sítios a jusante, círculos cinza os sítios a montante; quadrados representam amostras da estação seca, os triângulos amostras da estação chuvosa

As superfícies de vulnerabilidade podem ser vistas na Fig 3.6 A, B, C, D e E. Nestas superfícies, a posição relativa à vulnerabilidade de cada sítio amostral é representada por um polígono. As linhas diagonais são isolinhas de vulnerabilidade

(representam pontos de mesmo valor de vulnerabilidade), as quais foram normalizadas pela vulnerabilidade média dos sítios amostrais, de tal forma que a linha de valor igual a um equivale a vulnerabilidade média das amostras estudadas, a linha de valor dois equivale ao dobro da vulnerabilidade média e assim por diante. Estas linhas representam bidimensionalmente uma superfície tridimensional, que se eleva do canto superior esquerdo (vulnerabilidade igual a zero) até o ponto de maior vulnerabilidade no canto inferior direito. De início esta elevação é suave, tornando-se, então, mais acentuada à medida em que se aproxima do extremo de maior vulnerabilidade. A capacidade adaptativa, que simboliza todos os processos sociais e ecológicos capazes de reduzir a vulnerabilidade do sistema, é representada por um vetor apontando em direção ao canto de menor vulnerabilidade. Em todas estas figuras as posições relativas (a vulnerabilidade) são as mesmas, apenas os fatores relacionados à vulnerabilidade são diferentes. Estes fatores estão exibidos nas características das bordas, no número de lados e nos padrões de preenchimento de cada polígono. Cada figura exhibe três fatores diferentes.

Fig 3.7 - Superfícies de vulnerabilidade à eutrofização na Baía de Camamu (1ª parte).

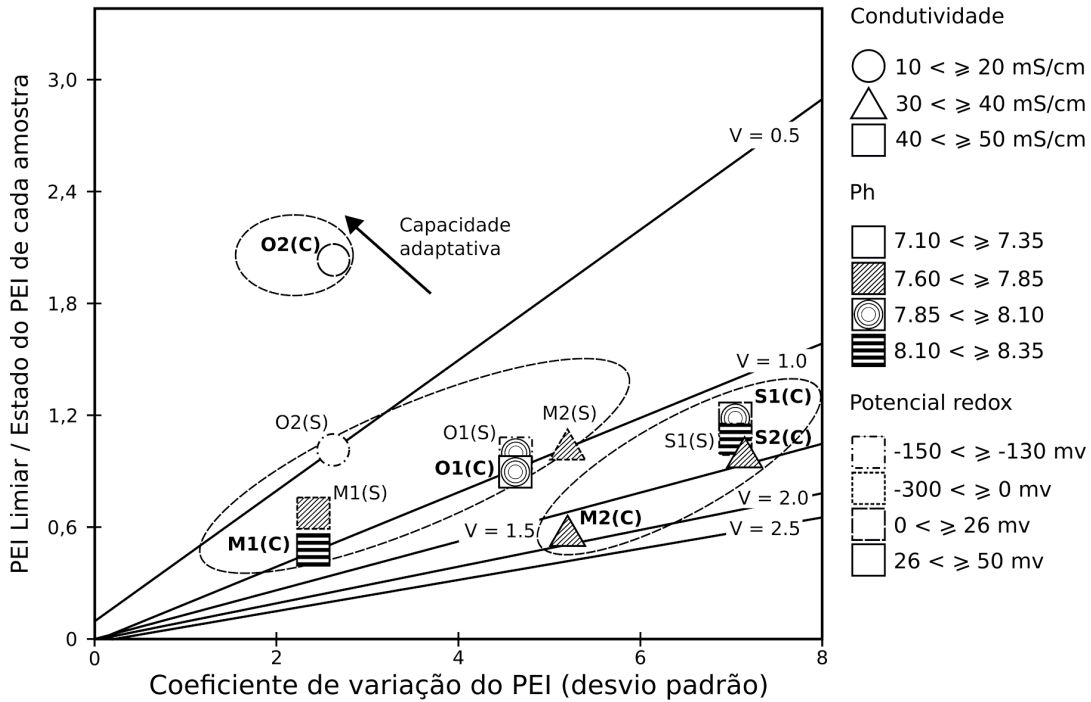
A) Dados organizados por nº de aglomerados, razão população/distância e profundidade



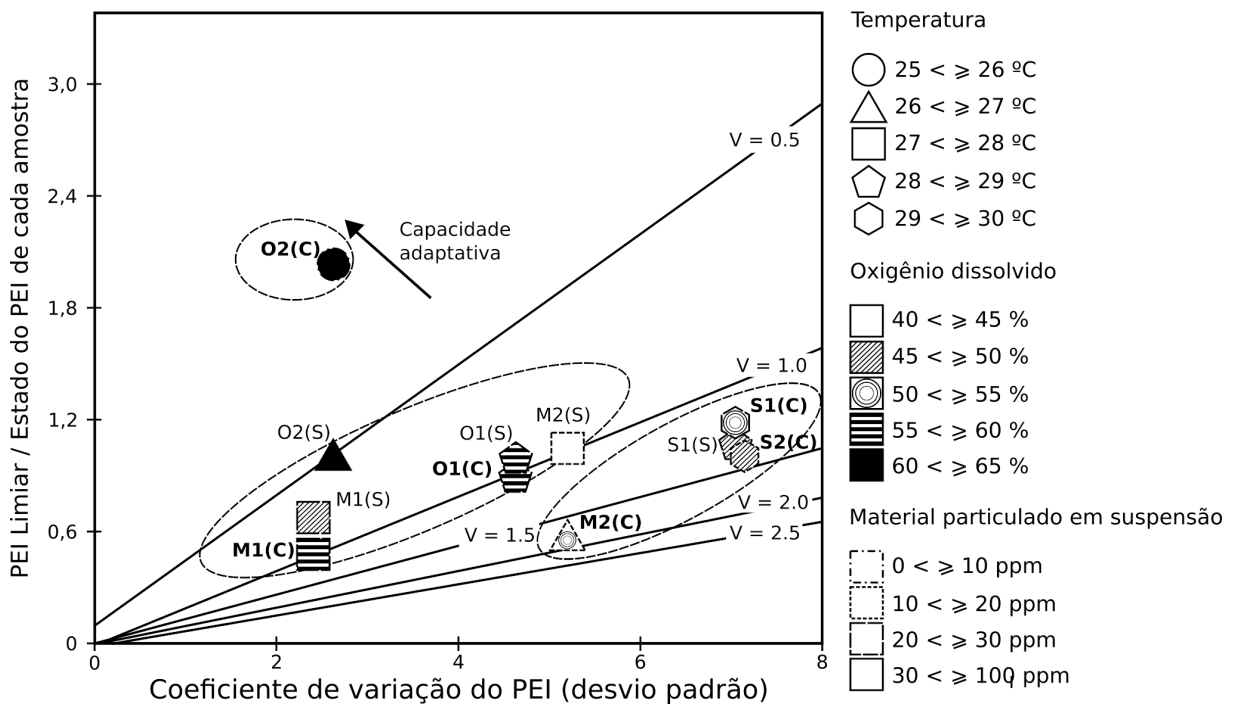
Os sítios amostrais da estação seca são identificados pela letra 'S' entre parêntesis; os sítios da estação chuvosa são identificados pela letra 'C' entre parêntesis e em **negrito**. Fatores da sensibilidade: o número de lados dos polígonos representa o número de aglomerados; os padrões de preenchimento representam as razões entre a população dos municípios e a distância até os sítios amostrais; as características das bordas dos polígonos representam a profundidade. As elipse tracejadas agrupam as amostras em grupos de acordo com a posição relativa da vulnerabilidade (a amostra menos vulnerável, as em posições intermediárias e as mais vulneráveis).

Fig 3.8 - Superfícies de vulnerabilidade à eutrofização na Baía de Camamu (2ª parte).

B) Dados organizados pela condutividade, pH e potencial redox



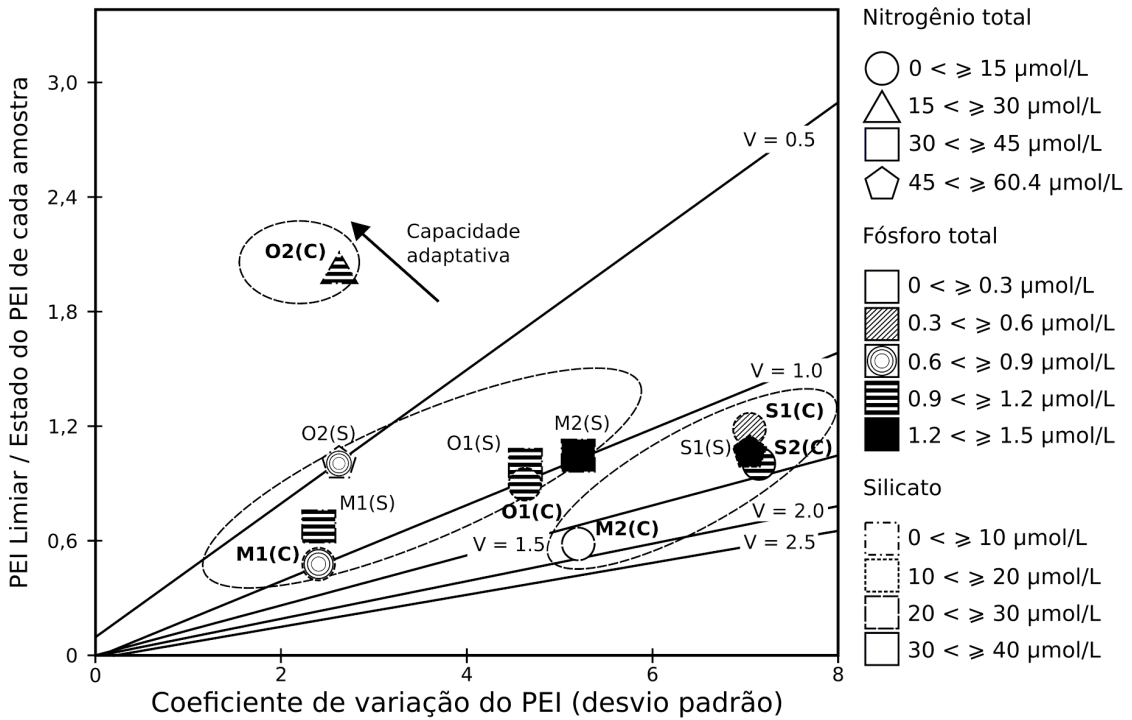
C) Dados organizados por Temperatura, oxigênio dissolvido e MPS



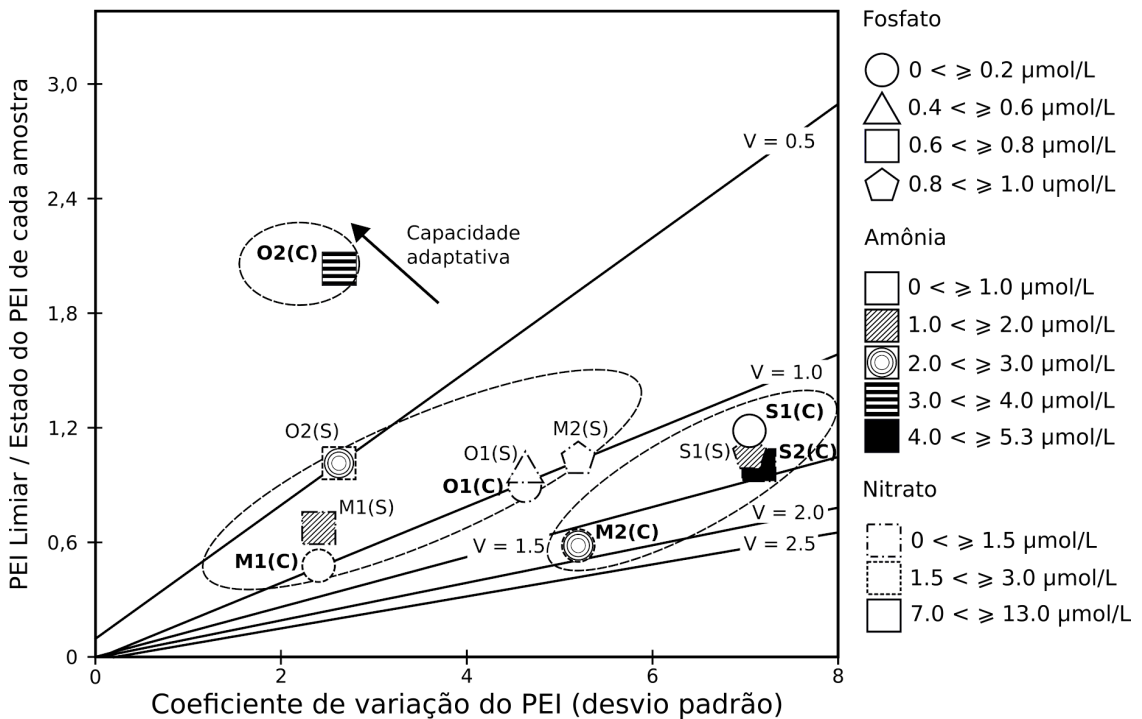
O número de lados dos polígonos representa a condutividade (B) e a temperatura (C); os padrões de preenchimento representam o pH (B) e a concentração de oxigênio dissolvido (C); as características das bordas dos polígonos representam o potencial redox (B) e a concentração de material particulado em suspensão (C). As elipse tracejadas agrupam as amostras em grupos de acordo com a posição relativa da vulnerabilidade (a amostra menos vulnerável, as em posições intermediárias e as mais vulneráveis).

Fig 3.9 - Superfícies de vulnerabilidade à eutrofização na Baía de Camamu (3ª parte).

D) Dados organizados por nitrogênio total, fósforo total e silicato



E) Dados organizados por fosfato, amônia e nitrato



O número de lados dos polígonos representa a concentração de nitrogênio total (B) e de fosfato (C); os padrões de preenchimento representam as concentrações de fósforo total (B) e de amônia (C); as características das bordas dos polígonos representam as concentrações de silicato (B) e de nitrato (C). As elipse tracejadas agrupam as amostras em grupos de acordo com a posição relativa da vulnerabilidade (a amostra menos vulnerável, as em posições intermediárias e as mais vulneráveis).

3.5 - Discussão.

3.5.1 - *Interpretação da superfície de vulnerabilidade: ecologia e gerenciamento.*

A simples observação da superfície de vulnerabilidade permite uma rápida visualização da vulnerabilidade relativa entre os sítios (indicando as regiões da área de estudo mais vulneráveis ao estresse em evidência). Também permite inferências sobre as suas causas. Uma vez conhecida a vulnerabilidade relativa entre os sítios estudados, pode-se identificar quais são os principais fatores responsáveis por ela pela observação das características dos pontos de cada sítio na SV. Desta forma o estudo pode alcançar o seu objetivo final que é orientar o gerenciamento ambiental.

A análise de vulnerabilidade deve indicar quais são as regiões prioritárias para receber a atenção dos gestores ambientais (as mais vulneráveis), assim como quais fatores deveriam passar por intervenção e monitoramento. Neste estudo, observamos que os sítios podem ser agrupados em três grupos (as elipses tracejadas nas Fig 3.6 a 3.8): o primeiro grupo isola a amostra do sítio O2 (sítio a montante no rio Serinhaém) coletada no período chuvoso, que é a amostra menos vulnerável, com muito menos que metade da vulnerabilidade média da região. O segundo grupo é formado pelas duas amostras do sítio M1 (amostras do sítio a jusante no rio Maraú durante as estações chuvosa e seca), as duas do sítio O1 (a jusante no rio Orojó), a amostra da estação seca dos sítios O2 e M2 (sítio a montante do rio Maraú). As amostras deste grupo são consideradas em posição intermediária de risco, com vulnerabilidade entre metade da vulnerabilidade média e a média da vulnerabilidade da área de estudo, o que as coloca em posição de atenção, mas sem prioridade. O último grupo é formado pelas duas amostras do sítio S1 (sítio mais a jusante do rio Serinhaém durante ambas as estações chuvosa e seca), o sítio S2 (mais a montante no rio Serinhaém) durante a estação chuvosa e a amostra M2 (sítio mais a montante no rio Maraú) na estação chuvosa, que foi a amostra com maior vulnerabilidade. Os pontos deste último grupo são claramente as prioridades para a intervenção dos agentes ambientais.

A análise da superfície de vulnerabilidade aponta com clareza as regiões mais vulneráveis da baía de Camamu: todo o rio Serinhaém e a porção mais a montante do Rio Maraú. É importante mencionar que a maior vulnerabilidade não significa necessariamente um maior impacto: a exposição a estressores é um dos componentes da vulnerabilidade, que ainda inclui a sensibilidade e a capacidade adaptativa. Foi detectado no Capítulo 1 desta tese que as regiões mais impactadas foram a área central da baía (o que inclui a região mais a jusante do rio Serinhaém) e a região a montante no rio Maraú. No Capítulo 2 identificamos que a região a jusante no rio Serinhaém foi aquela que mostrou um crescimento de *taxa* bentônicos indicadores de eutrofização ou poluição orgânica nas camadas mais recentes do testemunho. A vulnerabilidade maior destas regiões, o que foi determinado aqui, é fruto de uma composição de ambas as abordagens neo e paleoecológicas cuja integração matemática de seus dados é inédita na literatura. Portanto, é esperado que os resultados daqui sejam levemente destoantes dos resultados isolados dos Capítulo 1 e 2.

Conhecidos os sítios prioritários, o próximo passo é identificar os fatores que mais contribuíram para a maior vulnerabilidade destes mesmos pontos. Assim é preciso observar os padrões (se algum houver) das características dos pontos de cada sítio amostral em cada estação. Na Fig 3.6 A observa-se que não parece ter nenhum efeito tanto dos aglomerados como dos municípios. Esses resultados contrariaram as nossas expectativas de que os nutrientes associados aos adensamentos humanos seriam determinantes na vulnerabilidade das regiões dos maiores centros urbanos. Os padrões da profundidade não estão claros, mas sugerem um efeito positivo entre a profundidade e a vulnerabilidade. Profundidade é um dos fatores mais influentes sobre o processo de eutrofização (QIN et al., 2006) e está relacionada à difusão dos nutrientes, especialmente em ambientes rasos (LE et al., 2010). Profundidade é uma variável muito difícil de se controlar e pode ser considerada como invariável para projetos de curto e médio prazo.

Na Fig 3.7 B não se observa relação entre a vulnerabilidade e o potencial de oxirredução ou o pH, mas a figura sugere a importância da condutividade. Condutividade tem um bem conhecida correlação bioquímica com a salinidade (CLEAN WATER TEAM - CWT, 2004; COX et al, 1967) e juntas são variáveis estruturantes chave na regulação osmótica, nas taxas de crescimento, no metabolismo, na respiração celular, na acumulação de lipídeos, no conteúdo de clorofila e na distribuição de microalgas (ADENAN; YUSOFF; SHARIFF, 2013; ASULABH; SUPRIYA; RAMACHANDRA, 2012; CARPELAN, 1964; CHIA et al., 2011; CHURCH et al, 2017; EBRAHIMI; SALARZADEH, 2016; KIRST, 1989; LATALA, 1991; SIGAUD; AIDAR, 1993). *C. striata* foi uma espécie indicadora que é selecionada por elevada condutividade (MORO; FÜRSTENBERGER, 1997; SOLAK et al., 2012).

Não se observa relação com temperatura ou com a concentração de material particulado em suspensão na Fig 3.7 C, mas há uma sugestão pouco clara da importância inversa do oxigênio dissolvido na vulnerabilidade. A concentração de oxigênio dissolvido na água não é um fator causal da eutrofização, é antes uma consequência dela: a elevação na concentração de nutrientes leva ao aumento da produtividade do sistema, que por sua vez eleva a concentração de bactérias decompositoras, cujo metabolismo leva à desoxigenação do próprio sistema (VAN DER LEE et al., 2018; WEI et al., 2020). A correlação entre oxigênio e eutrofização é tão forte, que a variável se revelou um bom indicador de eutrofização em estuários (COFFIN et al., 2018). Assim, podemos interpretar esses resultados como mais um indicativo de que um processo de eutrofização está em curso na Baía de Camamu.

O único entre os nutrientes a apresentar uma sugestão de relação com a vulnerabilidade foi o silicato (Fig 3.8 D e E). Silício é um macronutriente muito importante para as diatomáceas (SCHIFFRINE et al., 2020). A principal fonte de silício para os estuários são rios (SOSPEDRA et al., 2018), não de origem antrópica, mas do intemperismo das rochas.

É importante atentar para um fato evidente, mas que passa facilmente despercebido: a técnica da análise da vulnerabilidade ambiental não é um teste de hipótese. Nem sequer é baseado em métodos estatísticos. É muito mais uma técnica de observação e comunicação de problemas ambientais de forma muito simples, útil

mesmo aos não iniciados em ciências ambientais. Assim é necessário ser muito cuidadoso em interpretar seus resultados. Como visto acima, não houve uma relação clara e direta entre os principais nutrientes (ou os fatores populacionais relacionados à entrada de nutrientes no sistema) e a vulnerabilidade à eutrofização. Muitas hipóteses podem explicar este fato, mas gostaríamos de destacar duas: primeiro, que o aumento de vulnerabilidade relacionada à eutrofização pode estar ligado a fatores não testados. Eutrofização é um fenômeno complexo, relacionado a muitas variáveis físico-químicas. Segundo, sistemas bem preservados como este, ainda nos estágios iniciais de um processo de eutrofização, emite sinais muito fracos, sinais difíceis de serem distintos do ruído ambiental. Assim, resultados pouco claros são previsíveis. Mesmo assim, embora eles não sejam alarmantes, estes resultados podem ser úteis como guias de políticas públicas.

As ações planejadas devem ser sempre no sentido de reduzir a vulnerabilidade ambiental, ou por melhorando seu estado, mantendo-o abaixo do limiar tolerável, ou modificando os fatores que tornam o sistema mais sensível, de modo a reduzir a sua sensibilidade, ou controlando os estressores, reduzindo a exposição, ou modificando os mecanismos que dão ao sistema a sua capacidade adaptativa. Neste estudo, não houve ganho de vulnerabilidade com o crescimento da população. De fato, a tendência de crescimento econômico pode até ser vista como desejável, uma vez que se ajusta ao desejo da população de melhores condições de vida. Entretanto, é natural pensar sobre os efeitos que melhores políticas sanitárias teriam sobre o controle e o tratamento de despejos urbanos. Políticas mais estritas podem ser empregadas na região com as maiores vulnerabilidades (sítios M1, S1 e S2), o que pode servir de modelo para futuras intervenções nos sítios em vulnerabilidade intermediária (M1 e O1). Assim, é possível evitar que futuros problemas ambientais ocorram. O turismo predatório também pode estar indiretamente relacionado à população, o que nos leva a pensar sobre a importância da educação ambiental. Represas (o que incluem portos, estaleiros, quebra mares, etc.) podem ser consideradas variáveis de velocidade intermediária de mudança e podem ser melhor geridas por estudos que objetivam distribuir futuras construções de modo a aperfeiçoar o fluxo da água.

3.5.2 - Considerações sobre o método.

Identificar as variáveis-chave em sistemas ambientais, tais como as modeladas aqui, é muito difícil. Os padrões raramente são claros e sua interpretação pode ser desafiadora. Entretanto, esta abordagem permite uma observação simplificada e ampla dos problemas ambientais, explicando como a vulnerabilidade pode ser uma ferramenta fundamental no gerenciamento destes sistemas. Em todos os casos, é vital ter um modelo, mesmo que um simples, que explique todos os seus aspectos considerados importantes. Através desta abordagem, muitas variáveis-chave podem ser testadas isoladamente e o conjunto de informações que a técnica pode prover é vasto e inestimável.

O método proposto por Luers (2005) e adaptado aqui para o uso de diatomáceas para avaliar a vulnerabilidade de ambientes aquáticos provou-se simples de executar e de ler. A versão simplificada da superfície de vulnerabilidade apresentada aqui, ligeiramente mais simples que a versão de Luer, pode ser entendida por

peças sem treinamento algum em ciências ambientais, como é o caso da maioria dos legisladores e executores de políticas públicas na maioria dos municípios do mundo. É justamente esse o ponto deste trabalho: tornar a ciência e suas advertências sobre a degradação ambiental mais próximas e mais acessíveis às pessoas comuns. Assim, a ciência pode causar impacto real na sociedade e não apenas aquela na forma de citações em periódicos científicos.

Um importante aspecto da vulnerabilidade, que pode passar despercebido, é o seu dinamismo: seus elementos estão constantemente mudando. O tempo muda o formato do estuário, sua comunidade, novas espécies podem se tornar dominantes, novas construções são erguidas, regimes políticos se sucedem, e leis ambientais podem ser suavizadas, e as lentas mudanças climáticas podem expor o ambiente a novos estressores. Monitorar a evolução da vulnerabilidade de um sistema socioecológico implica identificar os principais processos por trás dessas transformações e acompanhar as lentas mudanças nas características que mantêm as condições atuais (LUERS, 2005).

Dado esta perspectiva, pode-se notar que um instantâneo do estado da vulnerabilidade não são muito relevantes ou muito úteis: o dinamismo de muitos ambientes pode ser tão grande, com mudanças ocorrendo em escalas de tempo de meses ou, até, dias, que a avaliação momentânea da vulnerabilidade não seria capaz de prover informação suficiente para orientar eficientemente a tomada de decisão ambiental. Assim sendo, a análise de vulnerabilidade precisa estar de “mãos dadas” com o monitoramento. O contínuo acompanhamento da evolução do estado ambiental é capaz de revelar não apenas as tendências futuras de seu desenvolvimento, mas também o funcionamento dos aspectos fundamentais do sistema, que, de outra forma, poderiam passar despercebidos.

Monitoramento de longo prazo é uma realidade em muitos sistemas aquáticos do mundo (RUKHOVETS et al, 2003), Mas o que fazer em regiões do planeta onde as políticas de monitoramento ainda são incipientes e não cobrem a maioria dos ambientes? O que fazer, especialmente, em regiões onde o impacto devido às atividades humanas começou muito antes do conhecimento científico estivesse suficientemente desenvolvido para que pudéssemos perceber a necessidade de acompanhar as transformações ambientais (o que, possivelmente, corresponde à maioria da superfície da Terra)? A falta de dados sobre o estado ancestral dos sistemas é um dos maiores obstáculos aos esforços de gerenciamento ambiental. Este problema pode ser resolvido com as abordagens paleoambientais.

Aqui nós usamos métodos paleoecológicos para preencher a lacuna dos dados da variabilidade ambiental necessários à função de vulnerabilidade. Diatomáceas, que são amplamente usadas como indicadores da qualidade da água em estudos neocológicos, são também grandes indicadores em paleoecologia devido à facilidade com que elas se preservam em sedimentos. Através de técnicas radioisotópicas, os dados de diatomáceas podem ser relacionados temporalmente, provendo informações similares àsquelas do monitoramento, permitindo não apenas saber sobre o estado pré-impacto dos sistemas, mas também o seu desenvolvimento ao longo do tempo, que são informações essenciais em projetos de mitigação ou de restauração ambiental.

Como dito mais acima, a abordagem proposta neste estudo permitiu uma composição matemática dos dados neo e paleoecológicos de um forma ainda inédita na literatura. Acreditamos que essa abordagem não apenas facilita a comunicação entre os cientistas e os gestores, mas também contribui para reduzir a distância entre a neoecologia e a paleoecologia. Estas são duas ciências claramente complementares, mas normalmente desconectadas na literatura (JACKSON; BLOIS, 2015). A integração entre elas permite produzir informações surpreendentemente mais úteis que quando tratadas em isolamento. Acreditamos, portanto, que este trabalho torna-se ainda mais relevante.

3.6 - Conclusão.

As regiões mais vulneráveis à eutrofização da Baía de Camamu foram as mais a jusante do rio Mará e as regiões a jusante e a montante do rio serinhaém e os principais fatores relacionados à vulnerabilidade foram a profundidade e as concentrações de oxigênio dissolvido e de silicato. Não se verificou a esperada relação entre a proximidade dos municípios a aglomerados rurais e urbanos (com os seus despejos de nutrientes) com a vulnerabilidade. Verificou-se que o método pode ser facilmente adaptado para o uso de assembleias de diatomáceas, tornando-se uma ferramenta útil para esforços de gerenciamento ambiental. A vulnerabilidade é um conceito que permite a fácil e rápida percepção do conjunto de mecanismos, internos e externos, que controlam quanto um sistema socioecológico está ameaçado de sofrer dano e que ele requer constante monitoramento, mas que dados paleoecológicos também podem ser usados. Tal uso permite uma perspectiva histórica do ambiente através das assembleias de diatomáceas preservadas no sedimento. A análise de vulnerabilidade ambiental também permite combinar de forma inédita as abordagens neo e paleoecológicas provendo dados ainda mais úteis que ambas abordagens podem prover isoladamente.

CONCLUSÕES GERAIS

As comunidades de diatomáceas bentônicas da Baía de Camamu são principalmente estruturadas pela salinidade e pelo pH. A baía pode estar passando por um processo de eutrofização, o que foi possível inferir pela presença de *taxa* indicadores de ambiente poluído e pelo elevado percentual de espécies indicadores de eutrofização e poluição orgânica em algumas regiões (i.e., região intermediária do rio Marau e área central da baía). *F. nummularia* se relacionou com as áreas de menor percentual de *taxa* indicadores, que os *taxa* planctônicos se relacionaram com os maiores percentuais de espécies indicadoras, o que pode se explicar pelos nutrientes e por condições orográficas. *P. septentrionalis* foi influenciado por OD e MPS. *F. forcipata* está relacionada com os centros urbanos. Pela análise descritiva dos dados paleoecológicos foi possível inferir uma mudança hidrodinâmica na baía pela substituição de *taxa* planctônicos, em especial a saída da comunidade de *taxa* adaptados a elevada energia de ondas, pelos bentônicos, além do crescimento das abundâncias de *taxa* bentônicos indicadores de poluição nos estratos mais atuais do testemunho mais a jusante do rio Serinhaém, o que reforçou as hipóteses defendidas anteriormente. A análise da função de transferência indica uma tendência de redução da salinidade, reforçando a hipótese da mudança no regime hidrodinâmico. Por fim, a análise de vulnerabilidade foi adaptada para o uso da comunidade de microalgas. O método, combinando dados paleoecológicos e neocológicos, indicou que os pontos mais vulneráveis na Baía de Camamu são os pontos a jusante e a montante no rio serinhaém e o mais a montante no rio Marau e que a profundidade, condutividade, oxigênio dissolvido e silicato foram fatores determinantes relacionados à sensibilidade deste sistema.

REFERÊNCIAS DA TESE

- ADENAN, N S; YUSOFF, F. MD.; SHARIFF, M. Effect of Salinity and Temperature on the Growth of Diatoms and Green Algae. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 8, n. 2, p. 397-404, 2013.
- ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 268–281, 2006.
- AKAIKE, H. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. **Selected Papers of Hirotugu Akaike**, p. 199–213, 1998. doi:10.1007/978-1-4612-1694-0_15
- ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C. Multicollinearity in canonical correlation analysis in maize. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, p. 1–14, 2017.
- ALVES V. E. N. et al. Do different degrees of human impact affect the diet of *Atherinella brasiliensis* (Brazilian silverside) in two Brazilian estuaries? **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 1239–1257, 2016.
- AMORIM, F. N. **Caracterização oceanográfica da Baía de Camamu e adjacências e mapeamento das áreas de risco à derrames de óleo**. 2005. Dissertação (mestrado em ciências em geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- ASULABH, K. S.; SUPRIYA, G.; RAMACHANDRA, T. V. Effect of Salinity Concentrations on Growth Rate and Lipid Concentration in *Microcystis* Sp., *Chlorococccum* Sp. and *Chaetoceros* Sp. **National Conference on Conservation and Management of Wetland Ecosystems**, 2012.
- BAER, W. **The brazilian economy: Growth and development**. 6º edição. Boulder: Lynne Rienner, p. 445, 2008.
- BAETA, A. et al. Modelling the effects of eutrophication, mitigation measures and an extreme flood event on estuarine benthic food webs. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 6, p. 1209-1221, 2011.
- BALCI, M.; BALKIS, N. Assessment of phytoplankton and environmental variables for water quality and trophic state classification in the Gemlik Gulf, Marmara Sea (Turkey). **Marine Pollution Bulletin**, v. 115, p. 172-189, 2017.
- BARBER, H. G.; HAWORTH, E. Y. A guide to the morphology of the diatom frustule. Freshwater Biological Association Scientific Publication No.44, 1981.
- BARBOSA, W. F. A. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica do estuário do rio São Francisco (Alagoas/Sergipe, Brasil)**. Dissertation, Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

- BATTARBEE, R. W. et al. Diatoms. In: SMOL, J. P.; BIRKS, H. J., LAST, W. M. (Eds.), **Tracking Environmental Change Using Lake Sediments**, v.3: Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p. 155–202, 2001.
- BATTARBEE, R. W. et al. Differential dissolution of Lake Baikal diatoms: Correction factors and implications for palaeoclimatic reconstruction. **Global and Planetary Change**, v. 46, n. 1-4, p. 75-86, 2005.
- BEHLING, H.; COHEN, M. L; LARA, R. Late Holocene mangrove dynamics of Marajó Island in Amazonia, northern Brazil. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 13, n. 2, p. 73-80, 2004.
- BEHLING, H.; COHEN, M. L; LARA, R. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern Pará, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 167, n. 3–4, p. 225-242, 2001.
- BELANDO, M. D.; MARÍN, A.; ABOAL, M. Combined in situ effects of metals and nutrients on marine biofilms: Shifts in the diatom assemblage structure and biological traits. **Science of the Total Environment**, v. 574, p. 381-389, 2017.
- BELTRÁN-HEREDIA, E.; AKSNES, D. L.; CAO, F. J. Phytoplankton size scaling with nutrient concentration. **Marine Ecology Progress Series**, v. 571, p. 59-64, 2017.
- BENNETT, K. D. Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. **New Phytologist**, v. 132, p. 155-170, 1996.
- BEULKER, C.; LESSMANN, D.; NIXDORF, B. Aspects of phytoplankton succession and spatial distribution in an acidic mining lake (Plessa 117, Germany). **Acta Oecologica**, v. 24, p. 25–31, 2003.
- BIGUNAS, P. I. T. **Diatomáceas (Ochrophyta) do Rio Guaraguaçu, litoral do Paraná, Brasil**. 2005. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BIRKS, H. J. B. et al. Diatoms and pH reconstruction. **Philosophical Transactions - Royal Society of London B**, v. 327, n. 1240, p. 263-278, 1990.
- CARPELAN, L. H. Effects of salinity on algal distribution. **Ecology**, v. 45, n. 1, p. 70-77, 1964.
- CARREIRA, R. S. et al. Distribution and characterization of organic matter using lipid biomarkers: A case study in a pristine tropical bay in NE Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 168, p. 1-9, 2016.
- CASTRO, D. et al. The growth of the Doce River Delta in northeastern Brazil indicated by sedimentary facies and diatoms. **Diatom Research**, v. 28, n. 4, p. 455-466, 2013.

- CHAKRABORTY, A.; GHOSH, A.K. Ocean upwelling and intense monsoonal activity based on late Miocene diatom assemblages from Neil Island, Andaman and Nicobar Islands, India. **Marine Micropaleontology**, v. 127, p. 26-41, 2016.
- CHAPPELL, J., WOODROFFE, C. D. **Macrotidal estuaries**. In: Carter, R. W. G.; Woodroffe, C. D., Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics. Cambridge University Press, Cambridge, p. 187–218, 1994.
- CHEN, X. et al., Diatoms are better indicators of urban stream conditions: A case study in Beijing, China. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 265-274, 2016.A.
- CHEN, X. et al. Variations in diatom communities at genus and species levels in peatlands (central China) linked to microhabitats and environmental factors. **Science of the Total Environment**, v. 568, p. 137-146, 2016.B.
- CHIA, M. A. et al. Green algal interactions with physicochemical parameters of some manmade ponds in Zaria, northern Nigeria. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 285-295, 2011.
- CHURCH, J. et al. Effect of salt type and concentration on the growth and lipid content of *Chlorella vulgaris* in synthetic saline wastewater for biofuel production. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 147-153, 2017.
- CLEAN WATER TEAM - CWT. Electrical conductivity/salinity Fact Sheet, FS-3.1.3.0(EC). in: The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment, Version 2.0. Division of Water Quality, **California State Water Resources Control Board (SWRCB)**, Sacramento: 2004.
- COELHO, J. P. et al. Contribution of primary producers to mercury trophic transfer in estuarine ecosystems: Possible effects of eutrophication. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 3, p. 358-365, 2009.
- COFFIN, M. R. S. et al. An empirical model using dissolved oxygen as an indicator for eutrophication at a regional scale. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 261-270, 2018.
- COVINGTON, A. K.; WHITFIELD, M.. Recommendations for the determination of pH in sea water and estuarine waters. **Pure and Applied Chemistry**, v. 60, n. 6, p. 865-870, 1988.
- CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. The “Anthropocene”. **Global Change Newsletter**, v. 41, p. 17-18, 2000.
- CUPP, E. E. **Marine plankton diatoms of the west coast of North America**. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. p. 237, 1943.
- DHIB, A. et al. Factors driving the seasonal distribution of planktonic and epiphytic ciliates in a eutrophicated Mediterranean Lagoon. **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n. 1, p. 383-395, 2013.

- DOUGLAS, M. S. V.; SMOL, J. P. Eutrophication and recovery in the High Arctic: Meretta Lake (Cornwallis Island, Nunavut, Canada) revisited. **Hydrobiologia**, v. 431, n. 2, p. 193–204, 2000.
- DU, G. Y.; YAN, H. M.; DUPUY, C. Microphytobenthos as an indicator of environmental quality status in intertidal flats: Case study of coastal ecosystem in Pertuis Charentais, France. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 196, p. 217-226, 2017.
- DURA, T. et al. Subduction zone slip variability during the last millennium, south-central Chile. **Quaternary Science Reviews**. v. 175, p. 112-137, 2017.
- DUTRA, L. X. C.; KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N. Todos os Santos Bay coral reefs, Eastern Brazil, revisited after 40 years. In: **10th International Coral Reef Symposium**. Okinawa. Proceedings, p. 1090-1095, 2006.
- EBRAHIMI, E; SALARZADEH, A. The Effect of Temperature and Salinity on the Growth of *Skeletonema costatum* and *Chlorella capsulata* in vitro. **International Journal of Life Sciences**, v. 10, n. 1, p. 40-44, 2016.
- ELLISON, J. C.; STODDART, D. R. Mangrove Ecosystem Collapse during Predicted Sea-Level Rise: Holocene Analogues and Implications. **Journal of Coastal Research**, v. 7, n. 1, p. 151-165, 1991.
- ESPINOSA, M. A. **19 - Diatoms from Patagonia and Tierra del Fuego**. In: *Developments in Quaternary Science*, v. 11, p. 383-392, 2008.
- FIEDLER, S.; VEPRASKAS, M. J.; RICHARDSON, J. L. Soil Redox Potential: Importance, Field Measurements, and Observations. **Advances in Agronomy**, v. 94, n. 6, p. 1-54, 2007.
- FIERER, N. et al. Changes through time: integrating microorganisms into the study of succession. **Research in microbiology**, v. 161, n. 8, p. 635–642, 2010.
- FOSTER, D. R.; KSCHOONMAKER, P.; PICKETT, S. T. Insights from paleoecology to community ecology. **Trends in ecology & evolution**, v. 5, n. 4, p. 119-122, 1990.
- FRANÇA, M. et al. A multi-proxy evidence for the transition from estuarine mangroves to deltaic freshwater marshes, Southeastern Brazil, due to climatic and sea-level changes during the late Holocene. **Catena**, v. 128, p. 155-166, 2015.
- GALLOPÍN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 293–303, 2006.
- GILMAN, E.; ELLISON, J.; COLEMAN, R. Assessment of mangrove response to projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 124, n. 1-3, p. 105-130, 2007.
- GOLDMAN, J. Carbon Dioxide and pH : Effect on Species Succession of Algae. **Science**, v. 182, n. 4109, p. 306-307, 1973.

- GOMES, D. F. et al. Assessment of a diatom-based transfer function for the reconstruction of lake-level changes in Boqueirão Lake, Brazilian Nordeste. **Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology**, v. 415, p. 105–116, 2014.
- GRASSHOFF, k. Analysis of silicates in marine waters. **Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie**, v. 220, p. 89-95, 1966.
- GRIMES, D. A.; SCHULZ, K. F. Descriptive studies: what they can and cannot do. **The Lancet**, v. 359, p. 145-149, 2002.
- HASLE, G. R.; SYVERTSEN, E. E. Marine diatoms. In: TOMAS, C. R. **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego, Academic, p. 5-385, 1997.
- HASSAN, G. S.; ESPINOSA, M. A.; ISLA, F. I. Diatom-based inference model for paleosalinity reconstructions in estuaries along the northeastern coast of Argentina. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 275, n. 1–4, p. 77–91, 2009.
- HASLE, G. R.; SYVERTSEN, E. E. Marine diatoms. In: TOMAS, C. R. **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego, Academic, p. 5-385, 1997.
- HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. **Generalized additive models**. Chapman and Hall, Londres. p. 335, 1986.
- HATJE, V. et al. Trace metals and benthic macrofauna distributions in Camamu Bay, Brazil: Sediment quality prior oil and gas exploration. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, p. 348–379, 2008.
- HAY, M. B. et al. A Diatom-based Paleohydrological for the Mackenzie Model Delta, Northwest Territories, Canada. **Arctic and Alpine Research**, v. 29, n. 4, p. 430–444, 2014.
- HOOD, R. R.; COLES, V. J.; CAPONE, D. G. Modeling the distribution of Trichodesmium and nitrogen fixation in the Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research C: Oceans**, v. 109, n. 6, p. 1–25, 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 3 jan. 2020.
- JACKSON, N. L. **Treatise on Geomorphology** vol. 10, Elsevier, p. 308–327, 2013.
- JACKSON, S. T.; BLOIS, J. L. Community ecology in a changing environment: Perspectives from the Quaternary. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 16, p. 4915-4921, 2015.
- JUGGINS, S. **rioja: Analysis of Quaternary Science Data**. R package version 0.9-21. <http://cran.r-project.org/package=rioja>, 2017.
- KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>, 2017.

- KATSIAPI, M.; MOUSTAKA-GOUNI, M.; SOMMER, U. Assessing ecological water quality of freshwaters: PhyCol-a new phytoplankton community Index. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 22-29, 2016.
- KELLY, M. G. Use of the Trophic Diatom Index To Eutrophication in Rivers Monitor. **Water Research**, v. 32, n. 97, p. 236-242, 1998.
- KELLY, M. G.; WHITTON, B. A. The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. **Journal of Applied Phycology**, v. 7, n. 4, p. 433-444, 1995.
- KENNETT, D. M.; HARGRAVES, P. E. Benthic diatoms and sulfide fluctuations: Upper basin of Pettaquamscutt River, Rhode Island. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 21, n. 4, p. 577-586, 1985.
- KIRST, G. O. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 40, p. 21-53, 1989.
- KOROLEFF, F. Determination of ammonia. in: K. Grasshoff (ed), **Methods of sea water analysis**. Verlag Chemie, Weinheim, P. 317, 1976a.
- KOROLEFF, F. Determination of phosphorus. in: K. Grasshoff (ed), **Methods of sea water analysis**. Verlag Chemie, Weinheim, P. 317, 1976b.
- KOROLEFF, F. Determination of total and organic nitrogen. in: K. Grasshoff (ed), **Methods of sea water analysis**. Verlag Chemie, Weinheim, P. 317, 1976c.
- KRAUSS, K. W. et al. How mangrove forests adjust to rising sea level. **New phytologist**, v. 202, n. 1, p. 19-34, 2014.
- LATALA, A. Effects of salinity, temperature and light on the growth and morphology of green planktonic algae. **Oceanologia**, v. 31, p. 119-138, 1991.
- LE, C. et al. Eutrophication of lake waters in China: Cost, causes, and control. **Environmental Management**, v. 45, n. 4, p. 662-668, 2010.
- LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v. 129, n. 2, p. 271-280, 2001.
- LIMDEMANN, C. et al. Scaling laws in phytoplankton nutrient uptake affinity. **Frontiers in Marine Science**, v. 3, p. 1-6, 2016.
- LITTLE, S et al. Unbounded boundaries and shifting baselines: Estuaries and coastal seas in a rapidly changing world. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 196, p. 311-319, 2017.
- LIU, D et al. Response of the diatom flora in Jiaozhou Bay, China to environmental changes during the last century. **Marine Micropaleontology**, v. 66, n. 3-4, p. 279-290, 2008.

- LIU, D et al. Paleoenvironmental analyses of surface sediments from the Bohai Sea, China, using diatoms and silicoflagellates. **Marine Micropaleontology**, v. 114, p. 46-54, 2015.
- LOBO, E. A. et al. Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 25-40, 2004.
- LOBO, E. A.; TORGAN, I. C. Análise da estrutura da comunidade de diatomáceas (bacillariophyceae) em duas estações do sistema Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 1, n. 2, p. 103-119, 1988.
- LÓPEZ-ABBATE, M. et al. Eutrophication disrupts summer trophic links in an estuarine microbial food web. **Food Webs**, v. 20, 2019.
- LOPEZ-FUERTE, F. O.; SIQUEIROS-BELTRONES, D. A.; NAVARRO, J. N. **Benthic diatoms associated with mangrove environments in the northwest region of México**, 1 ed. Conabio, p. 217, 2010.
- LOTZE, H. K. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. **Science**, v. 312, p. 1806-1809, 2006.
- LU, Y et al. Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. **Environmental Pollution**, v. 239, p. 670-680, 2018.
- LUERS, A. L. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. **Global Environmental Change**, v. 15, p. 214–223, 2005.
- LUERS, A. L. et al. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. **Global Environmental Change**, v. 13, p. 255–267, 2003.
- MAECHLER, M. et al. **cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions**. R package version 2.0.9, <https://CRAN.R-project.org/package=cluster>, 2019.
- MAIA, R. C. et al. Benthic Estuarine Assemblages of the Northeastern Brazil Marine Ecoregion. In: LANA, P. C., BERNARDINO, A. F. (eds) **Brazilian Estuaries: A Benthic Perspective**, Springer, Cham: p. 75-94, 2018.
- MARGALEF, R. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. **Oceanologica Acta**, v. 1, n. 4, p. 493-509, 1978.
- MASSUANGANHE, E. A. et al. Palaeogeography and dynamics of the deltaic wetland of Save River, Mozambique. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 489, p. 64-73, 2018.
- MCQUOID, M. R.; NORDBERG, K. The diatom *Paralia sulcata* as an environmental indicator species in coastal sediments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 56, n. 2, p. 339-354, 2003.

MONROE, J. S.; WICANDER, R. **The Changing Earth: Exploring Geology and Evolution**, 2nd ed. Belmont: West Publishing Company, p. 112 - 113, 1997.

MORO, R. S.; FÜRSTENBERGER, C. B. **Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas**. Ed. EUPG, Ponta Grossa, p. 282, 1997.

MOSS, B. The influence of environmental factors on the distribution of freshwater algae: an experimental study: II. The Role of pH and the Carbon Dioxide-Bicarbonate System. **Journal of Ecology**, v. 61, n. 1, p. 157-177, 1973.

MUMBY, P. J. et al. Ecological resilience, robustness and vulnerability: How do these concepts benefit ecosystem management? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 7, p. 22–27, 2014.

O'BRIEN, L.; RAGO, P. An application of the generalized additive model to groundfish survey data with atlantic cod off the northeast coast of the United States as an example. **NAFO Scientific Council Studies**, v. 28, p. 79-95, 1996.

OEDING, S.; TAFFS, K. H. Are diatoms a reliable and valuable bio-indicator to assess sub-tropical river ecosystem health? **Hydrobiologia**, v. 758, n 1, p. 151-169, 2015.

OKSANEN, F. J. et al. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.5-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>, 2019.

OLIVEIRA, O. M. C.; CRUZ, M. J. M.; QUEIROZ, A. F. S. Comportamento geoquímico de metais em sedimentos de manguezal da baía de Camamu-Bahia. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 2, p. 1-8, 2009.

OTSUKA, A. Y. et al. Condições Ambientais do estuário do rio Botafogo (Itamaracá-Pernambuco-Brasil): clorofila a e algumas variáveis ambientais. **Tropical Oceanography**, v. 42, n. 112–128, 2014.

PAIXÃO, J. F. et al. Relationship of metal content and bioavailability with benthic macrofauna in Camamu Bay (Bahia, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 3, p. 474-481, 2010.

PAVÃO, D. C.; ELIAS, R. B.; SILVA, L. Comparison of discrete and continuum community models: Insights from numerical ecology and Bayesian methods applied to Azorean plant communities. **Ecological Modelling**, v. 402, p. 93-106, 2019.

PEDREIRA, R. M. A. et al. A tropical bay as a reference area defined by multiple lines of evidences. **Marine Pollution Bulletin**, v. 123, p. 291-303, 2017.

PEARL, H. W. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. **Ecological Engineering**, v. 26, n. 1, p. 40-54, 2006

PETERSON, H. G.; HEALEY, F. P.; WAGERMANN, R. Metal toxicity to algae: A Highly pH Dependent Phenomenon. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 41, p. 974-979, 1984.

POTAPOVA, M. *Planothidium delicatulum*. In *Diatoms of North America*, 2010. Disponível em: https://diatoms.org/species/planothidium_delicatulum. Retrieved February 18, 2021

POTAPOVA, M., SPAULDING, S. *Cocconeis placentula sensu lato*, 2013. Disponível em: https://diatoms.org/species/cocconeis_placentula. Acesso em: 14 Aug. 2019.

POULTON, A.J. et al. Phytoplankton community composition around the Crozet Plateau, with emphasis on diatoms and Phaeocystis. **Deep-Sea Research Part II**, V.54, p. 18-20, 2007.

QIN, B et al. Mechanism and control of lake eutrophication. **Chinese Science Bulletin**, v. 51, n. 19, p. 2401-2412, 2006.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2019.

REID, V. W. et al. **Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis**, Washington DC, 2005.

RICKLEFS, R. E. Community diversity: Relative roles of local and regional processes. **Science**, v. 235, n. 4785, p. 167–171, 1987.

RIBEIRO, A. L. R. **História do Cacau**. Disponível em: <http://www.cabruca.org.br/historiaDoCacau.php>. Acesso em: 20 de nov. 2015.

ROBERTS, D. W. **labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology**. R package version 2.0-1. <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>, 2019.

ROLEMBERG K. F.; ROCHA-BARREIRA C. A.; ARZABE, C. Caracterização do macrozoobentos nas áreas sob a influência da carcinicultura no entorno do estuário do rio camurupim, piauí, brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 36 - 47, 2008.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera**. Cambridge University Press, Cambridge. p. 747, 1990.

RUKHOVETS, L. A. et al. Development of Lake Ladoga ecosystem models: modeling of the phytoplankton succession in the eutrophication process. I. **Ecological Modelling**, v. 165, p. 49–77, 2003.

RYVES, D. B. et al. Experimental Diatom Dissolution and the Quantification of Microfossil Preservation in Sediments. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 172, n. 1–2, p. 99–113, 2001.

SABBE, K.; VYVERMAN, W. Taxonomy, morphology and ecology of some widespread representatives of the diatom genus *Opephora*. **European Journal of Phycology**, v. 30, n. 4, p. 235-249, 1995.

SANTIAGO, M. F., PASSAVANTE, J. Z. O., SILVA-CUNHA, M. G. G. Characterization of physical, chemical and biological parameters in environment hyperhaline, rio Pisa Sal river estuary (Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, n. 1, p. 39–55, 2005.

SANTOS, D. G. Interpretação de processos hidrossedimentológicos nos estuários Serinhaém, Maraú e Sorojó (Baía de Camamu) a partir do estudo de bioclastos recentes. 2016. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SANTOS-FISCHER, C. B. et al. Paleoenvironmental insights into the Quaternary evolution of the southern Brazilian coast based on fossil and modern diatom assemblages. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 446, p. 108-124, 2016.

SAWAI, Y. et al. Diatom assemblages in tsunami deposits associated with the 2004 Indian Ocean tsunami at Phra Thong Island, Thailand. **Marine Micropaleontology**, v. 73, n. 1-2, p. 70-79, 2009.

SCHIFFRINE, N.; TREMBLAY, J. E.; BABIN, M. Growth and Elemental Stoichiometry of the Ecologically-Relevant Arctic Diatom *Chaetoceros gelidus*: A Mix of Polar and Temperate. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p. 1-15, 2020.

SIGAUD, T. C.; AIDAR, E. Salinity and temperature effects on the growth and chlorophyll-a content of some planktonic algae. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 41, n. 1/2, p. 95-103, 1993.

SIMO-MATCHIM, A. G. et al. Seasonal variations of phytoplankton dynamics in Nunatsiavut fjords (Labrador, Canada) and their relationships with environmental conditions. **Journal of Marine Systems**, v. 156, p. 56–75, 2016.

SIMPSON, G. Analogue Methods in Palaeoecology: Using the analogue Package. **Journal of Statistical Software**, v. 22, n. 2, p. 1-29, 2007.

SIMPSON, G.L.; OKSANEN, J. **analogue: Analogue matching and Modern Analogue Technique transfer function models**. R package version 0.17-3. (<https://cran.r-project.org/package=analogue>), 2019.

SIVASANKAR, R. et al. Loriccate ciliates as an indicator of eutrophication status in the estuarine and coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 129, n. 1, p. 207-211, 2018.

SOLAK, C. et al. Diversity and ecology of diatoms from Felent creek (Sakarya river basin), Turkey. **Turkish Journal of Botany**, v. 36, p. 191-203, 2012.

SOSPEDRA, J. et al. Identifying the main sources of silicate in coastal waters of the Southern Gulf of Valencia (Western Mediterranean Sea). **Oceanologia**, v. 60, n. 1, p. 52-64, 2018.

SPAULDING, S. Bacillaria paxillifera. In Diatoms of North America, 2018. Retrieved February 05, 2021, from https://diatoms.org/species/bacillaria_paxillifera

SRIVASTAVA, J.; FAROOQUI, A. Late Holocene mangrove dynamics and coastal environmental changes in the Northeastern Cauvery River Delta, India. **Quaternary International**, v. 298, n. 0, p. 45-56, 2013.

STEPANEK, J. Halamphora coffeaeformis. 2011. Disponível em: https://diatoms.org/species/halamphora_coffeaeformis. Acesso em: 26 Apr. 2019.

SUGUIO, K. et al. Flutuações Do Nível Relativo Do Mar Durante O Quaternário Superior Ao Longo Do Litoral Brasileiro E Suas Implicações Na Sedimentação Costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 4, p. 273-286, 1985.

SWIFT, D. Barrier-island genesis: evidence from the central atlantic shelf, eastern U.S.A. **Sedimentary Geology**, v. 14, n. 1, p. 1-43, 1975.

SYLVESTRE, F.; GUIRAL, D.; DEBENAY, J. P. Modern diatom distribution in mangrove swamps from the Kaw Estuary (French Guiana). **Marine Geology**, v. 208, n. 2-4, p. 281-293, 2004.

TAFFS, K. et al. A diatom-based Holocene record of human impact from a coastal environment: Tuckean Swamp, eastern Australia. **Journal of Paleolimnology**, v. 39, n. 1, p. 71-82, 2008.

TREMARIN, P.I., LUDWIG, T.A.V. and MOREIRA-FILHO, H., 2008. Thalassiosirales (Diatomeae) do rio Guaraguaçu. Bacia Litorânea. PR. Brasil. Acta Botanica Brasílica, vol. 22, no. 4, pp. 1101-1113. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000400021>.

TREMARIN, Priscila Izabel; MOREIRA-FILHO, Hermes; LUDWIG, Thelma Alvim Veiga. 2010. Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea paranaense, Brasil. Acta Bot. Bras., São Paulo, v. 24, n. 2, p. 335-353, <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000200005>

TURNER II, B. L. et al. Illustrating the coupled human–environment system for vulnerability analysis: Three case studies. **Proceedings National Academy Science**, v. 100, n. 14, p. 8080–8085, 2003.

ULANOVA, A.; SNOEIJIS, P. Gradient responses of epilithic diatom communities in the Baltic Sea proper. Gradient responses of epilithic diatom communities in the Baltic Sea proper. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 68, p. 661-674, 2006.

- VAN BUUREN, S.; GROOTHUIS-OUDSHOORN, K. **mice: Multivariate Imputation by Chained Equations**. R package version 3.6.0. (<https://cran.r-project.org/package=mice>), 2011.
- VAN DER LEE, G. H. et al. Dissolved oxygen dynamics in drainage ditches along a eutrophication gradient. **Limnologica**, v. 72, p. 28-31, 2018.
- VÉLEZ-AGUDELO, C. et al. Modern diatoms from a temperate river in South America: the Colorado River (North Patagonia, Argentina). **Diatom Research**, v. 32, n. 2, p. 133-152, 2017.
- VYVERMAN, W.; SABBE, K. Diatom-temperature transfer functions based on the altitudinal zonation of diatom assemblages in Papua New Guinea: a possible tool in the reconstruction of regional palaeoclimatic changes. **Journal of Paleolimnology**, v. 13, n. 1, p. 65–77, 1995.
- VOS, P. C.; DE WOLF, H. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. **Hydrobiologia**, v. 269, n. 1, p. 285-296, 1993.
- VOS, P. C.; DE WOLF, H. Palaeoenvironmental research on diatoms in early and middle Holocene deposits in central North Holland (The Netherlands). **Netherlands Journal of Aquatic Ecology**, v. 28, n. 1, p. 97-115, 1994.
- WACHNICKA, A.; GAISER, E.; BOYER, J. Ecology and distribution of diatoms in Biscayne Bay, Florida (USA): Implications for bioassessment and paleoenvironmental studies. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 2, p. 622-632, 2011.
- WANG, J. et al. Assessment of eutrophication and water quality in the estuarine area of Lake Wuli, Lake Taihu, China. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 1392-1402, 2019.
- WARD, J. H., “Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function”, *Journal of the American Statistical Association*, v. 58, p. 236–244, 1963.
- WEI, Q. et al. Oxygen decline in a temperate marginal sea: Contribution of warming and eutrophication. **Science of the Total Environment**, v. 757, p. 143227, 2020.
- WEI, T; SIMKO, V. **R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix**. R package version 0.84. Available from <https://github.com/taiyun/corrplot>, 2017.
- WHITE, K. S. et al. **Technical Summary - Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 2001.
- WICKHAM, H. **ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics**. R package version 3.2.1, 2016.
- WICKHAM, H. **reshape2: Flexibly Reshape Data: A Reboot of the Reshape Package**. R package version 1.4.3. <https://CRAN.R-project.org/package=reshape2>, 2017.A.

WICKHAM, H. et al. **svglite: An 'SVG' Graphics Device**. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=svglite>, 2017.

WICKHAM, H. **tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'**. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>, 2017.B.

WITKOWSKI, A.; LANGE-BERTALOT, H.; METZELTIN, D. Diatom flora of marine coasts I. In: Lange-Bertalot, H. (Ed.). **Iconographia Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs**, vol. 7: Diversity - Taxonomy – Identification. Koeltz Scientific Books, Königstein, p. 925, 2000.

WOOD, E. D.; ARMSTRONG, F. A. J.; RICHARDS, F. A. Determination of nitrate in seawater by cadmium-copper reduction to nitrite, **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v. 47 p. 23-31, 1967.

WOOD, S. **mgcv: Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic Smoothness Estimation**. R package version 1.8-31. (<https://cran.r-project.org/package=mgcv>), 2019.

WOODROFFE, C. D.; GRINDROD, J. Mangrove Biogeography: The Role of Quaternary Environmental and Sea-Level Change. **Journal of Biogeography**, v. 18, n. 5, p. 479-492, 1991.

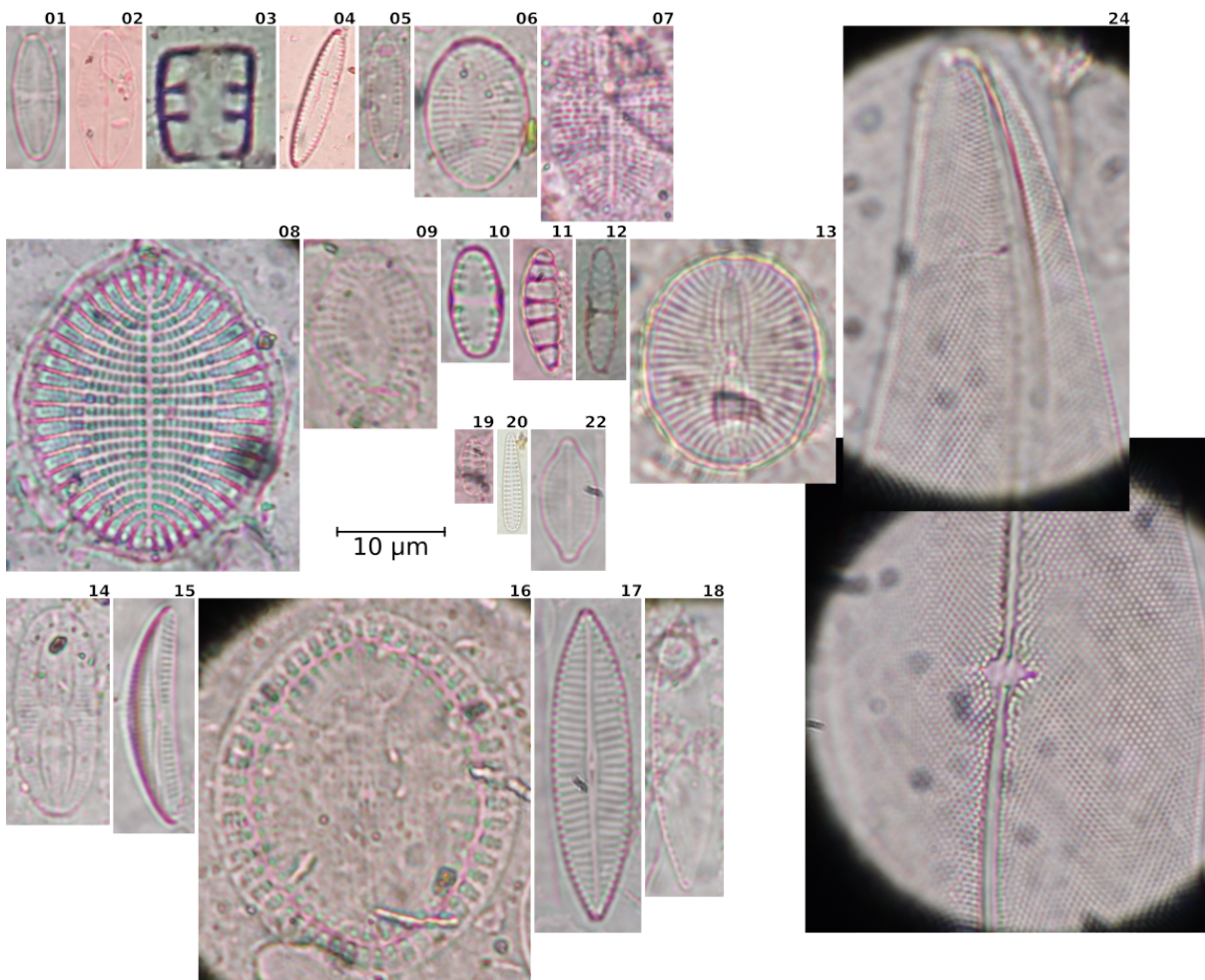
WOODROFFE, S. A. et al. Radiocarbon dating of mangrove sediments to constrain Holocene relative sea-level change on Zanzibar in the southwest Indian Ocean. **The Holocene**, v. 25, n. 5, p. 820-831, 2015.

WORLD WILDLIFE FOUNDATION (WWF). **Living planet report: 2018** aiming higher. p. 75, 2018.

APÊNDICE 1 - MICROGRAFIAS DOS TAXA ESTUDADOS

Apêndice 1.1 - taxa observados apenas em amostras superficiais

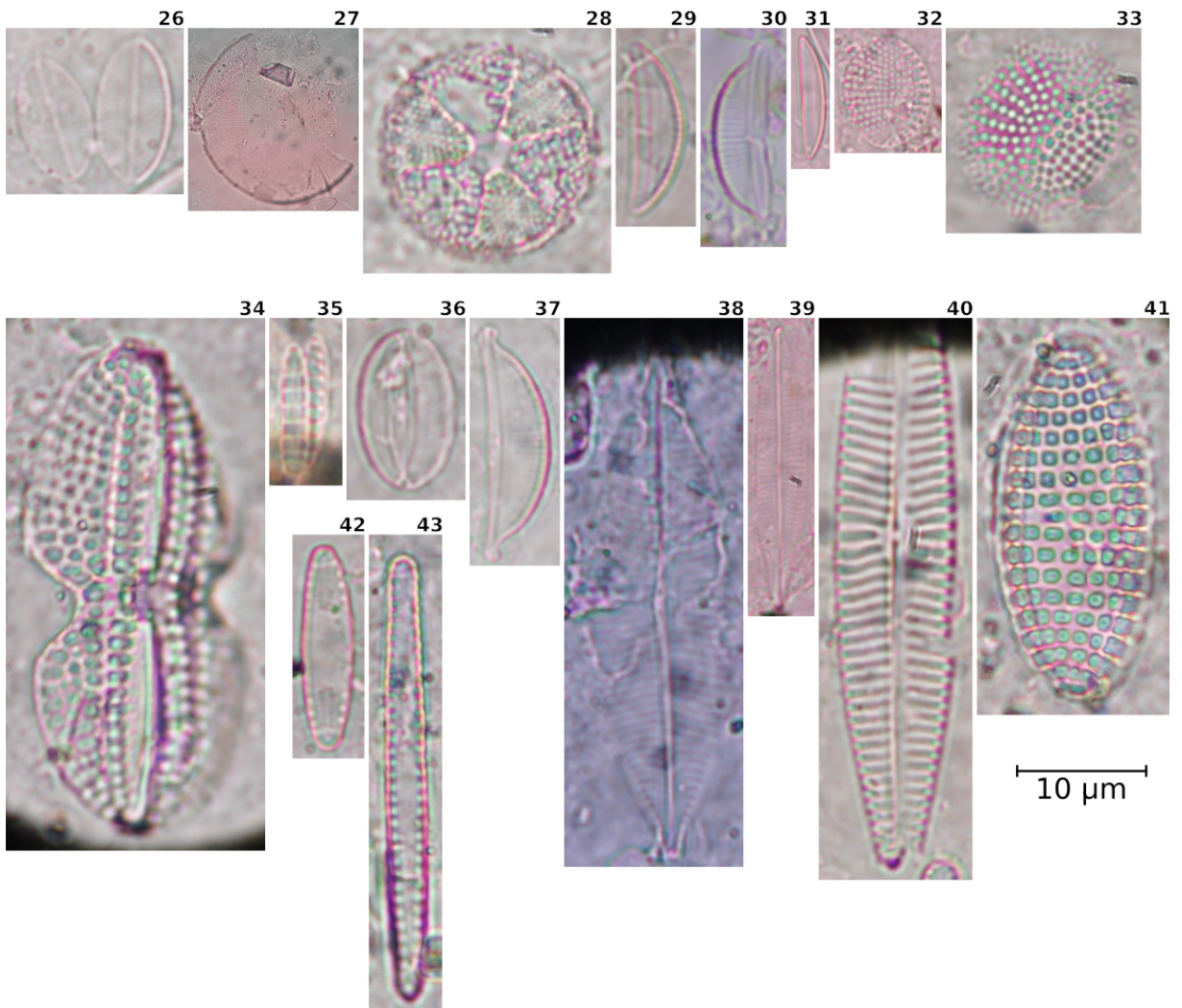
Fig A1.1 - Taxas observados apenas em amostras superficiais.



01 - *Achnanthes helvetica*; 02 - *Achnanthes* sp1; 03 - *Anaulus minutus*; 04 - *Biremis* sp1; 05 - *Chamaepinnularia clamans*; 06 - *Cocconeis grata*; 07 - *Cocconeis placentula*; 08 - *Cocconeis scutellum*; 09 - *Delphineis* sp1; 10 - *Desikaneis gessneri*; 11 - *Eunotogramma laevis*; 12 - *Eunotogramma* sp1; 13 - *Fallacia nummularia*; 14 - *Fallacia* sp1; 15 - *Halamphora* sp1; 16 - *Mastogloia ovata*; 17 - *Navicula* cf. *ramosissima*; 18 - *Nitzschia* sp1; 19 - *Opephora guenter-grassii*; 20 - *Opephora marina*; 21 - *Opephora olsenii* (sem micrografia); 22 - *Planothidium delicatulum*; 23 - *Planothidium* sp1 (sem micrografia); 24 - *Pleurosigma* sp1; 25 - *Tabularia waernii* (sem micrografia).

Apêndice 1.2 - taxa observados apenas em amostras dos testemunhos

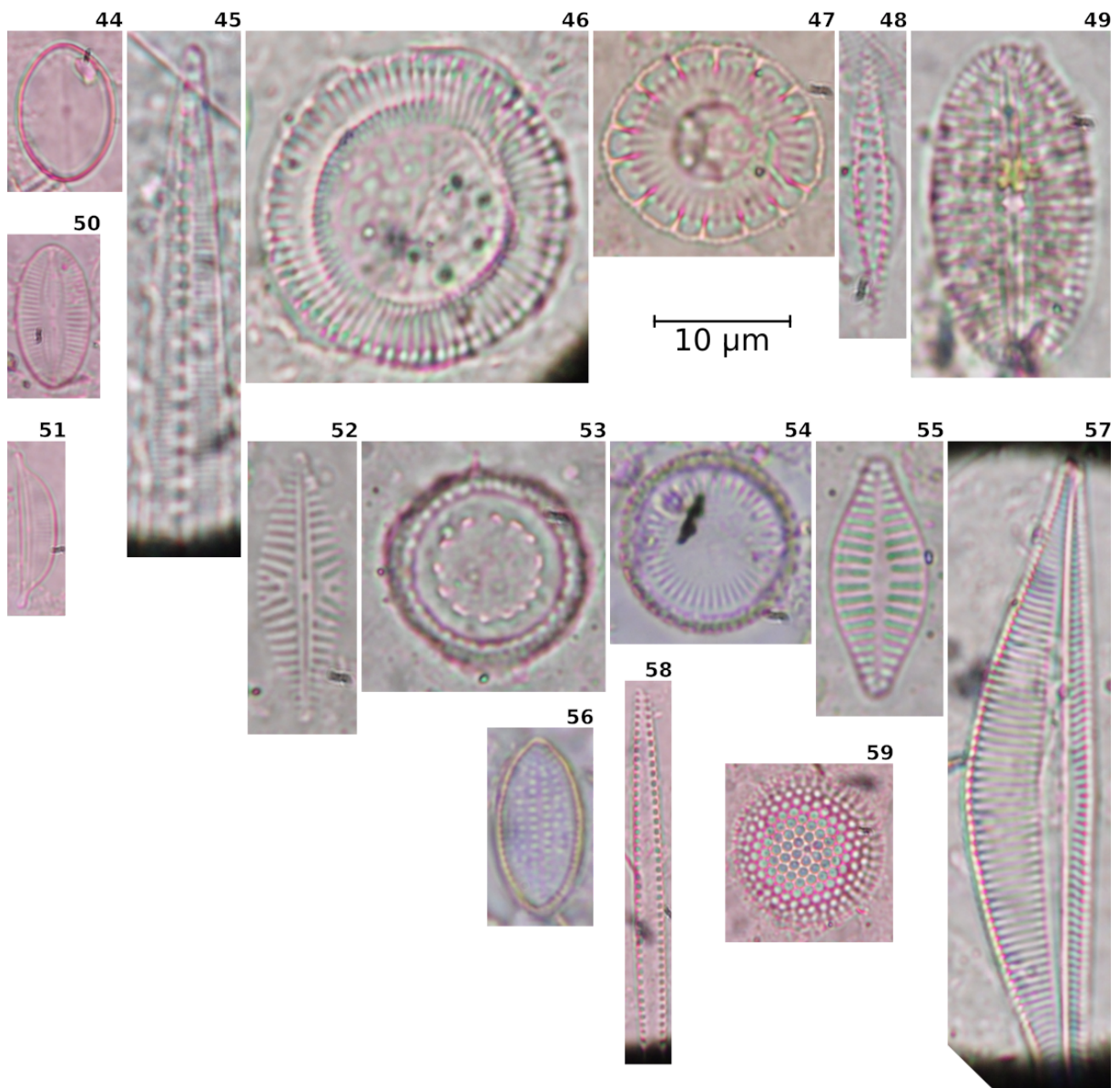
Fig A1.2 - Taxas observados apenas em amostras dos testemunhos.



26 - *Achnanthes* sp2; 27 - CF. *Actinocyclus*; 28 - *Actinoptychus senarius*; 29 - *Amphora pleniluna*; 30 - *Amphora* sp1; 31 - *Catenula adhaerens*; 32 - *Cocconeis* sp1; 33 - *Cymatotheca* cf. *weissflogii*; 34 - *Diploneis gruendleri*; 35 - CF. *Eunotogramma* sp2; 36 - *Fallacia oculiformis*; 37 - *Halamphora* sp2; 38 - *Navicula* cf. *ammophila*; 39 - *Navicula* cf. *duerrenbergiana*; 40 - *Navicula* cf. *peregrina*; 41 - *Nitzschia granulata*; 42 - CF. *Plagiogramma* sp1; 43 - *Thalassionema* cf. *nitzschioides*.

Apêndice 1.3 - taxa comuns às amostras superficiais e aos testemunhos

Fig A1.3 - Taxas comuns às amostras superficiais e às de testemunhos.



44 - *Achnanthes fogedii*; 45 - *Bacillaria paxillifera*; 46 - *Cyclotella striata*; 47 - *Cyclotella stylorum*; 48 - *Cymatosira belgica*; 49 - *Diploneis Litoralis*; 50 - *Fallacia forcipata*; 51 - *Halamphora coffeaeformis*; 52 - *Navicula rhapsoneis*; 53 - *Paralia sulcata* var. *Coronata*; 54 - *Paralia sulcata* var. *Radiata*; 55 - *Planothidium septentrionalis*; 56 - *Psammococconeis brasiliensis*; 57 - *Seminavis* sp1; 58 - *Tabullaria* sp1; 59 - *Thalassiosira* sp1.

APÊNDICE 2 - DADOS

Apêndice 2.1 - Dados ambientais

Tabela A2.1.1 - Dados ambientais (parte 1/2)

Cp	Estação	Rio	Sal	Temp	Cond	pH	MPS	OD	Redox	TP	PO4	TN	NH3
C1	M01	Marau	36.77	27.82	55.53	8.57	27.78	60.60	19.80	0.05	0.04	1.51	1.50
C1	M02	Marau	34.31	26.28	50.96	8.52	26.07	66.90	26.00	0.23	0.13	4.44	2.20
C1	M03	Marau	34.46	29.34	52.37	8.34	26.26	51.60	28.70	0.28	0.09	3.25	0.80
C1	M04	Marau	34.53	26.55	52.60	8.41	26.26	65.70	30.80	0.18	0.17	3.32	0.75
C1	M05	Marau	30.26	28.72	46.60	8.13	23.38	61.00	30.60	0.23	0.04	2.95	1.30
C1	M06	Marau	26.73	27.43	41.83	8.16	20.91	58.00	32.50	0.09	0.04	4.90	0.90
C1	M07	Marau	18.95	26.54	30.71	7.80	15.31	50.20	31.20	0.14	0.09	5.93	2.55
C1	M08	Marau	16.01	28.78	26.06	7.83	13.11	54.80	31.80	0.05	0.04	8.15	3.85
C1	M09	Marau	8.86	28.53	15.15	7.75	76.31	60.50	31.70	0.00	0.00	3.78	2.45
C1	M10	Marau	2.27	28.07	46.10	8.18	21.47	55.00	28.20	0.18	0.09	8.30	2.00
C1	O01	Orojó	38.61	27.21	57.62	8.49	28.95	81.60	33.80	0.78	0.00	9.96	0.90
C1	O03	Orojó	17.74	26.47	28.89	8.47	14.34	84.50	36.30	0.51	0.00	7.39	1.15
C1	O04	Orojó	32.13	27.27	32.53	8.43	22.76	80.20	33.30	0.92	0.00	10.64	0.50
C1	O05	Orojó	35.09	29.59	53.31	8.20	26.69	61.10	29.90	0.60	0.04	6.83	1.50
C1	O06	Orojó	33.39	32.22	50.22	8.09	25.59	65.30	29.10	0.46	0.17	7.86	2.65
C1	O07	Orojó	21.42	28.03	40.92	7.94	21.09	57.00	28.80	0.97	0.13	6.34	0.65
C1	O08	Orojó	30.48	29.21	47.04	7.96	23.54	47.60	26.10	0.55	0.13	7.56	1.30
C1	O09	Orojó	9.22	27.15	15.85	7.33	79.20	59.50	19.10	0.60	0.39	17.32	0.65
C1	O10	Orojó	0.68	25.61	13.57	7.11	6.78	61.10	1.40	0.92	0.70	23.67	3.75
C1	S01	Serinhaém	35.43	26.63	54.34	8.37	26.94	56.10	20.40	0.18	0.00	6.59	1.50
C1	S03	Serinhaém	31.44	28.46	48.30	8.27	24.19	58.40	25.10	0.14	0.00	6.20	2.20
C1	S04	Serinhaém	29.75	29.21	46.03	8.02	23.03	54.50	25.80	0.32	0.00	7.08	0.15
C1	S05	Serinhaém	28.86	29.33	44.88	7.95	22.47	50.10	26.10	0.78	0.09	7.22	1.45
C1	S06	Serinhaém	27.70	29.48	43.15	8.20	21.60	50.40	26.50	0.23	0.22	5.86	1.80
C1	S07	Serinhaém	27.82	27.39	43.14	7.90	21.64	51.70	29.90	0.28	0.26	6.15	1.90
C1	S08	Serinhaém	26.09	29.30	40.97	8.02	20.51	57.70	27.80	0.65	0.39	6.05	3.50
C1	S09	Serinhaém	25.89	28.95	40.42	7.91	20.25	43.20	28.30	0.46	0.17	6.10	2.75
C1	S10	Serinhaém	23.45	29.29	36.35	7.80	18.57	49.40	28.30	0.92	0.61	6.59	5.25
C2	M01	Marau	32.84	27.14	50.13	8.46	25.09	51.50	-61.00	0.42	0.13	25.74	0.10
C2	M03	Marau	31.95	27.26	48.97	8.10	24.50	53.50	-61.40	0.69	0.26	32.08	0.50
C2	M04	Marau	31.30	26.94	48.12	8.04	24.06	59.30	-60.00	0.83	0.26	36.84	0.45
C2	M05	Marau	29.72	27.67	45.93	7.97	22.98	42.00	-62.60	0.60	0.48	38.30	0.65
C2	M06	Marau	28.22	27.96	43.75	8.00	21.93	46.20	-72.50	0.97	0.70	41.60	1.10
C2	M07	Marau	22.91	27.92	36.35	7.77	18.19	44.50	-70.20	1.29	1.00	44.28	0.85
C2	M08	Marau	20.48	28.08	32.74	7.48	16.42	49.10	-75.10	0.65	0.39	39.28	0.30
C2	M09	Marau	13.23	27.65	22.02	7.66	11.03	47.10	-85.00	0.83	0.52	40.99	0.25
C2	M10	Marau	7.09	28.29	12.39	7.19	62.14	48.90	-88.40	0.78	0.43	41.48	0.75
C2	O03	Orojó	35.51	26.36	53.76	8.35	26.90	45.90	-139.30	1.11	0.30	31.11	0.75
C2	O04	Orojó	32.50	27.25	49.73	8.10	24.88	59.00	-129.50	1.20	0.70	36.23	0.90
C2	O05	Orojó	31.25	26.17	48.90	8.05	23.95	67.20	-131.60	1.29	0.00	37.69	0.50
C2	O07	Orojó	30.38	28.27	46.86	7.86	23.45	55.30	-132.00	1.06	0.57	43.31	0.80
C2	O08	Orojó	28.30	27.30	44.41	7.95	22.02	71.20	-135.50	1.20	0.70	40.50	0.45
C2	O10	Orojó	10.12	26.46	17.30	7.20	85.94	63.10	-149.30	0.78	0.61	60.39	2.35
C2	S01	Serinhaém	32.96	26.96	50.15	8.41	25.17	47.80	-137.50	1.15	0.78	31.84	0.20
C2	S02	Serinhaém	29.66	27.12	45.83	7.70	22.92	35.40	-132.50	0.69	0.35	25.49	0.60
C2	S03	Serinhaém	28.33	27.65	43.94	7.99	22.01	46.40	-135.30	0.97	0.61	38.55	0.80
C2	S04	Serinhaém	26.36	28.09	41.16	8.15	20.62	45.10	-139.80	1.29	0.83	53.92	1.65
C2	S05	Serinhaém	25.38	27.96	39.82	7.78	19.94	46.50	-138.30	0.74	0.26	57.95	0.80
C2	S06	Serinhaém	24.92	27.97	39.15	7.80	19.61	49.20	-140.10	0.97	0.48	50.38	0.75
C2	S07	Serinhaém	24.11	28.29	38.02	7.94	19.05	50.50	-142.20	0.92	0.39	28.42	0.40
C2	S08	Serinhaém	22.72	27.94	35.95	7.65	18.02	57.10	-139.20	1.15	0.57	48.55	0.50
C2	S09	Serinhaém	21.11	28.51	33.67	7.82	16.89	62.50	-141.50	0.97	0.39	57.58	0.80

Cp = campanha. Coleta superficial.

Tabela A2.1.2 - Dados ambientais (parte 2/2).

Cp	Estação	Rio	Si	Casc	Areia MG	Areia G	Areia M	Areia F	Areia MF	Lama
C1	M01	Marau	0.89	4.33	2.83	8.38	18.17	65.52	0.77	0.00
C1	M02	Marau	2.08	19.37	5.52	13.65	24.34	30.41	5.34	1.37
C1	M03	Marau	3.76	24.37	6.72	6.63	19.31	23.51	16.42	3.04
C1	M04	Marau	4.25	33.49	8.64	12.00	36.50	8.28	0.92	0.17
C1	M05	Marau	4.85	9.51	8.76	21.21	38.80	18.84	2.25	0.63
C1	M06	Marau	13.85	51.78	15.12	9.79	8.19	7.65	5.69	1.78
C1	M07	Marau	22.74	1.67	10.93	32.22	39.23	15.72	0.20	0.03
C1	M08	Marau	24.92	1.46	3.63	16.62	31.26	44.48	2.16	0.39
C1	M09	Marau	30.56	2.63	9.88	8.71	12.77	36.73	26.25	3.03
C1	M10	Marau	25.42	3.02	9.55	30.40	45.69	11.09	0.23	0.02
C1	O01	Orojó	3.16	11.49	0.12	30.72	7.86	0.19	0.23	57.00
C1	O03	Orojó	3.16	0.21	0.62	2.00	7.83	68.25	17.67	3.42
C1	O04	Orojó	2.67	54.24	31.46	10.39	1.37	0.53	0.38	1.63
C1	O05	Orojó	9.10	0.02	0.03	0.94	53.82	44.30	0.56	0.33
C1	O06	Orojó	8.60	0.68	0.45	1.69	9.87	19.89	22.15	45.27
C1	O07	Orojó	18.99	0.61	0.35	0.51	7.86	29.90	23.13	37.64
C1	O08	Orojó	24.43	18.14	8.36	12.40	36.71	17.31	4.12	2.96
C1	O09	Orojó	63.89	3.22	3.50	32.78	53.46	1.18	0.52	5.34
C1	O10	Orojó	9.89	18.40	5.98	7.05	21.06	37.67	7.66	2.18
C1	S01	Serinhaém	2.67	0.00	0.99	4.41	2.93	52.54	38.94	0.19
C1	S03	Serinhaém	8.51	3.00	1.38	8.45	62.21	16.75	5.11	3.10
C1	S04	Serinhaém	11.97	5.87	1.53	12.61	58.54	18.91	1.71	0.83
C1	S05	Serinhaém	12.36	2.75	9.11	19.63	36.77	19.13	3.08	9.53
C1	S06	Serinhaém	14.64	0.43	0.72	5.58	49.70	41.57	0.96	1.04
C1	S07	Serinhaém	16.32	1.14	0.19	0.32	1.26	6.29	37.95	52.85
C1	S08	Serinhaém	20.27	2.17	4.05	6.08	6.41	25.52	15.53	40.24
C1	S09	Serinhaém	26.70	11.49	12.56	26.67	30.97	11.58	1.99	4.74
C1	S10	Serinhaém	35.01	0.38	0.31	0.74	1.77	42.64	29.96	24.20
C2	M01	Marau	0.89	1.19	0.62	0.87	34.33	62.58	0.26	0.00
C2	M03	Marau	1.48	0.42	0.39	0.76	1.53	21.20	30.78	44.92
C2	M04	Marau	0.69	0.12	0.42	0.99	2.32	10.41	13.12	72.64
C2	M05	Marau	1.29	0.22	0.08	0.39	2.08	38.05	23.51	35.66
C2	M06	Marau	2.37	3.60	1.65	1.51	2.48	11.40	12.09	67.27
C2	M07	Marau	3.07	6.04	5.51	78.90	6.69	2.57	0.14	0.03
C2	M08	Marau	1.09	0.03	0.56	1.74	5.70	21.69	13.32	56.97
C2	M09	Marau	0.79	0.22	2.87	72.73	14.78	9.05	0.28	0.01
C2	M10	Marau	0.99	2.45	9.39	29.66	48.15	10.30	0.08	0.00
C2	O03	Orojó	4.35	3.33	4.84	5.88	14.60	62.36	8.19	0.52
C2	O04	Orojó	8.60	80.65	6.54	8.57	3.88	0.19	0.05	0.02
C2	O05	Orojó	5.64	1.06	1.04	2.21	29.66	65.40	0.46	0.00
C2	O07	Orojó	9.10	12.37	17.74	7.87	15.30	13.75	21.76	11.21
C2	O08	Orojó	14.34	3.89	1.27	0.90	2.22	22.64	12.08	57.00
C2	O10	Orojó	1.29	2.33	11.44	30.72	35.09	18.97	0.96	0.33
C2	S01	Serinhaém	1.29	1.22	0.46	0.86	13.66	80.42	3.25	0.00
C2	S02	Serinhaém	10.18	11.67	5.76	26.58	46.88	7.18	0.99	0.52
C2	S03	Serinhaém	6.92	0.34	0.13	0.75	22.49	52.58	3.45	20.26
C2	S04	Serinhaém	14.34	71.75	5.18	3.73	8.36	7.30	0.97	2.71
C2	S05	Serinhaém	17.50	0.03	0.13	32.22	7.86	1.18	0.08	52.85
C2	S06	Serinhaém	18.98	1.24	0.97	57.61	15.24	24.66	0.27	0.00
C2	S07	Serinhaém	21.16	0.00	0.12	0.09	0.64	58.89	21.10	19.16
C2	S08	Serinhaém	25.51	0.07	0.10	0.34	2.34	34.21	15.99	46.95
C2	S09	Serinhaém	29.96	53.67	5.10	5.61	16.77	15.68	1.98	0.25

Cp = campanha. Coleta superficial.

Apêndice 2.2 - Dados dos testemunhos

Tabela A2.2.1 - Dados do testemunho SE0115

Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI	Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI
1	10.66	0.42	3.72	53	3.25	6.18	4.54
2	8.38	0.29	3.78	54	2.15	2.72	4.45
3	4.65	2.56	4.14	55	3.31	4.48	4.61
4	4.91	0.38	3.96	56	2.56	2.42	4.18
5	10.92	0.40	3.98	57	2.79	4.27	4.44
6	7.29	0.36	3.80	58	2.77	3.08	4.46
7	14.82	0.29	3.88	59	8.37	4.83	4.41
8	6.77	0.67	3.80	60	2.58	3.63	4.56
9	7.98	0.95	3.84				
10	5.62	1.54	4.23				
11	7.28	1.20	3.66				
12	6.77	1.69	4.12				
13	6.40	2.42	4.26				
14	5.20	1.06	3.93				
15	5.95	1.13	4.16				
16	5.52	1.28	4.15				
17	5.86	1.60	3.98				
18	4.82	2.31	4.50				
19	4.01	1.28	4.33				
20	4.07	1.22	4.36				
21	5.27	1.56	4.34				
22	3.17	2.22	4.67				
23	3.39	2.51	4.54				
24	3.25	4.51	4.53				
25	3.86	2.50	4.62				
26	1.86	2.65	4.57				
27	2.45	3.44	4.76				
28	2.21	3.04	4.42				
29	1.20	4.34	4.87				
30	1.53	2.99	4.65				
31	1.91	4.85	4.74				
32	1.23	5.96	4.84				
33	0.92	10.44	4.92				
34	0.84	9.89	4.90				
35	0.98	11.87	4.82				
36	0.84	12.52	4.93				
37	0.85	12.03	4.92				
38	1.09	7.58	4.89				
39	1.36	6.99	4.76				
40	1.41	5.12	4.86				
41	1.22	3.38	4.84				
42	1.90	4.82	4.67				
43	3.94	3.65	4.56				
44	1.93	6.68	4.75				
45	2.41	4.45	4.57				
46	3.24	5.61	3.02				
47	2.84	5.23	4.45				
48	2.78	6.18	4.52				
49	2.49	3.92	4.50				
50	2.45	3.55	4.39				
51	2.82	2.65	4.17				
52	3.21	4.00	4.21				

Den x 10E6 = densidade x 10⁶; P/B = Razão plâncton / Bentos

Tabela A2.2.2 - Dados do testemunho SE0215

Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI	Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI
1	3.73	0.62	3.53	53	0.10	4.00	2.33
2	4.00	0.58	3.46	54	0.08	3.50	2.40
3	3.10	0.21	3.45	55	0.08	2.67	2.00
4	3.37	0.40	3.47	56	0.12	2.63	2.71
5	3.22	0.35	3.54	57	0.07	4.67	4.67
6	3.22	0.39	3.74	58	0.14	1.54	1.86
7	3.06	0.35	3.35	59	0.19	7.00	2.62
8	3.09	0.25	3.57	60	0.14	2.60	2.30
9	4.71	0.26	3.31	61	0.09	5.00	3.89
10	4.14	0.24	3.62	62	0.05	3.67	2.67
11	4.01	0.40	3.69	63	0.07	3.25	2.57
12	3.52	0.30	3.85	64	0.08	1.71	2.00
13	3.86	0.41	3.91	65	0.05	1.75	2.67
14	3.47	0.36	3.83	66	0.07	4.00	1.00
15	3.50	0.36	3.98	67	0.11	3.50	4.14
16	2.07	0.51	3.76	68	0.15	2.45	3.00
17	0.85	1.14	4.28	69	0.05	3.50	3.00
18	1.23	0.73	3.77	70	0.03	1.25	2.20
19	1.08	0.72	3.89	71	0.05	2.00	1.60
20	1.45	0.39	3.86	72	0.03	2.33	2.50
21	0.84	0.78	3.40	73	0.02	1.00	5.00
22	0.52	1.44	3.28	74	0.16	2.33	2.40
23	0.54	1.22	3.17	75	0.11	3.83	3.17
24	0.43	1.24	3.64	76	0.11	4.00	3.14
25	0.49	1.54	3.20	77	0.15	2.36	3.67
26	0.48	1.65	4.09	78	0.11	1.90	3.42
27	0.37	1.46	3.44	79	0.20	1.67	1.93
28	0.31	1.19	3.09	80	0.26	4.46	2.69
29	0.22	1.90	3.43	81	0.18	3.33	2.80
30	0.40	1.00	3.59	82	0.21	2.50	3.50
31	1.37	0.42	4.01	83	0.25	3.13	2.90
32	0.67	1.00	3.20	84	0.29	3.21	3.04
33	0.29	1.89	4.14	85	0.30	1.89	3.23
34	0.27	2.10	2.96	86	0.33	1.81	2.97
35	0.18	1.75	3.92	87	0.35	1.51	3.04
36	0.39	1.16	3.38	88	0.32	1.30	2.58
37	0.28	2.70	3.40	89	0.80	0.89	3.06
38	0.27	1.67	2.67	90	0.66	1.33	3.10
39	0.22	4.67	3.92	91	0.35	1.57	3.12
40	0.14	1.13	1.37	92	0.37	2.52	3.08
41	0.08	3.33	3.33				
42	0.07	4.33	1.75				
43	0.11	3.29	4.00				
44	0.06	3.34	2.50				
45	0.08	19.00	4.50				
46	0.11	1.00	2.83				
47	0.04	7.00	5.00				
48	0.08	3.00	2.50				
49	0.08	1.56	2.20				
50	0.06	3.50	3.75				
51	0.06	1.00	5.00				
52	0.11	4.20	2.40				

Den x 10E6 = densidade x 10⁶; P/B = Razão plâncton / Bentos

Tabela A2.2.3 - Dados do testemunho SO0115

Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI
1	5.82	0.40	4.26
2	4.55	0.65	4.36
3	5.22	0.59	4.46
4	4.65	0.57	4.45
5	5.17	0.75	4.83
6	4.59	0.57	4.59
7	4.75	0.53	4.49
8	4.85	0.57	4.52
9	5.22	0.50	4.34
10	5.18	0.62	4.79
11	4.91	0.41	4.61
12	5.40	0.50	4.54
13	2.95	0.59	4.61
14	4.53	0.35	4.46
15	4.11	0.32	4.24
16	2.63	0.35	4.20
17	3.17	0.71	4.54
18	1.91	0.98	4.79
19	2.64	0.92	4.77
20	2.24	0.88	4.75
21	2.83	0.47	4.60
22	2.67	0.85	4.61
23	2.10	0.84	4.72
24	2.24	0.72	4.67
25	2.56	0.61	4.18
26	2.47	1.00	4.42
27	2.41	0.76	4.61
28	2.52	0.84	4.45
29	2.57	1.19	4.74
30	2.63	1.10	4.59
31	2.50	1.15	4.68
32	2.45	1.01	4.50
33	2.19	1.29	4.58
34	2.44	0.74	4.47
35	2.08	1.09	4.12
36	1.49	2.21	4.76
37	1.37	5.12	5.00
38	1.20	5.11	5.00
39	0.24	8.63	5.00
40	0.05	1.00	5.00
41	0.05	1.00	5.00
42	0.06	1.00	5.00
43	0.05	14.99	0.00
44	0.06	1.00	0.00
45	0.06	1.00	0.00

Den x 10E6 = densidade x 10⁶; P/B = Razão plâncton / Bentos

Tabela A2.2.4 - Dados do testemunho SO0215

Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI	Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI
1	3.77	0.25	3.35	53	0.00	1.00	0.00
2	3.47	0.20	3.86	54	0.01	1.00	0.00
3	4.64	0.11	3.60	55	0.01	1.00	0.00
4	4.08	0.14	3.80	56	0.01	1.00	0.00
5	4.06	0.22	3.62	57	0.00	1.00	0.00
6	3.84	0.13	3.70	58	0.00	1.00	0.00
7	4.41	0.15	4.03	59	0.00	1.00	0.00
8	4.88	0.18	3.77	60	0.00	1.00	0.00
9	4.37	0.10	3.68	61	0.00	1.00	0.00
10	5.24	0.12	3.68	62	0.00	1.00	0.00
11	3.79	0.16	3.80	63	0.02	0.33	4.00
12	5.16	0.13	4.00	64	0.00	1.00	0.00
13	4.63	0.09	3.99	65	0.00	1.00	0.00
14	3.87	0.17	3.84	66	0.01	1.00	0.00
15	2.65	0.11	3.95	67	0.03	2.50	5.00
16	4.31	0.18	4.08	68	0.05	0.80	0.00
17	3.44	0.18	3.93	69	0.02	1.00	0.00
18	5.17	0.22	3.81	70	0.01	1.00	0.00
19	3.22	0.15	4.00				
20	4.91	0.22	4.02				
21	4.90	0.19	4.14				
22	3.83	0.25	4.07				
23	4.97	0.06	3.98				
24	3.48	0.21	4.21				
25	3.22	0.13	3.97				
26	2.12	0.24	4.01				
27	1.02	0.33	3.91				
28	0.50	0.48	3.88				
29	0.72	0.33	4.01				
30	0.26	0.48	4.08				
31	0.42	0.67	4.09				
32	0.38	0.47	4.03				
33	0.95	0.55	3.62				
34	0.71	0.38	4.16				
35	0.32	1.58	3.06				
36	0.33	0.51	3.92				
37	0.04	6.00	0.00				
38	0.05	1.50	3.75				
39	0.21	0.38	4.00				
40	0.04	0.75	3.00				
41	0.08	1.40	1.00				
42	0.04	1.50	4.00				
43	0.05	3.00	2.50				
44	0.05	2.67	4.00				
45	0.01	1.00	0.00				
46	0.05	1.00	0.00				
47	0.14	0.59	3.60				
48	0.03	1.50	0.00				
49	0.01	1.00	0.00				
50	0.00	1.00	0.00				
51	0.01	1.00	0.00				
52	0.02	1.00	0.00				

Den x 10E6 = densidade x 10⁶; P/B = Razão plâncton / Bentos

Tabela A2.2.5 - Dados do testemunho MA0115

Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI
1	4.19	2.09	3.98
2	4.52	1.23	3.31
3	4.25	2.06	4.35
4	4.61	1.69	4.28
5	3.57	2.56	4.64
6	4.34	3.42	4.38
7	3.97	2.27	4.28
8	4.35	2.19	4.21
9	3.93	2.53	4.47
10	4.39	2.82	4.52
11	4.62	2.25	4.22
12	3.60	2.60	4.61
13	4.39	3.50	4.41
14	4.94	2.60	4.64
15	3.54	2.17	4.41
16	4.18	2.37	4.41
17	3.64	1.63	4.35
18	4.28	1.84	4.37
19	3.53	1.32	4.27
20	4.65	1.52	4.52
21	5.54	1.72	4.40
22	5.06	1.62	4.45
23	5.43	1.83	4.41
24	6.05	1.89	4.39
25	4.52	1.95	4.54
26	4.43	1.79	4.59
27	4.30	3.27	4.42
28	4.62	3.79	4.34
29	4.42	1.50	4.48
30	4.38	1.86	4.50
31	3.70	4.02	4.14
32	3.07	6.04	4.36
33	4.00	3.06	4.21
34	4.30	4.36	4.15
35	4.08	4.41	4.24
36	4.57	5.00	4.32
37	4.49	4.08	4.36
38	4.50	2.42	4.14
39	4.28	3.94	4.14
40	4.63	3.17	3.95
41	3.55	3.75	4.05
42	4.63	4.39	4.18

Den x 10E6 = densidade x 10⁶; P/B = Razão plâncton / Bentos

Tabela A2.2.6 - Dados do testemunho MA0215

Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI	Prof.	Den x 10E6	P/B	TDI
1	5.17	1.27	3.28	53	0.02	0.50	0.00
2	4.88	1.61	3.19	54	0.02	1.00	0.00
3	5.02	1.11	3.05	55	0.04	3.00	0.00
4	4.67	1.16	2.71	56	0.03	1.50	0.00
5	4.91	1.40	3.08	57	0.01	1.00	0.00
6	4.85	1.02	3.26	58	0.03	0.00	0.00
7	3.90	1.25	3.52	59	0.02	2.00	0.00
8	5.61	1.33	3.01	60	0.03	3.00	0.00
9	3.85	1.00	3.56	61	0.04	0.00	0.00
10	3.78	1.45	4.09	62	0.03	3.00	0.00
11	3.31	1.10	4.37	63	0.05	1.00	0.00
12	2.13	1.17	3.85	64	0.03	5.00	0.00
13	3.20	1.03	3.82	65	0.02	1.00	0.00
14	3.66	0.95	4.12	66	0.03	1.00	0.00
15	2.72	0.73	4.10	67	0.03	1.00	0.00
16	3.01	0.69	4.10	68	0.03	1.00	0.00
17	2.08	1.18	3.95	69	0.03	1.00	0.00
18	1.11	4.16	2.27	70	0.03	2.00	0.00
19	0.79	2.86	2.67	71	0.02	0.00	0.00
20	1.30	1.84	3.25	72	0.04	1.00	0.00
21	1.32	1.07	4.11	73	0.01	1.00	0.00
22	0.32	8.28	4.43	74	0.03	1.00	0.00
23	0.42	3.61	2.78	75	0.02	1.00	0.00
24	0.38	12.57	2.33	76	0.04	1.00	0.00
25	0.20	2.67	5.00	77	0.02	1.00	0.00
26	0.81	0.83	4.21	78	0.03	2.00	0.00
27	0.40	0.94	4.27	79	0.03	1.00	0.00
28	0.38	1.87	4.83	80	0.02	1.00	0.00
29	0.25	4.08	5.00	81	0.03	2.00	0.00
30	0.12	3.13	5.00	82	0.02	0.00	0.00
31	0.08	5.01	4.43	83	0.00	1.00	0.00
32	0.05	2.00	5.00	84	0.01	1.00	0.00
33	0.06	4.00	3.00	85	0.03	1.00	0.00
34	0.17	1.85	4.64				
35	0.05	1.25	0.00				
36	0.10	6.33	5.00				
37	0.03	5.00	5.00				
38	0.16	4.72	4.81				
39	0.09	19.02	5.00				
40	0.01	1.00	5.00				
41	0.38	2.50	1.67				
42	0.05	4.00	3.00				
43	0.06	2.67	0.00				
44	0.03	1.00	0.00				
45	0.22	1.47	1.00				
46	0.11	3.50	1.00				
47	0.12	8.33	5.00				
48	0.07	2.00	1.00				
49	0.03	1.50	0.00				
50	0.02	1.00	0.00				
51	0.02	0.50	0.00				
52	0.01	0.00	0.00				

Den x 10E6 = densidade x 10⁶; P/B = Razão plâncton / Bentos

Apêndice 2.3 - Dados biológicos

Tabela A2.3.1 - Dados biológicos - superfície (parte 1/3).

	Ac1	Afo	Ahe	Ami	Bi1	Bpa	Cbe	Ccl	Cgr	Cpl	Csc	Cst	Csy	De1
1M01	4.20	27.55	0.00	5.29	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.47
1M02	0.00	2.44	0.22	1.11	3.33	1.11	5.54	0.00	0.00	0.00	0.44	3.55	0.00	1.11
1M03	1.15	5.74	4.97	0.00	0.76	2.10	8.41	0.00	0.00	0.00	0.00	2.87	0.00	0.00
1M04	0.19	11.83	1.15	0.00	0.57	1.15	4.96	0.00	0.00	0.00	0.00	2.29	0.57	0.00
1M05	0.62	2.16	3.24	0.00	0.00	0.46	0.31	2.62	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.31
1M06	0.38	2.63	0.75	0.56	0.38	0.19	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	5.63	0.19
1M07	1.25	16.70	6.68	2.51	0.21	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.21
1M08	0.00	1.57	0.98	2.16	0.00	0.39	1.37	0.20	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00
1M09	0.00	0.22	1.11	2.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00
1M10	0.00	4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.96	9.87	0.00	0.00	0.00	0.00
1O01	0.00	1.55	0.00	2.90	0.00	0.00	4.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70
1O03	0.61	1.64	0.20	4.10	0.41	0.00	5.12	0.00	0.00	0.00	7.17	0.20	0.00	3.48
1O04	0.00	2.72	3.63	0.45	0.23	2.27	12.93	0.45	0.00	0.00	1.13	2.49	0.00	0.23
1O05	16.23	1.30	0.87	0.58	0.00	0.29	0.14	6.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1O06	0.21	2.95	7.38	0.00	2.11	2.32	9.49	0.00	0.00	0.00	0.42	0.84	0.42	0.84
1O07	1.15	2.50	4.81	0.00	1.54	0.19	5.38	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88	0.00	0.96
1O08	0.49	3.90	0.98	6.10	0.00	2.20	0.49	0.73	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.98
1O09	1.68	4.09	1.68	3.13	0.00	0.72	1.92	0.72	0.00	0.00	0.48	0.24	0.00	0.48
1O10	4.14	2.07	1.69	3.20	0.00	0.75	0.38	3.39	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1S01	2.74	13.29	1.27	3.38	0.00	0.00	5.49	6.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69
1S03	1.49	6.22	2.49	0.50	0.00	0.25	32.09	0.25	0.00	0.00	0.25	2.49	0.25	0.50
1S04	0.00	0.25	1.75	1.25	0.25	1.25	17.96	0.00	0.00	0.00	0.00	3.99	2.74	0.50
1S05	0.24	1.65	1.42	0.00	0.24	0.00	10.17	0.00	0.00	0.00	0.00	10.64	1.18	0.47
1S06	1.30	8.35	2.78	3.90	0.19	0.19	0.74	0.93	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.19
1S07	1.17	8.22	2.35	0.00	0.23	3.76	4.23	0.23	0.00	0.00	0.00	6.57	0.00	0.23
1S08	0.00	0.41	0.20	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	7.38	0.00	0.20
1S09	0.17	0.51	0.51	0.00	6.06	0.34	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	13.64	2.02	0.00
1S10	2.71	7.64	1.72	0.49	0.74	0.49	0.99	1.72	0.00	0.00	0.00	6.90	0.00	0.00
2M02	0.25	4.17	0.49	0.98	4.66	0.74	7.11	0.00	0.00	0.00	0.00	4.66	0.98	1.23
2M03	1.75	11.60	0.22	3.50	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
2M04	0.00	1.46	1.46	0.21	2.09	0.42	3.97	0.00	0.00	0.00	0.84	8.37	2.51	0.42
2M05	0.00	2.30	0.00	0.46	0.92	0.23	7.36	0.00	0.00	0.00	0.69	11.95	3.45	0.00
2M06	0.00	0.92	1.65	1.10	0.92	0.73	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	7.51	0.00	0.00
2M07	1.23	1.23	2.67	1.23	0.41	1.23	1.03	0.41	0.00	0.00	0.00	3.29	0.00	0.21
2M08	0.33	0.82	1.79	1.31	0.33	0.33	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	4.08	0.00	0.00
2M09	0.00	1.65	1.65	0.73	0.00	0.37	0.55	0.37	0.37	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00
2M10	0.00	0.97	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.03	5.45	0.00	0.00	0.00	0.00
2O03	0.00	3.89	1.30	0.65	0.22	1.08	26.13	0.00	0.00	0.00	0.22	5.62	0.00	0.22
2O04	0.00	7.13	2.45	0.45	1.78	0.00	9.35	0.22	0.00	0.00	0.22	2.45	0.67	0.22
2O05	1.08	6.68	0.00	6.68	0.00	0.22	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	4.31
2O07	0.39	7.45	0.78	2.16	0.39	0.39	7.06	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00	0.00
2O08	2.13	4.02	0.24	0.00	0.47	11.11	0.47	0.71	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00
2O10	5.79	13.36	0.22	5.12	0.00	0.22	0.00	3.56	10.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
2S01	2.07	1.65	2.27	0.21	1.03	2.07	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	5.79	0.00	0.00
2S02	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	64.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.62	0.21
2S03	0.00	0.43	2.15	0.86	0.64	0.43	42.49	0.00	0.00	0.00	0.00	7.73	4.51	0.64
2S04	2.25	11.49	0.45	7.88	0.00	0.00	20.05	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25
2S05	0.24	2.38	2.38	0.00	0.24	0.24	17.38	0.48	0.00	0.00	0.00	5.24	0.00	1.19
2S06	0.00	4.85	0.97	4.66	0.00	0.19	1.94	3.30	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.78
2S07	0.46	2.55	1.16	0.00	0.69	0.69	7.18	0.23	0.00	0.00	0.00	6.94	0.00	0.69
2S08	1.08	5.38	1.29	0.22	3.23	1.72	11.83	0.00	0.00	0.00	1.08	2.37	0.43	0.22
2S09	0.00	0.00	0.47	0.00	3.49	0.47	3.72	0.00	0.00	0.00	0.23	17.44	0.00	0.00

Os códigos dos taxos são os mesmos usados no Capítulo 1.

Tabela A2.3.2 - Dados biológicos - superfície (parte 2/3).

	Dge	Dli	Ela	Eu1	Fa1	Ffo	Fnu	Ha1	Hco	Mov	Ni1	Nra	Nrh	Ogu
1M01	0.00	0.00	3.47	0.73	0.18	3.28	0.18	8.58	5.29	0.00	2.74	0.00	0.18	0.73
1M02	0.00	0.44	1.77	0.00	0.00	0.44	0.44	0.44	0.67	0.00	0.67	0.67	3.55	0.00
1M03	0.00	0.96	0.19	0.00	0.00	0.00	0.57	0.57	6.50	0.00	4.59	3.25	2.10	0.00
1M04	0.00	0.38	0.19	0.00	0.00	0.00	0.19	0.57	7.25	0.00	8.02	1.91	2.48	7.82
1M05	0.31	0.31	0.15	0.00	0.00	0.00	0.31	16.80	13.10	5.08	2.00	0.92	0.77	1.23
1M06	0.00	0.94	0.56	0.00	0.00	0.00	3.75	2.06	2.06	0.38	0.56	0.75	0.75	0.00
1M07	0.00	0.63	0.21	0.00	0.00	11.06	2.30	1.46	3.97	1.04	1.88	6.68	0.42	3.76
1M08	0.20	1.37	2.35	0.00	0.00	6.67	40.98	0.59	3.53	1.18	3.92	0.78	0.59	2.16
1M09	2.00	12.20	1.33	0.00	0.00	0.00	37.25	0.67	0.89	2.00	0.22	1.11	1.11	0.00
1M10	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	7.64	66.29	1.49	0.56	0.37	0.37	0.19	0.00	0.00
1O01	0.00	0.39	5.61	9.09	0.00	2.13	1.16	2.90	3.48	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00
1O03	0.00	0.00	7.38	0.20	0.00	0.00	0.20	3.28	1.02	1.02	0.00	0.20	0.82	0.00
1O04	0.00	0.68	0.68	0.68	0.23	0.23	1.13	1.59	3.63	0.68	0.45	0.68	1.36	3.40
1O05	0.00	0.00	1.30	0.29	0.00	3.91	1.45	4.93	14.20	0.00	6.38	0.72	0.00	1.74
1O06	0.00	0.21	1.48	0.42	0.21	0.63	0.21	3.59	5.70	1.27	1.05	3.16	3.16	5.27
1O07	0.00	0.19	0.58	0.00	0.00	1.92	0.00	4.81	13.46	1.35	0.38	1.35	4.04	5.77
1O08	0.00	0.00	9.27	0.00	0.49	2.93	0.73	5.12	6.10	0.49	0.00	0.00	2.93	0.98
1O09	0.24	0.48	3.85	0.00	4.81	4.81	5.53	8.89	4.33	1.20	2.88	1.20	1.20	0.00
1O10	0.00	0.00	6.21	0.00	0.94	4.90	5.08	4.71	4.14	5.08	0.94	1.88	1.88	0.75
1S01	0.00	0.00	9.49	1.05	0.00	3.80	1.05	8.65	17.93	0.00	2.74	0.21	0.00	0.00
1S03	0.00	0.50	1.49	0.50	0.25	2.49	0.75	2.74	2.49	0.00	4.23	0.75	0.50	1.74
1S04	0.25	2.49	1.75	0.25	0.00	1.00	0.75	0.25	2.74	2.00	0.50	0.75	2.24	0.75
1S05	0.00	3.07	0.00	0.00	2.36	0.47	0.24	0.24	1.42	0.24	0.71	0.24	1.42	0.00
1S06	0.19	1.30	6.68	0.19	3.90	3.71	2.04	6.49	7.42	1.11	1.86	0.19	0.93	0.00
1S07	0.00	2.58	0.23	0.00	0.00	2.35	0.47	1.17	6.34	0.00	0.70	0.23	3.05	3.52
1S08	2.87	6.97	0.20	0.00	0.00	2.46	0.00	1.02	8.81	0.00	0.00	0.20	5.74	0.00
1S09	1.01	5.22	0.17	0.00	0.51	0.51	0.00	0.67	1.35	0.00	0.00	1.18	2.69	0.00
1S10	7.14	3.94	0.74	0.00	0.74	4.68	4.68	4.68	2.22	0.49	0.49	1.23	5.17	0.99
2M02	0.00	1.23	0.49	0.00	0.49	0.49	1.23	0.25	1.47	0.00	0.00	0.74	2.45	0.00
2M03	0.00	0.00	13.35	0.66	0.22	1.09	0.22	16.41	6.13	1.09	1.75	0.22	0.00	1.09
2M04	0.21	1.46	0.21	0.00	0.00	0.00	1.26	0.21	2.09	0.00	0.00	0.84	3.97	0.21
2M05	0.23	2.07	0.46	0.00	0.00	0.23	2.07	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	2.76	0.00
2M06	0.55	2.56	0.92	0.00	0.00	0.18	0.92	0.73	0.92	0.18	0.00	0.73	2.75	0.92
2M07	0.21	8.44	0.21	0.00	0.00	0.21	4.32	2.26	4.94	0.62	3.09	1.85	2.47	2.26
2M08	0.98	14.19	0.16	0.00	0.65	0.98	4.57	0.82	1.14	0.00	1.79	0.65	3.26	0.00
2M09	0.00	1.28	0.37	0.00	0.00	10.09	57.61	0.18	0.18	4.77	0.18	0.18	0.18	0.00
2M10	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	6.23	78.40	0.19	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
2O03	0.22	2.59	0.22	0.00	0.00	0.00	2.59	1.30	3.46	0.22	0.00	1.08	1.73	0.00
2O04	0.22	0.67	0.89	0.00	0.00	1.78	0.22	2.00	4.90	0.00	0.00	0.89	5.57	0.00
2O05	0.22	0.00	24.14	2.80	1.51	1.51	0.86	10.78	1.72	0.00	0.22	0.65	0.00	0.00
2O07	0.39	0.98	0.78	0.00	0.00	0.78	1.57	0.39	3.53	0.39	0.00	1.76	7.06	0.00
2O08	0.00	0.24	0.71	0.00	1.18	0.00	1.65	3.55	31.21	0.71	1.89	1.18	0.00	0.00
2O10	0.00	0.45	2.90	0.00	5.57	1.34	6.24	5.12	5.57	1.56	0.00	0.67	1.34	0.00
2S01	0.41	10.95	0.21	0.00	0.00	1.03	0.62	1.24	5.79	0.21	1.03	1.24	8.47	0.00
2S02	0.00	1.23	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00	1.03	0.82	0.00
2S03	0.00	1.93	1.07	0.43	0.00	0.86	0.21	0.00	1.07	0.00	0.21	0.86	1.50	0.00
2S04	0.00	0.45	7.43	0.00	1.13	3.38	0.68	2.48	6.98	0.23	1.58	0.23	0.00	0.23
2S05	0.00	1.67	1.43	1.19	1.19	1.43	1.19	1.90	2.86	0.00	0.24	1.19	3.57	1.90
2S06	0.00	0.58	12.23	0.00	0.00	11.07	1.75	4.85	4.66	1.36	0.39	0.19	0.00	0.00
2S07	0.23	4.86	0.00	0.00	1.16	1.16	0.00	1.16	6.48	0.00	1.16	0.69	4.63	0.93
2S08	0.00	0.43	0.43	0.00	0.22	1.08	0.43	1.08	2.58	0.00	0.22	1.08	5.38	0.00
2S09	2.33	5.81	0.47	0.00	0.47	0.23	0.70	0.23	2.33	0.00	0.47	0.00	3.72	0.00

Os códigos dos taxas são os mesmos usados no Capítulo 1.

Tabela A2.3.3 - Dados biológicos - superfície (parte 3/3).

	OMA	OOL	PA1	Pbr	PDE	PI1	Psc	Pse	Psr	Se1	Ta1	Th1	TWA
1M01	0.73	0.00	0.00	18.07	0.00	0.00	0.00	6.02	0.00	0.36	0.18	0.18	0.00
1M02	0.67	0.44	0.22	12.42	0.00	1.11	1.55	1.77	6.65	0.00	23.28	1.33	0.00
1M03	0.00	0.38	0.00	10.90	3.25	0.19	0.57	0.57	4.40	0.00	14.34	2.68	0.00
1M04	0.57	0.00	0.00	9.35	0.00	0.19	0.38	1.15	6.11	0.00	18.32	1.91	0.00
1M05	2.47	1.23	0.00	25.27	0.00	0.00	0.00	1.54	0.92	0.00	4.78	0.46	0.00
1M06	0.19	0.00	0.00	6.94	0.00	0.19	6.00	1.13	23.26	0.19	11.63	7.50	0.00
1M07	0.21	0.21	0.00	7.10	9.39	0.00	0.21	2.09	2.30	0.00	2.09	0.42	0.00
1M08	0.00	2.35	0.00	11.18	0.00	0.00	0.00	0.78	1.57	0.00	3.33	0.59	0.00
1M09	0.00	2.88	0.00	12.86	0.00	0.00	0.44	0.00	1.55	0.00	3.99	0.22	0.00
1M10	0.00	0.19	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1O01	5.61	10.25	0.00	16.05	0.00	0.00	0.00	6.96	0.19	0.00	0.77	0.39	0.00
1O03	3.69	2.05	0.00	30.74	0.00	0.20	0.00	4.92	1.02	0.00	3.07	0.82	0.00
1O04	0.00	0.23	0.23	20.41	0.00	0.68	1.13	1.13	2.95	0.45	14.29	1.81	0.00
1O05	2.17	1.30	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	8.26	0.00	0.00	0.14	0.00	13.91
1O06	0.00	0.42	0.00	11.60	0.00	1.90	0.84	0.21	3.16	0.63	5.49	1.48	0.21
1O07	0.19	0.00	0.00	12.69	0.00	0.58	0.38	0.96	2.88	0.19	4.23	0.96	0.00
1O08	3.90	0.49	0.00	25.61	0.00	0.00	0.24	0.98	0.98	0.98	2.20	0.49	0.00
1O09	0.72	1.20	0.00	25.72	0.00	0.24	0.00	0.48	2.16	0.00	0.72	0.48	0.00
1O10	2.64	0.94	0.00	28.63	0.00	0.00	0.19	2.07	0.00	0.19	0.19	0.19	0.00
1S01	0.00	0.63	0.00	8.23	0.00	0.00	0.00	5.49	0.00	0.00	0.21	0.21	0.00
1S03	0.25	0.50	0.00	2.99	0.00	0.00	0.00	0.75	4.48	0.50	7.71	2.49	0.50
1S04	0.00	2.00	0.00	12.47	0.00	0.00	0.75	1.50	5.24	0.00	13.22	4.24	0.00
1S05	0.00	0.24	0.00	7.09	0.00	0.47	1.18	0.24	15.37	0.00	16.55	4.73	0.00
1S06	0.00	0.37	0.00	33.77	0.00	0.19	0.00	0.19	0.93	0.00	0.93	0.19	0.00
1S07	3.05	1.17	0.23	13.38	0.00	0.23	0.00	1.41	3.52	0.23	10.56	0.70	0.00
1S08	0.00	0.41	1.43	21.72	0.00	1.84	2.25	1.02	1.02	4.71	6.35	1.23	0.00
1S09	0.51	0.67	0.51	6.57	0.00	3.37	2.02	0.00	5.39	6.57	11.78	0.00	0.00
1S10	0.49	0.49	0.00	14.29	0.00	0.00	0.49	0.49	1.72	3.69	2.46	1.23	0.00
2M02	0.00	0.25	0.00	15.20	0.00	0.98	2.94	0.00	9.80	0.25	11.52	1.23	0.00
2M03	1.75	1.09	0.00	26.04	0.00	0.00	0.00	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2M04	0.21	0.00	0.00	11.30	0.00	0.42	1.46	0.21	16.95	0.00	8.37	2.30	0.00
2M05	0.00	0.23	0.00	6.21	0.00	0.00	3.68	0.00	17.24	0.00	10.11	2.99	0.00
2M06	0.00	0.00	0.00	6.41	0.00	0.37	6.04	0.00	13.92	0.00	18.32	6.59	0.00
2M07	0.00	0.00	0.21	6.79	0.00	0.21	1.23	0.21	7.20	0.41	15.64	2.26	0.00
2M08	0.00	0.49	0.16	7.50	0.00	0.00	2.28	0.16	9.79	0.16	15.50	1.31	0.00
2M09	0.00	1.28	0.00	15.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.00	0.00
2M10	0.00	0.39	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00
2O03	0.22	0.43	0.00	10.37	0.00	0.00	0.86	0.43	7.34	0.22	9.07	4.54	0.00
2O04	0.45	0.00	0.00	29.84	0.00	0.22	0.89	1.11	6.01	0.22	1.34	0.22	0.00
2O05	1.08	0.65	0.00	12.93	0.00	0.00	0.00	2.59	0.43	0.00	0.00	0.22	0.00
2O07	0.39	0.59	0.00	24.90	0.00	0.59	0.59	0.98	3.14	0.59	5.88	0.98	0.00
2O08	0.00	0.00	0.24	13.71	0.00	0.24	0.00	0.95	0.47	0.71	2.13	0.00	0.00
2O10	0.22	0.00	0.00	11.14	0.00	0.00	0.00	8.24	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00
2S01	0.00	0.83	5.17	8.26	0.00	1.24	1.03	0.00	3.10	1.65	7.64	1.24	0.00
2S02	0.00	0.21	0.62	3.09	0.00	0.82	2.26	0.00	2.06	0.21	1.85	5.14	0.00
2S03	0.00	0.00	0.21	4.29	0.00	0.00	0.43	0.00	4.94	0.00	4.08	3.86	0.00
2S04	0.00	0.00	0.00	7.43	0.00	0.00	0.00	3.83	0.23	0.00	0.45	0.23	0.00
2S05	0.00	1.67	0.00	10.24	0.00	0.71	1.43	1.19	7.62	0.71	10.71	2.14	0.00
2S06	0.19	1.17	0.19	35.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36	0.97	0.78	0.39	0.00
2S07	0.69	2.78	1.16	16.90	0.00	0.46	0.00	0.69	3.47	1.39	4.86	2.31	0.00
2S08	0.22	0.00	1.08	20.00	0.00	1.08	0.65	0.22	5.38	1.08	4.95	3.23	0.00
2S09	1.86	0.93	0.00	4.65	0.00	6.98	1.40	0.23	6.51	3.02	8.37	0.47	0.00

Os códigos dos taxas são os mesmos usados no Capítulo 1.

Tabela A2.3.4 - Dados biológicos - Testemunho SE0115 (parte 1/2).

Prof.	Afo	Am1	Apl	Cad	Cbe	Co1	Cst	Csy	Cwe	Hco	Pbr	Pse	Psr	Ta1	Th1
1	9.91	4.86	0.54	5.77	3.42	0.00	0.00	0.00	0.72	16.76	10.81	4.86	0.72	1.62	0.72
2	11.86	5.33	2.75	5.84	1.72	0.34	0.52	0.00	0.17	14.09	8.42	1.55	0.52	0.17	0.34
3	1.65	1.24	0.93	4.44	7.85	0.00	1.14	0.00	6.40	7.44	8.26	2.27	8.37	7.44	6.51
4	8.07	5.69	2.20	5.32	4.22	0.18	0.18	0.00	0.00	13.76	8.99	3.67	0.00	0.73	0.37
5	10.17	4.90	3.77	8.29	4.52	0.00	0.75	0.38	0.00	12.99	11.30	5.27	0.00	0.75	0.38
6	11.66	7.91	0.79	6.52	3.75	0.40	0.20	0.00	0.00	9.29	8.89	2.77	0.20	0.59	0.00
7	13.12	9.43	1.65	5.34	2.04	0.29	0.19	0.00	0.00	11.47	9.14	1.55	0.10	0.29	0.29
8	10.43	4.26	2.55	5.96	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	6.38	17.87	4.47	0.00	0.64	0.64
9	9.75	3.43	3.97	7.76	9.39	0.36	0.54	0.18	0.00	4.33	15.70	2.35	0.00	3.43	0.36
10	6.38	3.64	2.96	4.56	14.58	0.00	2.73	1.14	0.00	4.10	14.12	3.19	1.82	3.19	0.68
11	10.01	1.24	2.47	7.05	12.24	0.00	0.99	0.00	0.12	5.44	18.05	2.72	0.99	1.73	0.74
12	4.12	1.33	2.39	9.84	16.89	0.00	1.60	0.13	0.00	2.53	14.36	3.19	1.99	2.79	1.73
13	3.09	0.28	3.09	11.53	18.57	0.00	1.55	0.84	0.00	0.84	18.28	1.13	2.39	5.49	1.27
14	7.27	0.69	4.84	14.36	13.84	0.00	0.52	0.17	0.17	2.42	15.22	2.25	0.52	2.42	0.87
15	5.33	1.69	5.08	16.71	16.46	0.00	0.48	0.24	0.48	1.94	15.98	2.42	2.42	0.97	0.48
16	4.24	0.33	4.24	17.62	17.13	0.00	0.82	0.49	0.16	2.94	19.74	3.43	0.65	2.12	0.98
17	3.99	0.00	2.00	17.20	17.51	0.00	1.69	0.15	0.31	2.30	19.20	2.61	1.69	2.61	1.84
18	1.68	0.37	2.43	14.58	21.50	0.00	2.99	1.31	0.37	1.12	16.26	2.24	3.74	3.55	2.06
19	3.15	1.12	4.72	17.98	14.61	0.00	0.45	0.22	0.00	2.47	24.27	2.92	0.45	1.12	0.45
20	3.30	0.24	4.72	19.34	18.63	0.00	1.65	0.47	0.00	3.30	16.98	1.89	0.94	1.42	0.00
21	2.91	1.20	2.74	19.15	15.38	0.00	1.71	0.68	0.17	1.54	22.05	1.20	0.85	3.25	0.68
22	0.74	0.49	1.47	17.44	20.15	0.00	3.69	1.97	0.49	1.23	18.18	2.46	1.23	5.16	1.97
23	0.72	0.00	2.35	16.97	23.29	0.00	1.81	0.72	0.54	0.72	16.79	1.62	3.43	7.40	2.17
24	1.48	0.00	0.74	8.86	30.44	0.00	3.51	2.21	0.18	0.74	13.65	1.85	2.03	8.12	1.48
25	0.75	0.50	0.25	15.17	21.14	0.00	2.49	1.99	0.00	1.49	13.43	3.23	3.98	9.20	1.24
26	0.24	0.00	0.97	18.36	20.29	0.24	2.17	4.11	0.24	0.48	16.91	0.97	3.38	5.80	2.66
27	0.49	0.00	0.49	14.67	23.72	0.00	3.91	2.44	0.00	0.49	19.07	1.96	0.98	11.25	0.98
28	1.23	0.00	0.49	16.22	26.04	0.00	1.72	1.47	0.00	0.00	14.25	1.47	3.93	10.57	0.98
29	0.25	0.00	0.25	13.22	17.71	0.00	6.73	3.49	0.50	0.25	13.72	0.75	12.97	7.73	1.00
30	0.52	0.00	0.52	15.71	16.10	0.00	3.53	2.09	0.79	0.26	20.29	1.96	5.76	6.28	1.96
31	0.25	0.00	0.25	11.94	16.17	0.00	3.23	4.73	0.25	0.00	18.16	0.75	7.46	11.69	2.24
32	0.24	0.00	0.00	9.78	17.60	0.00	8.80	5.62	0.98	0.49	11.98	0.98	9.78	11.49	2.20
33	0.00	0.00	0.00	5.88	9.56	0.00	8.58	7.60	2.45	0.00	12.01	0.74	20.34	7.11	1.47
34	0.25	0.00	0.00	5.49	13.22	0.00	7.98	5.49	0.75	0.25	13.47	1.25	23.19	6.48	1.00
35	0.00	0.00	0.30	4.57	10.06	0.15	12.35	6.25	3.05	0.00	12.96	1.37	20.12	5.95	3.20
36	0.00	0.00	0.00	4.53	6.44	0.00	13.13	5.49	0.95	0.00	9.31	1.19	27.45	7.40	1.43
37	0.00	0.00	0.00	4.72	5.42	0.00	6.60	6.84	0.47	0.00	7.78	0.71	32.78	4.25	1.18
38	0.00	0.00	0.00	6.16	10.66	0.00	9.72	3.55	1.18	0.47	9.24	1.90	23.93	4.74	1.66
39	0.00	0.00	0.00	7.73	16.11	0.00	3.75	3.09	1.77	0.00	7.73	1.77	22.30	9.49	2.21
40	0.00	0.00	0.00	10.53	8.68	0.00	11.10	3.41	2.70	0.14	11.10	1.99	21.05	4.55	2.28
41	0.25	0.00	0.25	14.25	12.04	0.00	7.62	2.70	0.98	0.74	17.94	1.97	10.57	5.65	1.47
42	0.57	0.19	0.00	9.87	15.75	0.00	2.47	3.23	1.33	0.38	15.18	1.90	10.63	12.14	1.52
43	0.68	1.14	0.00	8.90	23.97	0.00	2.74	2.28	0.91	1.14	8.68	2.51	5.94	5.02	2.97
44	0.48	0.00	0.24	8.67	19.28	0.00	3.61	2.41	2.17	0.24	10.60	0.72	22.89	7.23	0.96
45	0.00	0.12	0.25	11.83	17.68	0.00	2.12	2.49	2.37	0.62	14.45	1.25	14.69	5.11	3.74
46	0.37	0.00	0.00	9.07	18.52	6.11	2.41	2.41	2.96	0.19	12.96	2.22	16.30	1.85	2.96
47	0.00	0.00	0.00	10.78	20.30	0.00	2.11	1.48	2.75	0.21	11.63	1.27	16.49	4.86	4.44
48	0.22	0.00	0.00	9.05	20.26	0.00	2.16	3.66	0.86	0.22	14.44	1.29	14.22	6.25	4.74
49	1.20	1.20	0.48	9.40	22.65	0.00	1.45	2.41	0.72	1.20	16.39	1.69	9.64	4.34	1.93
50	0.98	0.12	0.74	10.66	17.28	0.00	1.96	1.84	1.72	2.21	18.63	1.47	8.58	3.55	3.80
51	1.49	0.43	0.21	14.26	18.72	0.00	1.49	0.43	0.21	1.91	20.21	1.91	6.17	4.26	2.13
52	0.75	0.00	0.00	12.34	23.55	0.19	1.50	1.87	1.68	0.75	14.95	1.50	8.04	5.23	4.30

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2.

Tabela A2.3.5 - Dados biológicos - Testemunho SE0115 (parte 2/2).

Prof.	Afo	Am1	Apl	Cad	Cbe	Co1	Cst	Csy	Cwe	Hco	Pbr	Pse	Psr	Ta1	Th1
53	0.00	0.00	0.37	7.58	24.77	0.00	2.59	2.59	1.48	1.29	10.72	1.11	10.72	6.28	4.81
54	1.48	0.49	0.74	13.09	18.02	0.00	2.47	2.47	0.99	1.48	16.05	2.96	9.88	2.47	2.72
55	0.00	0.00	0.36	10.89	19.60	0.00	2.72	2.54	3.09	1.63	15.79	1.63	11.25	6.35	3.63
56	3.04	0.70	0.70	12.65	15.93	0.00	1.87	1.41	0.70	2.11	16.63	1.41	7.73	4.22	1.41
57	1.29	0.22	0.00	12.26	20.86	0.00	1.94	3.23	1.94	0.86	16.56	0.43	11.61	5.59	2.58
58	0.65	0.22	0.22	12.80	19.96	0.00	3.25	0.65	1.30	0.65	15.40	3.90	8.03	5.21	3.04
59	1.08	0.22	0.43	7.31	16.13	0.00	1.72	3.23	1.29	2.15	16.77	1.51	12.26	5.59	4.30
60	0.58	0.00	0.35	12.67	13.49	0.00	1.16	4.19	2.56	0.93	16.86	2.09	13.02	6.28	2.79

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2.

Tabela A2.3.6 - Dados biológicos - Testemunho SE0215 (parte 1/2).

Prof.	Ac3	Afo	Cad	Cbe	Cst	Csy	Cwe	Dgr	Dli	Ha2	Ngr	Npe	Nrh	Pbr	Psr	Se1	Ta1
1	0.00	3.47	3.47	3.28	8.88	2.51	0.19	0.39	10.81	2.32	0.19	0.97	8.88	8.11	2.70	0.58	6.37
2	0.18	2.52	3.78	5.04	8.45	3.06	0.18	0.54	10.79	3.96	0.36	3.60	5.94	8.45	1.62	1.08	4.68
3	0.00	11.40	8.37	2.79	5.12	0.23	0.00	0.00	4.88	4.65	0.00	2.33	4.88	14.88	1.40	2.56	1.86
4	1.50	2.14	4.70	1.28	7.05	1.50	0.43	0.21	12.82	2.35	0.00	0.00	13.25	13.03	1.92	3.42	7.26
5	0.45	3.13	1.57	1.57	4.70	2.46	1.12	0.22	10.51	2.46	0.22	4.70	11.19	12.98	2.24	5.37	5.59
6	0.22	3.13	3.80	2.68	6.49	3.13	0.00	0.45	9.62	2.24	0.45	6.04	12.75	11.63	2.01	1.34	4.92
7	1.41	2.12	3.06	1.88	5.88	2.12	0.24	0.24	14.35	1.88	0.24	5.65	10.82	14.35	1.18	2.59	6.35
8	0.24	6.08	5.11	1.70	2.92	1.22	0.24	0.00	6.33	4.62	0.00	5.11	8.03	19.71	2.19	2.68	5.84
9	3.44	2.68	5.54	0.57	4.40	0.76	0.38	0.19	12.81	2.68	0.00	5.74	10.71	12.43	1.53	4.97	4.02
10	1.96	7.17	3.48	0.87	3.91	1.96	0.22	0.43	7.61	1.74	0.00	5.87	11.09	10.87	1.52	4.13	2.17
11	5.61	3.59	2.69	0.00	4.48	2.47	0.22	0.00	8.30	1.79	0.22	6.28	10.54	14.35	2.69	1.35	4.04
12	2.46	5.42	6.40	0.49	6.40	1.97	0.49	0.00	5.91	1.97	0.25	5.17	9.61	17.00	1.72	0.99	2.22
13	1.17	1.63	4.43	0.47	6.29	3.03	0.47	0.23	4.43	3.26	0.47	8.62	3.73	20.05	3.03	1.17	4.66
14	2.49	2.49	4.49	0.75	6.48	2.00	1.00	0.75	3.74	5.49	0.25	9.73	2.74	21.45	3.74	0.75	2.00
15	2.23	4.95	4.95	0.00	4.46	4.46	0.00	0.00	4.95	2.97	0.00	5.94	10.15	9.90	3.71	0.99	1.49
16	0.00	3.00	7.50	2.50	5.50	5.50	1.25	1.25	5.00	1.25	0.25	3.75	4.00	24.00	8.00	0.50	2.75
17	0.00	0.47	7.31	0.71	5.42	12.74	1.89	0.24	3.30	0.00	0.47	4.25	0.47	22.88	18.16	0.00	4.95
18	0.49	2.20	3.41	2.68	4.63	8.78	0.73	1.71	5.85	2.44	0.49	5.61	3.90	16.59	10.24	2.44	4.39
19	0.24	2.38	3.81	2.14	5.00	9.52	0.24	0.48	6.90	0.95	0.24	5.00	6.19	16.67	10.71	0.71	3.10
20	0.50	4.71	7.69	1.74	4.22	3.72	0.99	1.49	3.97	2.48	0.00	3.72	8.93	13.15	4.96	3.23	2.98
21	0.00	2.74	4.99	2.24	3.99	1.50	0.25	0.75	6.98	1.50	1.00	2.99	5.24	15.96	21.70	1.25	2.49
22	0.00	0.00	0.99	0.25	2.72	1.24	0.74	0.99	4.46	0.00	2.23	4.95	0.25	20.30	37.13	0.00	1.73
23	0.00	0.24	0.95	0.00	1.18	0.95	0.95	1.42	4.49	0.00	2.13	6.15	1.18	21.28	32.86	0.00	5.44
24	0.00	0.00	0.49	0.24	4.63	1.46	0.98	0.98	3.66	0.00	2.20	5.85	0.73	23.41	29.51	0.00	4.39
25	0.00	0.00	0.73	0.00	3.90	0.00	0.00	2.93	3.41	0.00	2.93	5.12	0.24	17.80	35.85	0.00	3.90
26	0.00	0.00	3.99	0.25	6.73	3.49	0.25	0.75	2.00	0.50	4.24	4.99	0.00	17.71	29.68	0.00	4.74
27	0.00	0.00	0.00	0.00	5.74	1.64	0.00	3.28	3.28	0.82	2.46	5.74	0.00	17.21	31.97	0.00	2.46
28	0.00	0.00	3.85	0.96	5.77	0.00	0.00	4.81	3.85	0.00	1.92	5.77	0.00	17.31	29.81	0.00	3.85
29	0.00	0.00	4.05	0.00	8.11	1.35	0.00	2.70	4.05	0.00	2.70	0.00	0.00	16.22	39.19	0.00	0.00
30	0.00	0.00	7.58	0.76	8.33	2.27	0.00	3.79	3.03	0.76	1.52	5.30	0.00	18.18	24.24	0.00	1.52
31	0.00	0.66	12.75	0.44	1.76	5.05	0.00	0.22	1.76	1.10	0.66	5.71	0.00	32.09	8.35	0.22	6.37
32	0.00	0.00	4.91	0.89	3.13	4.02	0.45	0.89	7.59	0.45	1.34	5.80	0.00	19.64	22.32	0.00	7.14
33	0.00	0.00	5.15	2.06	4.12	8.25	0.00	0.00	3.09	1.03	2.06	5.15	0.00	13.40	29.90	0.00	6.19
34	0.00	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	0.00	4.44	7.78	0.00	5.56	6.67	0.00	4.44	33.33	0.00	4.44
35	0.00	0.00	1.69	0.00	3.39	0.00	0.00	1.69	0.00	0.00	3.39	11.86	0.00	11.86	38.98	0.00	1.69
36	0.00	0.00	0.76	0.00	3.82	0.00	0.00	0.00	4.58	0.00	2.29	5.34	0.00	22.90	29.01	0.00	3.82
37	0.00	0.00	0.00	0.00	6.45	0.00	1.08	3.23	3.23	0.00	4.30	4.30	0.00	7.53	33.33	0.00	4.30
38	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	0.00	0.00	3.33	10.00	0.00	1.11	7.78	0.00	8.89	41.11	0.00	3.33
39	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	4.17	0.00	0.00	1.39	1.39	0.00	6.94	44.44	0.00	1.39
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	8.33	0.00	2.08	0.00	0.00	16.67	31.25	0.00	2.08
41	0.00	0.00	0.00	0.00	7.14	0.00	0.00	3.57	3.57	0.00	7.14	0.00	0.00	3.57	21.43	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35	8.70	0.00	4.35	0.00	0.00	0.00	52.17	0.00	0.00
43	0.00	0.00	2.63	0.00	7.89	0.00	0.00	0.00	2.63	0.00	0.00	2.63	0.00	10.53	47.37	0.00	5.26
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	5.26	0.00	5.26	52.63	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	0.00	0.00	60.00	0.00	0.00
46	0.00	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	0.00	2.78	5.56	0.00	0.00	2.78	0.00	19.44	25.00	0.00	0.00
47	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	46.15	0.00	0.00
48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	32.00	0.00	4.00
49	0.00	0.00	0.00	0.00	11.54	0.00	0.00	23.08	3.85	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	42.31	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	10.53	0.00	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	26.32	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.00	0.00	5.00
52	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	2.78	0.00	2.78	52.78	0.00	2.78

Os códigos dos taxos são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2.

Tabela A2.3.7 - Dados biológicos - Testemunho SE0215 (parte 2/2).

Prof.	Ac3	Afo	Cad	Cbe	Cst	Csy	Cwe	Dgr	Dli	Ha2	Ngr	Npe	Nrh	Pbr	Psr	Se1	Ta1
53	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	3.13	9.38	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	53.13	0.00	3.13
54	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85	0.00	0.00	7.69	3.85	0.00	0.00	3.85	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
55	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	0.00	3.70	7.41	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	51.85	0.00	3.70
56	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00	5.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	37.50	0.00	7.50
57	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35	0.00	0.00	13.04	47.83	0.00	0.00
58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.89	2.22	0.00	2.22	2.22	0.00	15.56	42.22	0.00	0.00
59	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	4.84	1.61	0.00	4.84	0.00	0.00	1.61	48.39	0.00	1.61
60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17	0.00	0.00	10.87	2.17	0.00	2.17	4.35	0.00	4.35	50.00	0.00	2.17
61	0.00	0.00	0.00	0.00	16.13	0.00	0.00	3.23	3.23	0.00	6.45	0.00	0.00	6.45	41.94	0.00	0.00
62	0.00	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	5.56	11.11	5.56	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	5.56
63	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	0.00	0.00	9.09	9.09	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	40.91	0.00	4.55
64	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	17.86	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	7.14	35.71	0.00	0.00
65	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88	0.00	0.00	11.76	5.88	0.00	5.88	5.88	0.00	0.00	29.41	0.00	0.00
66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.36	0.00	0.00
67	0.00	0.00	0.00	0.00	11.43	0.00	0.00	0.00	2.86	0.00	5.71	0.00	0.00	14.29	37.14	0.00	5.71
68	0.00	0.00	0.00	2.04	4.08	0.00	0.00	4.08	2.04	0.00	4.08	0.00	0.00	16.33	42.86	0.00	2.04
69	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	40.00	0.00	0.00
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.27	0.00	0.00	18.18	0.00	0.00	9.09	27.27	0.00	0.00
71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.75	6.25	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	43.75	0.00	0.00
72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	20.00	60.00	0.00	0.00
73	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.50	0.00	0.00
74	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	0.00	7.41	3.70	0.00	3.70	0.00	0.00	11.11	42.59	0.00	1.85
75	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	2.78	2.78	0.00	5.56	2.78	0.00	8.33	55.56	0.00	0.00
76	0.00	0.00	0.00	0.00	8.57	0.00	0.00	2.86	5.71	0.00	0.00	2.86	0.00	5.71	57.14	0.00	2.86
77	0.00	0.00	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00	2.04	2.04	0.00	2.04	6.12	0.00	12.24	44.90	0.00	0.00
78	0.00	0.00	0.00	0.00	13.16	0.00	0.00	5.26	5.26	0.00	2.63	5.26	0.00	10.53	34.21	0.00	0.00
79	0.00	0.00	0.00	0.00	3.08	0.00	3.08	6.15	10.77	0.00	1.54	1.54	0.00	9.23	38.46	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	2.30	5.75	1.15	0.00	4.60	2.30	0.00	5.75	58.62	0.00	0.00
81	0.00	0.00	0.00	0.00	4.92	0.00	0.00	9.84	1.64	0.00	4.92	3.28	0.00	4.92	55.74	0.00	0.00
82	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	0.00	1.41	1.41	1.41	0.00	8.45	1.41	0.00	18.31	42.25	0.00	2.82
83	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38	0.00	1.19	0.00	9.52	0.00	9.52	2.38	0.00	5.95	39.29	0.00	3.57
84	0.00	0.00	0.00	0.00	5.15	0.00	2.06	6.19	3.09	0.00	7.22	2.06	0.00	8.25	46.39	0.00	2.06
85	0.00	0.00	1.01	0.00	1.01	0.00	1.01	2.02	4.04	0.00	11.11	4.04	0.00	17.17	37.37	0.00	3.03
86	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00	0.92	6.42	5.50	0.00	6.42	3.67	0.92	11.93	32.11	0.00	6.42
87	0.00	0.00	0.00	0.85	3.42	0.00	3.42	2.56	5.13	0.00	4.27	5.13	0.00	18.80	32.48	0.00	3.42
88	0.00	0.00	0.93	0.00	1.85	0.00	0.00	7.41	4.63	0.00	7.41	2.78	0.00	18.52	33.33	0.00	1.85
89	0.00	0.38	3.38	0.00	1.13	0.00	6.39	1.13	3.38	0.38	3.01	4.51	0.00	26.69	21.43	0.00	3.38
90	0.00	0.00	0.91	0.46	1.37	0.00	6.85	1.37	4.57	0.00	5.02	5.94	0.00	17.81	22.83	0.00	4.11
91	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42	0.00	4.27	3.42	4.27	0.00	6.84	4.27	0.00	17.95	25.64	0.00	6.84
92	0.00	0.00	0.00	0.82	4.10	0.00	0.82	1.64	5.74	0.00	6.56	1.64	0.00	13.11	41.80	0.00	1.64

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2

Tabela A2.3.8 - Dados biológicos - Testemunho SO0115.

Prof.	Afo	Ase	Cad	Cbe	Cst	Csy	Ffo	Ha2	Nrh	Pbr	Pg1	Psc	Psr	Ta1
1	6.93	0.00	3.71	3.71	0.99	0.99	0.74	3.47	9.90	10.89	0.00	0.50	4.46	3.47
2	5.20	0.45	6.79	4.75	2.94	0.45	0.68	1.13	7.69	6.56	0.00	1.13	4.07	4.52
3	4.37	0.46	2.07	5.75	1.84	0.46	1.84	1.38	9.43	11.49	0.00	1.38	4.83	3.45
4	5.24	0.24	3.57	5.71	2.38	0.71	0.71	1.43	10.71	8.10	0.00	0.71	3.57	3.57
5	1.39	0.23	2.09	6.50	3.25	0.70	0.93	1.39	10.90	11.37	0.00	1.39	4.64	4.41
6	4.11	0.00	2.66	4.11	2.42	0.72	0.00	1.45	12.80	8.94	0.24	1.45	5.56	2.90
7	5.83	0.00	3.26	4.43	3.26	0.00	0.47	1.63	13.75	8.86	0.23	2.33	3.03	5.13
8	4.70	0.25	2.97	3.96	3.96	0.50	0.00	2.72	10.40	9.90	0.25	1.98	2.72	4.21
9	6.77	0.00	2.51	4.51	2.76	0.50	1.25	1.25	10.53	11.53	0.00	0.75	4.26	4.01
10	2.08	0.46	1.85	4.17	3.01	1.62	0.23	1.62	12.73	11.11	0.00	0.23	6.25	2.55
11	3.61	0.00	5.42	4.74	2.26	0.68	0.00	2.26	12.19	13.77	0.23	0.45	4.29	2.93
12	3.56	0.00	3.33	4.89	1.78	0.00	0.22	2.44	10.00	10.89	0.22	1.33	3.11	4.22
13	3.72	0.47	4.42	5.12	4.19	0.00	0.23	1.16	11.40	11.63	0.70	0.93	5.81	3.02
14	4.40	0.00	9.05	2.69	1.96	0.98	0.98	6.11	9.05	17.11	0.00	1.22	4.40	5.13
15	6.50	0.00	5.50	6.75	0.50	0.00	0.25	3.50	10.00	21.00	0.25	0.75	3.50	3.75
16	7.52	0.46	10.93	4.10	2.51	0.46	0.00	2.73	8.20	16.63	1.14	1.59	3.42	4.10
17	4.09	2.50	6.59	3.18	3.18	1.59	0.23	2.50	8.86	15.68	0.00	2.50	8.64	5.23
18	1.46	3.41	11.68	1.22	4.38	2.92	0.00	1.22	5.35	16.55	1.70	3.41	16.30	5.60
19	1.49	1.74	8.19	1.99	3.47	1.99	0.50	0.99	6.20	17.12	0.99	4.96	14.39	4.22
20	2.14	2.14	10.19	2.41	6.97	3.22	0.27	1.34	4.83	17.16	1.07	3.75	12.87	1.07
21	2.08	1.85	12.70	1.39	3.46	1.85	5.08	1.62	3.00	24.02	2.77	2.54	10.16	3.00
22	1.96	4.41	12.01	1.96	2.45	2.45	0.00	0.49	3.19	18.38	3.19	3.92	15.69	2.45
23	1.14	2.97	13.96	4.12	2.06	2.75	0.46	0.92	2.29	19.22	2.52	2.97	15.10	4.12
24	1.83	4.59	10.09	1.61	4.13	0.69	0.23	1.83	4.36	22.25	3.21	3.44	13.99	2.98
25	3.76	3.52	11.03	2.11	1.64	0.94	0.23	1.88	2.82	18.78	3.29	2.58	12.91	1.88
26	3.41	3.65	11.44	2.92	5.11	1.95	0.00	0.97	1.22	17.52	3.16	4.14	18.25	1.70
27	1.25	2.74	9.23	3.74	3.49	0.75	0.00	1.50	1.00	24.44	5.74	1.50	18.45	2.00
28	1.90	1.43	13.57	4.05	3.57	0.71	0.00	0.48	0.71	22.14	3.81	4.76	16.90	4.29
29	0.93	4.44	10.28	3.50	3.50	1.40	0.70	1.87	1.40	13.55	3.97	2.10	20.56	3.27
30	1.82	2.51	10.25	3.87	5.01	1.37	0.23	0.68	0.68	19.36	2.05	6.15	17.54	2.28
31	1.20	3.84	11.51	1.68	4.08	2.16	0.00	0.96	0.00	16.79	3.36	2.40	21.10	3.60
32	2.20	3.67	11.98	3.67	4.40	0.73	0.24	1.47	1.47	18.34	2.20	5.13	17.85	2.93
33	0.98	3.41	9.27	5.12	2.68	0.49	0.49	1.22	0.49	17.07	2.68	5.61	20.49	3.66
34	1.97	2.46	14.50	2.46	2.21	2.21	0.00	0.74	0.98	19.90	3.19	3.44	14.74	3.19
35	3.71	2.97	9.41	2.97	2.48	1.98	0.00	0.74	0.25	21.29	1.98	5.20	23.02	1.98
36	0.50	4.22	5.71	0.74	2.48	1.24	0.25	0.00	0.00	15.38	2.98	10.17	34.00	1.99
37	0.00	9.05	3.67	0.00	2.44	3.18	0.00	0.00	0.00	8.80	1.71	7.82	49.39	0.73
38	0.00	6.48	2.74	1.25	3.24	2.74	0.00	0.25	0.00	9.98	1.00	9.73	47.38	0.50
39	0.00	5.00	1.25	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	2.50	5.00	1.25	13.75	61.25	0.00
40	0.00	6.25	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	43.75	6.25
41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.75	31.25	0.00
42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.11	47.37	0.00
43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	44.44	38.89	0.00
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	55.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	42.86	0.00

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2

Tabela A2.3.9 - Dados biológicos - Testemunho SO0215 (parte 1/2).

Prof.	Afo	Bpa	Cad	Cbe	Dli	Ha2	Nam	Ndu	Ngr	Npe	Nrh	Pbr	Psr	Se1	Ta1
1	0.95	2.63	1.19	3.10	6.68	0.48	0.00	1.43	0.48	2.39	15.75	7.40	3.82	4.30	3.34
2	3.38	2.08	1.30	2.34	3.90	0.78	0.00	7.53	0.00	3.90	10.91	8.31	2.86	4.42	4.16
3	4.07	0.78	2.71	1.74	6.01	1.36	6.01	3.10	0.39	1.16	9.88	4.65	1.55	2.91	1.16
4	4.64	2.87	2.21	2.43	3.31	1.55	1.55	8.83	0.00	2.65	8.61	7.73	2.43	2.65	1.55
5	2.22	0.67	1.11	2.22	6.21	1.11	0.22	1.55	0.67	2.00	11.53	9.98	3.55	5.54	2.88
6	2.81	1.17	2.11	3.51	6.56	1.17	1.41	2.34	0.23	6.09	12.88	11.48	1.41	3.75	1.41
7	3.77	1.01	2.01	2.76	3.52	3.02	2.26	3.27	0.50	5.53	15.33	6.78	1.51	3.52	2.51
8	3.19	0.25	0.98	3.93	7.13	1.23	0.25	1.72	0.98	1.97	17.20	9.09	1.97	3.69	1.72
9	3.06	1.18	4.00	2.59	4.94	2.35	1.65	6.59	0.00	2.12	9.18	8.47	0.71	3.53	1.41
10	5.95	0.23	1.37	2.75	3.89	0.00	2.75	11.44	0.00	2.29	6.86	5.03	0.92	1.60	1.37
11	2.14	0.71	1.43	2.14	5.94	1.90	2.14	3.33	0.48	0.95	14.25	7.84	2.85	6.41	2.14
12	2.79	1.86	1.86	3.26	4.19	2.79	1.16	6.28	0.23	1.63	15.35	6.51	1.16	3.95	1.86
13	4.78	5.26	2.63	3.35	3.59	1.67	2.15	8.61	0.24	1.91	15.31	5.98	0.48	3.59	0.72
14	3.95	0.00	3.02	4.19	5.81	2.33	1.40	4.19	0.47	3.49	15.81	8.14	1.63	6.98	3.02
15	7.90	0.49	0.49	2.96	1.98	0.25	1.48	11.36	0.00	2.22	12.10	6.42	1.73	3.95	0.74
16	2.39	1.43	0.95	5.49	4.53	1.91	0.95	2.39	0.00	1.67	18.38	8.59	1.19	5.97	2.15
17	8.62	0.00	1.72	4.93	2.96	0.74	0.74	5.42	0.49	1.97	15.02	5.91	2.96	6.65	0.49
18	1.62	0.46	1.62	5.10	7.19	2.32	0.00	2.55	0.23	2.09	17.40	8.58	2.55	5.10	3.02
19	3.73	0.00	4.98	3.73	6.47	0.25	0.50	1.24	0.25	1.49	23.13	5.72	2.74	3.48	1.00
20	2.44	0.98	3.18	5.13	4.40	0.98	0.73	5.87	0.49	2.69	16.14	5.62	2.44	2.93	2.20
21	2.21	1.23	2.94	4.90	3.92	1.47	1.96	6.62	0.49	3.19	19.12	4.66	2.21	5.64	2.21
22	3.52	0.23	6.10	6.34	3.29	1.64	0.23	6.34	0.00	1.17	15.49	7.28	2.58	2.35	3.05
23	4.11	1.21	3.38	1.45	2.90	2.42	2.42	13.77	0.24	1.69	12.08	7.25	0.72	1.45	0.72
24	3.16	1.22	3.41	4.14	2.92	1.22	1.22	4.38	0.00	1.46	18.49	6.33	2.19	3.89	3.89
25	9.68	0.25	6.20	4.47	3.72	0.99	0.00	0.74	0.00	2.98	19.60	8.19	0.50	4.47	2.23
26	4.13	0.00	5.34	4.37	5.10	1.70	0.00	0.73	0.49	2.43	19.66	8.50	3.64	6.55	4.37
27	3.24	0.00	6.18	4.71	7.35	2.06	0.00	0.00	0.00	0.88	22.35	5.59	9.12	2.94	2.65
28	2.41	0.00	3.61	10.24	6.02	0.00	0.00	0.00	0.60	4.22	16.87	4.82	6.63	3.61	2.41
29	4.58	0.00	2.50	2.50	5.42	1.67	0.83	0.42	0.83	1.67	21.25	6.67	10.00	2.92	2.50
30	2.30	0.00	1.15	11.49	4.60	5.75	0.00	3.45	0.00	1.15	18.39	9.20	9.20	2.30	2.30
31	2.86	0.00	5.00	5.71	4.29	0.71	0.00	0.00	0.71	3.57	18.57	5.71	15.71	0.00	5.00
32	3.97	0.00	3.97	9.52	3.97	0.00	0.00	1.59	0.00	3.97	16.67	5.56	2.38	0.79	7.14
33	0.63	0.00	5.38	5.06	6.01	0.32	0.00	0.00	1.90	2.53	10.44	13.92	11.08	0.32	3.80
34	1.68	0.00	7.56	1.68	5.04	0.00	0.00	0.00	0.00	5.46	22.27	9.66	12.61	0.42	5.46
35	0.00	0.00	3.77	3.77	4.72	0.00	0.00	0.00	5.66	4.72	0.00	11.32	26.42	0.00	2.83
36	2.73	0.00	3.64	7.27	6.36	1.82	0.00	0.00	1.82	3.64	19.09	1.82	6.36	0.00	4.55
37	0.00	0.00	7.14	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.71	0.00	0.00
38	0.00	0.00	0.00	5.56	5.56	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	11.11	5.56	22.22	0.00	0.00
39	4.35	0.00	15.94	2.90	1.45	2.90	0.00	0.00	2.90	0.00	8.70	11.59	8.70	4.35	4.35
40	7.69	0.00	0.00	0.00	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	7.69	23.08	0.00	0.00
41	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.81	25.93	0.00	0.00
42	0.00	0.00	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.38	0.00	0.00	23.08	30.77	0.00	0.00
43	0.00	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	5.56	0.00	0.00	11.11	38.89	0.00	5.56
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88	17.65	0.00	0.00	41.18	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00
46	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.75	18.75	0.00	6.25
47	0.00	0.00	10.87	10.87	2.17	4.35	0.00	0.00	2.17	4.35	2.17	13.04	4.35	0.00	4.35
48	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	0.00
49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2

Tabela A2.3.10 - Dados biológicos - Testemunho SO0215 (parte 2/2).

Prof.	Afo	Bpa	Cad	Cbe	Dli	Ha2	Nam	Ndu	Ngr	Npe	Nrh	Pbr	Psr	Se1	Ta1
53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00
57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	0.00	0.00	14.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.29	0.00	0.00	0.00	14.29	14.29
64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00
67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	40.00	0.00	10.00
68	0.00	0.00	5.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.53	11.76	0.00	11.76
69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2

Tabela A2.3.11 - Dados biológicos - Testemunho MA0115

Prof.	Cst	Csy	Cwe	Dli	Foc	Nrh	Pbr	Psr	Ta1	Th1	Tni
1	6.63	7.86	0.49	6.39	0.74	7.37	6.88	6.39	17.44	3.44	2.46
2	6.13	2.94	0.00	12.01	1.96	6.62	7.11	7.35	13.48	1.96	2.21
3	5.57	6.78	0.24	4.12	1.21	9.93	5.33	6.05	19.37	1.94	2.42
4	6.97	3.13	0.72	4.57	2.16	12.74	4.09	6.73	15.87	5.29	1.20
5	7.36	5.94	0.71	1.90	0.48	10.69	3.80	7.60	17.34	1.90	2.38
6	9.95	2.84	1.18	3.32	0.24	8.06	3.08	8.06	22.75	4.03	1.42
7	5.07	4.35	0.48	3.62	0.97	8.94	5.07	6.28	21.01	4.11	0.97
8	7.09	6.62	0.95	5.20	0.24	8.27	4.73	6.86	16.31	2.60	0.00
9	7.09	8.24	0.23	3.20	2.52	8.70	4.58	6.41	21.05	3.20	1.83
10	6.56	6.09	0.47	2.58	1.64	10.54	2.34	6.56	22.72	4.22	1.64
11	7.91	6.00	1.68	4.80	2.16	7.43	5.52	3.60	18.94	4.32	2.40
12	5.65	5.65	0.47	1.65	0.94	10.12	4.47	7.76	19.76	3.53	1.88
13	6.09	7.49	0.23	2.58	1.41	5.62	5.85	7.26	26.70	5.85	0.47
14	7.28	7.04	0.49	1.46	0.49	9.71	6.07	5.10	18.93	4.61	2.67
15	6.70	5.74	0.00	3.11	1.91	9.09	8.13	7.18	21.77	5.02	1.91
16	6.44	2.30	0.46	2.99	1.61	11.95	3.22	6.67	23.22	4.60	3.22
17	5.69	4.46	0.50	3.22	1.49	9.65	8.42	6.19	12.38	5.45	2.48
18	6.49	4.33	1.68	3.37	2.16	10.34	5.29	7.45	12.74	5.29	0.96
19	6.00	3.60	1.68	3.36	3.60	6.71	12.95	6.47	13.67	3.36	0.24
20	6.43	4.76	2.14	2.86	1.67	12.86	6.67	6.67	13.81	2.14	0.71
21	5.91	4.49	2.60	3.55	1.42	12.53	5.20	5.91	15.60	4.02	0.47
22	5.45	3.08	1.66	3.08	0.95	14.45	7.58	7.82	18.72	4.27	1.18
23	6.99	3.86	2.65	3.61	1.69	13.73	4.34	8.92	13.01	5.06	2.17
24	5.48	3.81	2.86	3.33	2.14	11.19	4.52	5.95	14.52	3.33	4.05
25	8.20	6.61	0.91	2.73	2.05	11.62	4.33	5.01	14.35	4.33	0.91
26	4.00	5.50	0.75	2.00	2.25	11.00	6.50	5.75	19.25	1.75	2.00
27	7.18	7.66	1.91	2.39	2.63	1.67	8.37	10.53	18.66	3.11	0.24
28	7.91	6.00	1.92	2.88	1.92	2.88	5.28	8.15	20.38	3.36	1.44
29	4.42	3.02	1.86	2.56	2.79	13.49	6.51	5.35	18.37	3.02	1.86
30	8.22	2.35	2.35	2.35	1.17	10.80	6.34	3.52	17.37	4.69	0.00
31	6.57	2.19	4.38	2.43	2.43	0.49	5.84	7.06	21.41	1.70	1.70
32	7.96	5.15	7.03	2.34	0.00	0.94	6.56	15.93	20.37	3.04	0.00
33	6.95	6.71	1.68	3.60	1.92	2.40	8.15	8.87	21.82	3.12	0.00
34	7.18	2.63	2.87	2.63	2.39	0.48	5.74	12.68	19.38	3.11	1.20
35	10.33	3.02	1.76	2.52	2.77	0.25	4.79	14.36	11.08	3.27	1.76
36	10.90	4.84	3.63	2.66	3.15	0.00	3.63	9.69	12.83	4.12	1.21
37	8.89	3.21	3.70	1.98	2.72	0.25	6.91	9.88	13.83	3.70	5.19
38	7.39	3.94	2.96	2.71	5.42	0.00	9.85	11.82	11.58	3.45	2.46
39	6.73	2.88	3.61	2.40	3.37	0.24	6.01	13.94	14.18	4.33	1.68
40	6.22	2.44	4.44	3.33	5.11	0.44	5.56	12.67	14.89	4.89	0.22
41	8.35	2.39	3.10	3.34	1.91	0.24	6.92	14.56	12.65	4.53	0.95
42	7.18	4.31	2.87	1.91	4.07	0.00	5.74	20.81	11.48	4.07	0.72

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2

Tabela A2.3.12 - Dados biológicos - Testemunho MA0215 (parte 1/2).

Prof.	Ac2	Cad	Cst	Csy	Cwe	Dli	Eu2	Foc	Nrh	Pbr	Psr	Ta1	Tni
1	0.35	2.96	4.53	2.26	0.35	8.54	0.00	2.61	4.53	7.67	9.41	8.01	9.23
2	0.18	1.48	5.90	2.21	0.00	10.70	0.00	2.40	4.80	4.80	8.67	11.07	11.25
3	0.72	1.61	4.84	1.97	0.18	11.11	0.00	1.61	4.84	6.27	6.81	9.32	5.91
4	0.58	2.70	4.05	1.16	0.19	11.95	0.58	3.47	3.66	5.01	7.32	6.36	13.29
5	0.00	0.92	4.03	2.56	0.73	11.17	0.73	2.20	5.49	4.58	8.24	5.31	14.29
6	0.00	1.48	4.08	2.41	0.00	10.02	1.48	2.23	6.49	4.27	5.01	2.97	12.06
7	0.00	1.62	4.62	3.70	0.46	8.55	0.69	2.77	6.24	6.24	7.62	4.16	12.01
8	0.16	1.93	3.85	2.25	0.00	11.88	0.32	1.77	5.94	4.01	6.90	7.06	14.45
9	0.00	2.10	5.14	1.87	0.23	8.64	1.17	3.27	8.41	5.37	5.14	6.07	10.51
10	0.48	2.14	7.86	4.76	0.48	5.48	0.71	5.24	6.43	4.05	3.33	5.48	13.57
11	0.00	4.71	5.62	5.43	1.09	3.44	0.91	5.43	7.43	6.16	7.07	4.17	7.43
12	0.00	16.88	1.69	4.22	2.53	2.74	0.00	4.01	0.84	6.54	14.35	13.29	0.21
13	0.81	4.25	5.67	2.02	1.82	5.67	1.82	4.45	6.48	4.86	9.11	6.48	4.05
14	0.49	2.95	8.85	3.19	1.23	5.41	0.74	7.62	7.86	4.18	3.69	6.14	4.67
15	0.22	8.37	4.19	2.42	1.98	3.96	1.54	4.85	7.27	5.95	5.73	6.17	2.86
16	0.60	2.39	5.78	2.79	1.39	5.18	5.78	4.58	9.96	5.78	4.18	4.38	4.98
17	0.22	3.89	4.10	3.24	4.32	4.32	1.94	3.46	4.97	8.21	10.58	7.56	2.16
18	0.00	2.70	1.35	0.27	10.51	3.50	0.00	3.23	0.00	4.04	31.54	12.40	0.00
19	0.00	7.60	2.66	1.14	6.84	5.32	0.00	2.66	0.00	3.42	31.18	12.17	0.38
20	5.07	1.84	3.00	0.69	5.07	4.84	0.46	0.23	3.23	5.99	20.74	9.68	0.69
21	0.23	7.27	4.09	2.73	2.73	3.18	1.14	5.45	4.55	7.27	13.64	6.36	1.59
22	0.00	1.85	0.00	5.56	5.56	0.93	0.00	0.93	0.00	2.78	36.11	6.48	0.00
23	0.00	5.76	0.72	2.16	6.47	3.60	0.00	0.00	0.00	7.19	35.25	15.11	0.00
24	0.00	0.00	1.56	0.00	9.38	3.13	0.00	0.78	0.00	1.56	44.53	13.28	0.00
25	0.00	8.96	1.49	10.45	4.48	0.00	0.00	1.49	0.00	7.46	22.39	8.96	0.00
26	0.37	22.96	4.44	4.44	3.70	2.22	0.00	4.81	0.74	7.41	14.07	5.19	0.00
27	0.00	23.13	2.99	10.45	2.24	2.99	0.00	2.99	0.00	5.97	15.67	1.49	0.00
28	0.00	14.84	2.34	14.06	9.38	0.78	0.00	3.91	0.78	4.69	14.06	7.03	0.00
29	0.00	8.33	2.38	19.05	9.52	0.00	0.00	1.19	0.00	5.95	20.24	11.90	0.00
30	0.00	17.95	0.00	20.51	5.13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	25.64	12.82	0.00
31	0.00	3.70	0.00	22.22	0.00	3.70	0.00	3.70	0.00	0.00	25.93	7.41	0.00
32	0.00	12.50	6.25	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	6.25	12.50	0.00
33	0.00	5.00	0.00	5.00	10.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00
34	0.00	16.36	0.00	18.18	3.64	1.82	0.00	1.82	0.00	3.64	10.91	10.91	0.00
35	0.00	26.67	0.00	0.00	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.33	6.67	0.00
36	0.00	3.13	0.00	18.75	9.38	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	21.88	9.38	0.00
37	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
38	0.00	3.70	0.00	37.04	1.85	1.85	0.00	0.00	0.00	7.41	14.81	7.41	0.00
39	0.00	3.33	3.33	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.67	3.33	0.00
40	0.00	0.00	66.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	0.00	2.34	0.00	1.56	2.34	7.81	0.00	2.34	0.00	6.25	21.09	21.88	0.00
42	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	6.67	0.00	6.67	0.00	0.00	20.00	26.67	0.00
43	0.00	15.79	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.32	10.53	0.00
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.22	11.11	0.00
45	0.00	17.57	0.00	0.00	4.05	1.35	0.00	2.70	0.00	1.35	17.57	12.16	0.00
46	0.00	2.70	0.00	0.00	2.70	5.41	0.00	0.00	0.00	2.70	16.22	18.92	0.00
47	0.00	5.00	2.50	0.00	2.50	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	37.50	20.00	0.00
48	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	9.09	0.00	0.00	0.00	4.55	27.27	9.09	0.00
49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.18	27.27	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	12.50	0.00	0.00
52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00	0.00

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2

Tabela A2.3.13 - Dados biológicos - Testemunho MA0215 (parte 2/2).

Prof.	Ac2	Cad	Cst	Csy	Cwe	Dli	Eu2	Foc	Nrh	Pbr	Psr	Ta1	Tni
53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	12.50	0.00	0.00
54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	23.08	0.00	0.00
56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	30.00	0.00	0.00
57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00	0.00	0.00
59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.29	28.57	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	30.00	0.00	0.00
61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00
62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	33.33	0.00	0.00
63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	50.00	0.00	0.00
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	0.00	0.00
67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00
68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	11.11	0.00	0.00
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	22.22	0.00	0.00
71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00
72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.08	0.00	0.00
73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	0.00	0.00
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	0.00	0.00
77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00
78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	18.18	0.00	0.00
79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	12.50	0.00	0.00
81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	20.00	0.00	0.00
82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00
83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	0.00	9.09	0.00

Os códigos dos taxas são os mesmos usados nos Capítulos 1 e 2

APÊNDICE 3 - SCRIPTS DO R

Apêndice 3.1 - Script do Capítulo 1

```
# Pacotes
#####
#####
library(mice)
library(factoextra)
library(reshape2)
library(tidyverse)
library(ggplot2)
library(svglite)
library(cluster)
library(vegan)
library(analogue)

# Preparações
#####
# Dados das variáveis ambientais
Ambiental <- read.csv("~/Documentos/Projetos de
Pesquisa/Ativos/Projeto Camamu 1/Artigo 01 -
Neoecologica/Resultados/Sup_Ambiental.csv")
Ambiental_C12 <- subset(Ambiental[-c(61:120),])
Ambiental_C1234 <- subset(Ambiental[,-c(5,23:29)])
# Análise dos dados faltantes
# Campanhas 1 e 2 (todos os dados: água e
sedimento)
pMiss <- function(x){sum(is.na(x))/length(x)*100}
apply(Ambiental_C12,2,pMiss)
# limite de 5% de dados faltantes por variável
apply(Ambiental_C12,1,pMiss)
# Limite de 50% de dados faltantes por amostra
md.pattern(Ambiental_C12)
aggr_plot <- aggr(Ambiental_C12,
col=c('navyblue','red'), numbers=TRUE,
sortVars=TRUE,
labels=names(Ambiental), cex.axis=.7, gap=3,
ylab=c("Histogram of missing data","Pattern"))
Ambiental_C12 =
subset(Ambiental_C12[-c(12,22,31,41,42,46,49,60),
])
pMiss <- function(x){sum(is.na(x))/length(x)*100}
apply(Ambiental_C12,2,pMiss)
# limite de 5% de dados faltantes por variável
apply(Ambiental_C12,1,pMiss)
# Limite de 50% de dados faltantes por amostra
md.pattern(Ambiental_C12)
aggr_plot <- aggr(Ambiental_C12,
col=c('navyblue','red'), numbers=TRUE,
sortVars=TRUE,
labels=names(Ambiental), cex.axis=.7, gap=3,
ylab=c("Histogram of missing data","Pattern"))
Ambiental_Temp <-
mice(Ambiental_C12,m=5,maxit=50,meth='pmm',se
ed=500)
summary(Ambiental_Temp)
Ambiental_Temp$imp
Ambiental_C12 <- complete(Ambiental_Temp,1)
head(Ambiental_C12)
write.csv(Ambiental_C12, file =
~/Documentos/Projetos de Pesquisa/Ativos/Projeto
Camamu 1/Artigo 01 -
Neoecologica/Resultados/Sup_Ambiental_C12.csv"
)
# Campanhas 1 a 4 (só os dados de água)
pMiss <- function(x){sum(is.na(x))/length(x)*100}
apply(Ambiental_C1234,2,pMiss)
# limite de 5% de dados faltantes por variável
apply(Ambiental_C1234,1,pMiss)
# Limite de 50% de dados faltantes por amostra
md.pattern(Ambiental_C1234)
aggr_plot <- aggr(Ambiental_C1234,
col=c('navyblue','red'), numbers=TRUE,
sortVars=TRUE,
labels=names(Ambiental), cex.axis=.7, gap=3,
ylab=c("Histogram of missing data","Pattern"))
Ambiental_C1234 =
subset(Ambiental_C1234[-c(12,22,31,41,42,46,49,6
0),])
pMiss <- function(x){sum(is.na(x))/length(x)*100}
apply(Ambiental_C1234,2,pMiss)
# limite de 5% de dados faltantes por variável
apply(Ambiental_C1234,1,pMiss)
# Limite de 50% de dados faltantes por amostra
md.pattern(Ambiental_C1234)
aggr_plot <- aggr(Ambiental_C1234,
col=c('navyblue','red'), numbers=TRUE,
sortVars=TRUE,
labels=names(Ambiental), cex.axis=.7, gap=3,
ylab=c("Histogram of missing data","Pattern"))
write.csv(Ambiental_C1234, file =
~/Documentos/Projetos de Pesquisa/Ativos/Projeto
Camamu 1/Artigo 01 -
Neoecologica/Resultados/Sup_Ambiental_C1234.c
sv" )
# criação dos dados de abundância relativa
Abundancia <- read.csv("~/Documentos/Projetos de
Pesquisa/Ativos/Projeto Camamu 1/Artigo 01 -
Neoecologica/Resultados/Sup_Abundancia.csv",
row.names=1)
Abundancia_Relativa <-
(as.data.frame(make_relative(as.matrix(Abundancia
))))*100
write.csv(Abundancia_Relativa, file =
~/Documentos/Projetos de Pesquisa/Ativos/Projeto
Camamu 1/Artigo 01 -
Neoecologica/Resultados/Sup_Abundancia_Relativ
a.csv" )
# Dados e transformações
#####
setwd("~/Documentos/Projetos
de
Pesquisa/Ativos/Analise ecologica da Baia de
Camamu/Artigo 01 - Neoecologica/Resultados")
Ambiental_C12 <-
read.csv("Sup_Ambiental_C12.csv", row.names=1)
Ambiental_C1234 <-
read.csv("Sup_Ambiental_C1234.csv",
row.names=1)
```

```

Ambiental_C12$Season =
factor(Ambiental_C12$Season,
levels=c('Raining','Dry'))
Ambiental_C12$Granulometry =
factor(Ambiental_C12$Granulometry,
levels=c('Gravel','Coarse Sand','Medium
Sand','Fine Sand','Very Fine Sand','Mud'))
Ambiental_C12$Group2 =
factor(Ambiental_C12$Group2,
levels=c('A','B','C','D','E'))
Abundancia <- read.csv("Sup_Abundancia.csv",
row.names=1)
Abundancia_Relativa_cut <-
read.csv("Sup_Abundancia_Relativa_cut.csv",
row.names=1)
# transformações
Abundancia.relativa.CCA.Log=
as.data.frame(log10(Abundancia_Relativa_cut+1))
Ambiental.padrao_C1234 =
as.data.frame(scale(Ambiental_C1234[,5:21]))
Ambiental.padrao_C1234$Station=Ambiental_C123
4$Station
Ambiental.padrao_C1234$River=Ambiental_C1234
$River
Ambiental.padrao_C1234$Season=Ambiental_C12
34$Season
Ambiental.padrao_C1234$Campaign=Ambiental_C
1234$Campaign
Ambiental.padrao_C12 =
as.data.frame(scale(Ambiental_C12[,6:29]))
Ambiental.padrao_C12$Station=Ambiental_C12$St
ation
Ambiental.padrao_C12$River=Ambiental_C12$Rive
r
Ambiental.padrao_C12$Season=Ambiental_C12$S
eason
Ambiental.padrao_C12$Campaign=Ambiental_C12
$Campaign
Ambiental.padrao_C12$Granulometry=Ambiental_C
12$Granulometry
Ambiental.padrao_C12$sal.range=Ambiental_C12$
Sal.range
Ambiental.padrao_C12$TDI=Ambiental_C12$TDI
Ambiental.padrao_C12$TPO=Ambiental_C12$TPO
Ambiental.padrao_C12$Group1=Ambiental_C12$G
roup1
Ambiental.padrao_C12$Group2=Ambiental_C12$G
roup2
# Dados Secundários
Granulometria = subset(Ambiental_C12[,-(5:22)])
Granulometria = subset(Granulometria[,-(12:14)])
Granulometria = melt(Granulometria,
id.vars=c("Station", "River", "Season", "Campaign"))
Granulometria$variable =
factor(Granulometria$variable,
levels=c('Gravel','VC_Sand','C_Sand','M_Sand','F
_Sand','VF_Sand','Mud'))
Abundancia_Relativa_temp =
Abundancia_Relativa_cut <-
colnames(Abundancia_Relativa_temp)
c("Achnanthes sp1", "A. fagedii", "A. helvetica",
"A. minutus", "Biremis sp1", "B.
paxillifera", "C. belgica",
"C. clamans", "C. grata", "C.
placentula", "C. scutellum",
"C. striata", "C. stylorum",
"Delphineis sp1", "D. gessneri",
"D. Litoralis", "E. laevis",
"Eunotogramma sp1", "F. sp1",
"F. forcipata", "F. nummularia",
"Halamphora sp1",
"H. coffeaeformis", "M. ovata",
"Nitzschia sp1", "Navicula ramosissima",
"N. raphoneis", "O.
guenter-grassii",
"O. marina", "O. olsenii",
"Planothidium sp1",
"P. brasiliensis", "P. delicatulum",
"Pleurosigma sp",
"P.sulcata var. Coronata", "P.
septentrionalis",
"P. sulcata var. Radiata",
"Seminavis sp1",
"Tabullaria sp1", "Thalassiosira
sp1", "T. waernii")
Abundancia_Relativa_temp$Campaign =
Ambiental_C12$Campaign
Abundancia_Relativa_temp$Station =
Ambiental_C12$Station
Abundancia_Relativa_temp$River =
Ambiental_C12$River
Abundancia_Relativa_temp$Season =
Ambiental_C12$Season
Comunidade = melt(Abundancia_Relativa_temp,
id.vars=c("Station", "River", "Season", "Campaign"))
# Valores das variáveis ambientais
#####
head(Ambiental_C12)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
min = min(Sal),
max = max(Sal),
mean = mean(Sal),
sd = sd(Sal)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
min = min(pH),
max = max(pH),
mean = mean(pH),
sd = sd(pH)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
min = min(orp),
max = max(orp),
mean = mean(orp),
sd = sd(orp)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
min = min(PDO),
max = max(PDO),
mean = mean(PDO),
sd = sd(PDO)
)
Ambiental_C12 %>%

```

```

group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(Cond),
  max = max(Cond),
  mean = mean(Cond),
  sd = sd(Cond)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(SPM),
  max = max(SPM),
  mean = mean(SPM),
  sd = sd(SPM)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(Temp),
  max = max(Temp),
  mean = mean(Temp),
  sd = sd(Temp)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(TP),
  max = max(TP),
  mean = mean(TP),
  sd = sd(TP)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(PO4),
  max = max(PO4),
  mean = mean(PO4),
  sd = sd(PO4)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(TN),
  max = max(TN),
  mean = mean(TN),
  sd = sd(TN)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(NO3),
  max = max(NO3),
  mean = mean(NO3),
  sd = sd(NO3)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(NH3),
  max = max(NH3),
  mean = mean(NH3),
  sd = sd(NH3)
)
Ambiental_C12 %>%
group_by(River) %>%
summarise(
  min = min(Si),
  max = max(Si),
  mean = mean(Si),
  sd = sd(Si)
)
)
# Gráficos variáveis ambientais
#####
# Salinidade
sal=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, Sal, shape = Campaign)) +
  facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
  labs(title = "A) Salinity", y = "Salinity units", x = "Samplig Stations by river") +
  scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
  theme_bw() +
  theme(
    axis.ticks=element_blank(),
    text = element_text(family = "Arial"),
    strip.text.x = element_text(size = 16),
    axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
    axis.title.x = element_blank(),
    axis.text.y = element_text(size=16),
    axis.title.y = element_text(size=16),
    plot.title = element_text(size = 16),
    legend.position = "none"
  ) +
  geom_point(size=3)
sal
# pH
pH=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, pH, shape = Campaign)) +
  facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
  scale_y_continuous(limits = c(6.6,9.1)) +
  labs(title = "B) pH", y = "pH units", x = "Samplig Stations by river") +
  scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
  theme_bw() +
  theme(
    axis.ticks=element_blank(),
    text = element_text(family = "Arial"),
    strip.text.x = element_text(size = 16),
    axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
    axis.title.x = element_blank(),
    axis.text.y = element_text(size=16),
    axis.title.y = element_text(size=16),
    plot.title = element_text(size = 16),
    legend.position = "none"
  ) +
  geom_point(size=3)
pH
# Potencial de oxi-redução
orp = ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, orp, shape = Campaign)) +
  facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
  labs(title = "Oxidation / reduction potential", y = "mv", x = "Samplig Stations by river") +
  scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
  theme_bw() +
  theme(
    axis.ticks=element_blank(),
    text = element_text(family = "Arial"),
    strip.text.x = element_text(size = 16),
    axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),

```

```

axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
orp
# Oxigênio dissolvido
oxi=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, PDO,
shape = Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title ="A" Dissolved oxygen", y ="%", x
="Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
oxi
# Condutividade
cond=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, Cond,
shape = Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title ="B" Conductivity", y ="ms/cm", x
="Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
cond
# Material particulado em suspensão
spm=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, SPM,
shape = Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title ="C" Suspended particulate matter", y
="ppm", x ="Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),

```

```

axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
spm
# Temeperatura
temp=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, Temp,
shape = Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title ="Temperature", y ="°C", x ="Samplig
Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
temp
### Fósforo total
p=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, TP, shape =
Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title ="A" Total phosphorus", y =
expression(paste(mu, "mol / L")),
x ="Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
p
### Fosfato
po4=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, PO4,
shape = Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title ="B" Phosphate", y =
expression(paste(mu, "mol / L")),
x ="Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),

```

```

axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
po4
## Nitrogênio total
TN=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, TN, shape
= Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title = "Total nitrogen", y =
expression(paste(mu, "mol / L")),
x = "Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
TN
# Nitrate
no3=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, NO3,
shape = Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title = "A) Nitrate", y =
expression(paste(mu, "mol / L")),
x = "Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
no3
# Amônia
nh3=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, NH3,
shape = Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title = "B) Ammonia", y =
expression(paste(mu, "mol / L")),
x = "Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_bar(stat='identity', position='fill')
gra
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
nh3
## silicato
si=ggplot(Ambiental_C12, aes(Station, Si, shape =
Campaign)) +
facet_grid( ~ River, scales = "free_x") +
labs(title = "C) Silicate", y =
expression(paste(mu, "mol / L")),
x = "Samplig Stations by river") +
scale_shape_manual(values = c(0, 15, 1, 16)) +
theme_bw() +
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_point(size=3)
si
## Granulometria
gra=ggplot(Granulometria, aes(x=Station, y=value,
fill=variable)) +
facet_grid(Campaign + Season ~ River, scales =
"free_x") +
labs(title = "Granulometry", y = "Percentage of each
grain size",
x = "Samplig Stations by river") +
guides(fill = guide_legend(title=NULL)) +
scale_fill_grey(
labels=c('Gravel','Very coarse
Sand','Coarse Sand','Medium Sand',
'Fine Sand','Very Fine Sand','Mud'))+
theme_bw() +
theme(
panel.grid.major.x = element_blank(),
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
strip.text.y = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_bar(stat='identity', position='fill')
gra

```



```

# PCA #####
head(Ambiental.padrao_C12)
# como não faz sentido incluir dados
granulométricos junto com os da água, removi os
primeiros do PCA
Ambiente.pca <-
prcomp(Ambiental.padrao_C12[,c(2:4,6,8,10:17)])
# Extrair dados
PCA_scores <- as.data.frame(Ambiente.pca$x)
PCA_scores$grupo = Ambiental_C12$Group1
PCA_setas <- data.frame(Variables =
rownames(Ambiente.pca$rotation),
Ambiente.pca$rotation)
# Gráfico de setas
pca_setas = ggplot(PCA_setas, aes(x = PC1, y =
PC2)) +
  labs(title = "PCA", subtitle = "A) Variables", y
="PCA2 (25.96%)", x ="PCA1 (30.33%)") +
  theme_bw() +
  geom_hline(yintercept=0, linetype="dotted") +
  geom_vline(xintercept=0, linetype="dotted") +
  theme(
    text = element_text(family = "Arial"),
    strip.text.x = element_text(size = 16),
    axis.text.x = element_text(size = 16),
    axis.title.x = element_text(size = 16),
    axis.text.y = element_text(size=16),
    axis.title.y = element_text(size=16),
    plot.title = element_text(size = 16),
    plot.subtitle = element_text(size = 16)
  ) +
  geom_text(aes(label=PCA_setas$Variables),
size=4) +
  geom_segment(data = PCA_setas, aes(x = 0, y =
0, xend = (PC1),
  yend = (PC2)), arrow = arrow(length =
unit(1/2, "picas")), color = "black")
pca_setas
# Gráfico de Estações
pca_sitios=ggplot(PCA_scores, aes(x = PC1, y =
PC2, shape = grupo, size=2)) +
  labs(title = "A", subtitle = "B) sampling stations", y
="PCA2 (25.96%)", x ="PCA1 (30.33%)") +
  theme_bw() +
  geom_hline(yintercept=0, linetype="dotted") +
  geom_vline(xintercept=0, linetype="dotted") +
  scale_shape_manual(values = c(0, 1, 2, 5, 7)) +
  theme(
    text = element_text(family = "Arial"),
    strip.text.x = element_text(size = 16),
    axis.text.x = element_text(size = 16),
    axis.text.y = element_text(size=16),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.title.x = element_text(size = 16),
    plot.title = element_text(size = 16),
    plot.subtitle = element_text(size = 16),
    legend.position = "none"
  ) +
  geom_point()
pca_sitios
# Sumário
summary(Ambiente.pca)
capture.output(summary(Ambiente.pca), file =
"Sumario_PCA.txt")

```

```

# Dendrogramas
#####
head(Ambiental.padrao_C1234)
head(Ambiental.padrao_C12)
# medindo distâncias
res.dist1 <-
get_dist(Ambiental.padrao_C12[,c(2:4,6,8,10:17)],
method = "euclidean")
res.dist2 <- get_dist(Abundancia_Relativa_cut,
method = "euclidean")
# Verificando número de clusters por K-means
fviz_nbclust(Ambiental.padrao_C12[,c(2:4,6,8,10:17
)], kmeans, method = "gap_stat")
fviz_nbclust(Abundancia_Relativa_cut, kmeans,
method = "gap_stat")
# Computando e visualizando os clusters
# Ambiental
dg1 = fviz_dend(dendro1, k = 4, # Cut in four
groups
  cex = 0.5, # label size
  k_colors = c("black"),
  horiz = TRUE,
  color_labels_by_k = TRUE, # color labels
by groups
  rect = TRUE, # Add rectangle around
groups
  ggtheme = theme_bw()
)
dg1
# Comunidade
dendro2 = hclust(res.dist2, method = "ward.D2")
dg2 = fviz_dend(dendro2, k = 5, # Cut in four
groups
  cex = 0.5, # label size
  k_colors = c("black"),
  horiz = TRUE,
  color_labels_by_k = TRUE, # color labels
by groups
  rect = TRUE, # Add rectangle around
groups
  ggtheme = theme_bw()
)
dg2
# Gráfico da comunidade
#####
# Primeiro
Comunidade.1 <- filter(Comunidade, variable ==
c("C. striata"))
Comunidade.graf1 <- ggplot(Comunidade.1,
aes(Station,value, fill = Campaign)) +
  facet_grid(variable ~ River, scales = "free", space
= "free_y", switch = "y") +
  scale_y_continuous(position = "right")+
  scale_x_discrete(position = "top")+
  guides(fill = guide_legend(title=NULL)) +
  scale_fill_grey(labels=c('C1 - Raining','C2 - Dry'))+
  theme_bw() +
  theme(
    plot.title = element_text(size = 18),
    plot.subtitle = element_text(size = 16),
    text = element_text(family = "Arial"),
    strip.text.x = element_text(size = 16),
    strip.text.y = element_text(size = 16),

```

```

axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14),
axis.title.x = element_text(size = 16),
axis.text.y = element_text(size=14, angle =
90),
axis.title.y = element_blank(),
axis.ticks=element_blank(),
legend.text=element_text(size=16),
legend.position = 'none'
) +
geom_bar(stat = "identity", colour="black",
position= "dodge")
Comunidade.graf1
# Seguintes
Comunidade.2 <- filter(Comunidade, variable ==
c("Tabullaria sp1"))
Comunidade.graf2 <- ggplot(Comunidade.2,
aes(Station,value, fill = Campaign)) +
facet_grid(variable ~ River, scales = "free", space
= "free_y", switch = "y") +
scale_y_continuous(position = "right")+
theme_bw() +
scale_fill_grey()+
theme(
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.y = element_text(size = 16),
strip.text.x = element_blank(),
axis.text.x = element_blank(),
axis.title.x =element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=14, angle =
90),
axis.title.y = element_blank(),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
geom_bar(stat = "identity", colour="black",
position= "dodge")
Comunidade.graf2
w
# Gráfico TDI e Espécies tolerantes
#####
TDI=ggplot(Ambiental_C12, aes(x=Station, y=TDI,
fill=Group2)) +
facet_grid(Campaign + Season ~ River, scales =
"free_x") +
scale_y_continuous(limits = c(0,100), breaks =
c(10,20,50,80)) +
labs(title ="Trophic Diatom Index (TDI)", y = "TDI
score",
x ="Samplig Stations by river") +
guides(fill = guide_legend(title=NULL) ) +
scale_fill_grey(
labels=c('Group A','Group B','Group
C','Group D','Group E'))+
theme_bw() +
theme(
panel.grid.major.x = element_blank(),
axis.ticks=element_blank(),
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
strip.text.y = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(angle=90, size =
14, vjust=0.5, hjust=1),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
legend.position = "none",
panel.grid.major.y = element_line(color =
"gray50"),
panel.grid.minor = element_blank()
) +
geom_col()+
geom_point(data = Ambiental_C12, aes(x=Station,
y=TPO))
TDI
# ANOSIM
#####
# Por rio
anosim.Rio = anosim(Abundancia.relativa.CCA.Log,
Ambiental.padrao_C12$River,
permutations = 999, distance =
"bray",
strata= NULL)
summary(anosim.Rio)
capture.output(summary(anosim.Rio), file =
"Sumario_Anosim.txt")
# Por granulometria
anosim.Granulometria =
anosim(Abundancia.relativa.CCA.Log,
Ambiental.padrao_C12$Granulometry,
permutations = 999, distance =
"bray",
strata= NULL)
summary(anosim.Granulometria)
# Por Salinidade
anosim.sal = anosim(Abundancia.relativa.CCA.Log,
Ambiental.padrao_C12$sal.range,
permutations = 999, distance =
"bray",
strata= NULL)
summary(anosim.sal)
# Por Grupos
anosim.group =
anosim(Abundancia.relativa.CCA.Log,
Ambiental.padrao_C12$Group2,
permutations = 999, distance =
"bray",
strata= NULL)
summary(anosim.group)
# Simper
#####
(sim1 <- with(Ambiental.padrao_C12,
simper(Abundancia.relativa.CCA.Log,
Ambiental.padrao_C12$Group2)))
summary(sim1)
(sim2 <- with(Ambiental.padrao_C12,
simper(Abundancia.relativa.CCA.Log,
Ambiental.padrao_C12$River)))
summary(sim2)
# CCA
#####
head(Ambiental.padrao_C12)

```

```

Canonico <- cca(Abundancia.relativa.CCA.Log ~
Sal + Temp + Cond + pH +
SPM + PDO + orp + TP + PO4 + TN + NH3 + NO3
+ Si + Gravel + VC_Sand + C_Sand +
M_Sand + F_Sand + VF_Sand + Mud,
Ambiental.padrao_C12)
# sumário
summary(Canonico)
capture.output(summary(Canonico), file =
"Sumario_CCA.txt")
plot(Canonico)
# Extrair dados
especies
data.frame((summary(Canonico))$species[,1:2])
variaveis
data.frame((summary(Canonico))$biplot[,1:2])
sítios
data.frame((summary(Canonico))$sites[,1:2])
sítios$Grupo = Ambiental_C12$Group2
# Gráficos
# Setas
cca_setas = ggplot(variaveis, aes(x = CCA1, y =
CCA2)) +
labs(subtitle = "A) Variables", y = "CCA2 (9.29%)",
x = "CCA1 (15.88%)") +
theme_bw() +
theme(
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(size = 14),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
plot.subtitle = element_text(size = 16)
) +
geom_hline(yintercept=0, linetype="dotted") +
geom_vline(xintercept=0, linetype="dotted") +
geom_text(aes(label=rownames(variaveis)),size=4)
+
geom_segment(aes(x = 0, y = 0, xend = (CCA1),
yend = (CCA2)), arrow = arrow(length =
unit(1/2, "picas")), color = "black")
cca_setas
# Espécies
cca.especies = ggplot(especies, aes(x = CCA1, y =
CCA2)) +
labs(subtitle = "B) Spieces", y = "CCA2 (9.29%)", x
="CCA1 (15.88%)") +
theme_bw() +
theme(
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(size = 14),
axis.title.x = element_blank(),
axis.text.y = element_text(size=16),
axis.title.y = element_text(size=16),
plot.title = element_text(size = 16),
plot.subtitle = element_text(size = 16)
) +
geom_hline(yintercept=0, linetype="dotted") +
geom_vline(xintercept=0, linetype="dotted") +
geom_point(size=1) +
geom_text(aes(label=rownames(especies)),size=3)

cca.especies
# Sítios
cca.sítios = ggplot(sítios, aes(x = CCA1, y = CCA2,
shape = Grupo)) +
labs(subtitle = "C) Sampling stations", y = "CCA2
(9.29%)", x = "CCA1 (15.88%)") +
theme_bw() +
theme(
text = element_text(family = "Arial"),
strip.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.x = element_text(size = 16),
axis.text.y = element_text(size = 16),
axis.title.x = element_text(size = 16),
axis.title.y = element_text(size = 16),
plot.title = element_text(size = 16),
plot.subtitle = element_text(size = 16),
legend.position = "none"
) +
scale_shape_manual(values = c(0, 1, 2, 5, 7)) +
geom_hline(yintercept=0, linetype="dotted") +
geom_vline(xintercept=0, linetype="dotted") +
geom_text(aes(label=rownames(sítios)),size=1) +
geom_point(size=2)
cca.sítios
# Testes de monte carlo
anova.cca(Canonico)
anova(Canonico, by = 'axis', parallel = 4) #testa
significancia de cada eixo cca
anova(Canonico, by = 'terms', parallel = 4) #testa
significancia por cada variável
anova(Canonico, by = 'margin', parallel = 4) #testa
significancia combinada (covariáveis)
# impressão dos gráficos
#####
ggsave("Salinidade.svg", plot = sal, width = 24,
height = 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("pH.svg", plot = pH, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("orp.svg", plot = orp, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Oxigênio.svg", plot = oxi, width = 24, height
= 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("conductivity.svg", plot = cond, width = 24,
height = 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Solidos.svg", plot = spm, width = 24, height
= 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Temperatura.svg", plot = temp, width = 24,
height = 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("p.svg", plot = p, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("po4.svg", plot = po4, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("TN.svg", plot = TN, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("no3.svg", plot = no3, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("nh3.svg", plot = nh3, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("si.svg", plot = si, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Granulometria.svg", plot = gra, width = 24,
height = 10, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("PCA1.svg", plot = pca_setas, width = 8,
height = 8, units = "cm", dpi = 300)

```

```

ggsave("PCA2.svg", plot = pca_sitios, width = 24,
height = 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Dendrograma1.svg", plot = dg1, width = 8,
height = 24, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Dendrograma2.svg", plot = dg2, width = 8,
height = 24, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Dendrograma3.svg", plot = dg3, width = 8,
height = 24, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Comunidade1.svg", plot =
Comunidade.graf1, width = 24, height = 8, units =
"cm", dpi = 300)
ggsave("Comunidade2.svg", plot =
Comunidade.graf2, width = 24, height = 5, units =
"cm", dpi = 300)
ggsave("TDI.svg", plot = TDI, width = 24, height = 8,
units = "cm", dpi = 300)
ggsave("CCA variaveis.svg", plot = cca_setas, width
= 10, height = 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("CCA especies.svg", plot = cca.especies,
width = 10, height = 8, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("CCA sitios.svg", plot = cca.sitios, width =
20, height = 10, units = "cm", dpi = 300)
pag1=plot_grid(TN, ehmv, orp, labels = c("A",
"B","C"), align = "v", ncol = 1)

```

```

# Pacotes
#####
#####
library(analogue)
library(mgcv)
library(corrplot)
library(tidyverse)
# Dados e transformações
#####
setwd("~/Documentos/Projetos de
Pesquisa/Ativos/Análise ecologica da Baia de
Camamu/Artigo 03 - Funcao de
Transferencia/Resultados")
Superficie <-
read.csv("Sup_Abundancia_Relativa_Analogo.csv",
row.names=1)
Ambiental <- read.csv("Sup_Ambiental_C12.csv")
SE0115 <- read.csv("SE0115_Analogo.csv",
row.names=1)
SE0215 <- read.csv("SE0215_Analogo.csv",
row.names=1)
SO0115 <- read.csv("SO0115_Analogo.csv",
row.names=1)
SO0215 <- read.csv("SO0215_Analogo.csv",
row.names=1)
MA0115 <- read.csv("MA0115_Analogo.csv",
row.names=1)
MA0215 <- read.csv("MA0215_Analogo.csv",
row.names=1)
# preparação
dados <- join(Superficie, SE0115, SE0215, SO0115,
SO0215, MA0115, MA0215, verbose = TRUE)
Superficie_percent <- dados$Superficie / 100
SE0115_percent <- dados$SE0115 / 100
SE0215_percent <- dados$SE0215 / 100
SO0115_percent <- dados$SO0115 / 100
SO0215_percent <- dados$SO0215 / 100
MA0115_percent <- dados$MA0115 / 100
MA0215_percent <- dados$MA0215 / 100
names(Ambiental)

```

```

Ambiental$Season = factor(Ambiental$Season)
Ambiental$Granulometry =
factor(Ambiental$Granulometry)
Amb_esp <- cbind(Ambiental, Superficie)
Ambiental_cor = select(Ambiental, Sal, Temp, Cond,
pH, SPM, PDO, orp, TP, PO4, TN, NH3, NO3, Si,
Gravel, VC_Sand, C_Sand, M_Sand, F_Sand,
VF_Sand, Mud)
Ambiental_cor = Ambiental_cor %>%
rename(Oxygen=PDO, Redox=orp)
# Exploração dos dados
#####
# Superfície - Dados Atuais
names(Superficie)
row.names(Superficie)
dim(Superficie)
specnumber(Superficie)
mean(specnumber(Superficie))
sd(specnumber(Superficie))
min(specnumber(Superficie))
max(specnumber(Superficie))
specnumber(t(Superficie))
row.names(Superficie[Superficie$"Dge">0,])
diversity(Superficie)
hist(Superficie$Fnu)
# SE0115
names(SE0115)
row.names(SE0115)
dim(SE0115)
specnumber(SE0115)
mean(specnumber(SE0115))
sd(specnumber(SE0115))
min(specnumber(SE0115))
max(specnumber(SE0115))
specnumber(t(SE0115))
row.names(Superficie[SE0115$"Co1">0,])
diversity(SE0115)
hist(SE0115$Pbr)
# Análise das variáveis ambientais
#####
head(Ambiental)
Sal = gam(Sal~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Sal) # Sim - R² 84.6%
gam.check(Sal) # full convergence after 7 iterations.
s(X,Y) K:29.0 edf:12.7 K-index:1.13 p:0.81
Temp = gam(Temp~s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Temp) # Não
Cond = gam(Cond~s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Cond) # Sim - R² 59.8%
gam.check(Cond) # full convergence after 6
iterations. s(X,Y) k:29.00 edf:7.91 k-index:1.19
p:0.9
pH = gam(pH~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(pH) # Sim - R² 64.9
gam.check(pH) # full convergence after 6 iterations.
s(X,Y) k:29.00 edf:6.16 k-index:1.18 p:0.92
SPM = gam(SPM~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(SPM) # Não
PDO = gam(PDO~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")

```

```

summary(PDO) # Não
orp = gam(orp~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(orp) # Não
TP = gam(TP~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(TP) # Não
PO4 = gam(PO4~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(PO4) # Não
TN = gam(TN~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(TN) # Não
NH3 = gam(NH3~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(NH3) # Sim - R2 14%
gam.check(NH3) # full convergence after 12
iterations. s(X,Y) k:29 edf:2 k-index:1.07
p:0.62
NO3 = gam(NO3~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(NO3) # Sim - R2 32.2%
gam.check(NO3) # full convergence after 5
iterations. s(X,Y) k:29.00 edf:8.47 k-index:0.98
p:0.34

Si = gam(Si~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Si) # Sim - R2 36.3%
gam.check(Si) # full convergence after 7 iterations.
s(X,Y) k:29 edf:2 k-index:1.22 p:0.92
Gravel = gam(Gravel~s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Gravel) # Não
VC_Sand = gam(VC_Sand~s(X,Y), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(VC_Sand) # Não
C_Sand = gam(C_Sand~s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(C_Sand) # Não
M_Sand = gam(M_Sand~s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(M_Sand) # Não
F_Sand = gam(F_Sand~s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(F_Sand) # Não
VF_Sand = gam(VF_Sand~s(X,Y), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(VF_Sand) # Não
Mud = gam(Mud~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Mud) # Não
TDI = gam(TDI~s(X,Y), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(TDI) # Não
# Achnanthes sp1 - (Geo NÃO) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Ac1.geo <- gam(Ac1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ac1.geo)
# Achnanthes fagedii - (Geo NÃO) (Afo ~ s(TP) -
26,8%) #####
# Melhor modelo
Afo.geo <- gam(Afo ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")

```

```

summary(Afo.geo)
Afo1 <- gam(Afo ~ s(TP), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Afo1)
# Achnanthes cf. helvetica - (Geo NÃO) (Ahe ~
s(Temp) - 26,5%) #####
# Melhor modelo
Ahe.geo <- gam(Ahe ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ahe.geo)
Ahe1 <- gam(Ahe ~ s(Temp), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ahe1)
# Anaulus minutus - (Geo NÃO) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Ami.geo <- gam(Ami ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ami.geo)
# Biremis sp1 - (Geo SIM) (Bi1 ~ s(TP) - 34,2%)
#####
# Melhor modelo
Bi1.geo <- gam(Bi1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Bi1.geo)
vis.gam(Bi1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)

Bi11 <- gam(Bi1 ~ s(TP), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Bi11)
# Bacillaria paxillifera - (Geo NÃO) (Bpa ~ s(PDO) -
65,8%) #####
# Melhor modelo
Bpa.geo <- gam(Bpa ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Bpa.geo)
Bpa1 <- gam(Bpa ~ s(Mud), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Bpa1)
Bpa2 <- gam(Bpa ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Bpa2)
Bpa3 <- gam(Bpa ~ s(Mud) + s(PDO), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Bpa3)
Bpa4 <- gam(Bpa ~ s(Mud) + s(PDO) +
ti(PDO,Mud), data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Bpa4)
anova(Bpa1,Bpa2,Bpa3,Bpa4, test = "F")
AIC(Bpa1,Bpa2,Bpa3,Bpa4)
plot(Bpa2, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Bpa2)[1],
main = "Bacillaria paxillifera",
xlab = "Dissolved oxygen (%)",
ylab = "Smooth",
rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Bpa2)
# Cymatosira belgica - (Geo SIM) (Cbe ~ s(PDO) -
46,5%) #####
# Melhor Modelo

```

```

Cbe.geo <- gam(Cbe ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Cbe.geo)
gam.check(Cbe.geo)
vis.gam(Cbe.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Cbe1 <- gam(Cbe ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Cbe1)
# Chamaepinnularia clamans - (Geo NAO) (Ccl ~
s(VF_Sand) - 19,5%) #####
# Melhor modelo
Ccl.geo <- gam(Ccl ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ccl.geo)
Ccl <- gam(Ccl ~ s(VF_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ccl)
# Cocconeis scutellum - (Geo NAO) (Csc ~ s(PDO)
- 87,8%) #####
# Melhor modelo
Csc.geo <- gam(Csc ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Csc.geo)
Csc <- gam(Csc ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Csc)
gam.check(Csc)
plot(Csc, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Csc)[1],
main = "Cocconeis scutellum",
xlab = "Dissolved oxygen (%)",
ylab = "Smooth",
rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
# Cyclotella striata - (Geo SIM) (Cst ~ s(Sal) -
20,7%) #####
# Melhor modelo
Cst.geo <- gam(Cst ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Cst.geo)
vis.gam(Cst.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Cst1 <- gam(Cst ~ s(Sal), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Cst1)
Cst2 <- gam(Cst ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Cst2)
Cst3 <- gam(Cst ~ s(Sal) + s(PDO), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Cst3)
Cst4 <- gam(Cst ~ s(Sal) + s(PDO) + s(Sal,PDO),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Cst4)
anova(Cst1,Cst2,Cst3,Cst4, test = "F")
AIC(Cst1,Cst2,Cst3,Cst4)

```

```

# Cyclotella stylum - (Geo NAO) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Csy.geo <- gam(Csy ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Csy.geo)
# Delphineis sp1 - (Geo SIM) (De1 ~ s(Sal) +
s(F_Sand) - 83,4%) #####
# Melhor modelo
De1.geo <- gam(De1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(De1.geo)
vis.gam(De1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
De11 <- gam(De1 ~ s(Sal), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(De11)
De12 <- gam(De1 ~ s(pH), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(De12)
De13 <- gam(De1 ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(De13)
De14 <- gam(De1 ~ s(PO4), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(De14)
De15 <- gam(De1 ~ s(F_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(De15)
De16 <- gam(De1 ~ s(Sal) + s(PDO), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(De16)
De17 <- gam(De1 ~ s(Sal) + s(F_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(De17)
De18 <- gam(De1 ~ s(PO4) + s(F_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(De18)
De19 <- gam(De1 ~ s(Sal) + s(PDO) + s(F_Sand),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(De19)
De110 <- gam(De1 ~ s(PO4) + s(F_Sand) +
ti(PO4,F_Sand), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(De110)
anova(De11,De12,De13,De14,De15,De16,De17,De
18,De19,De110, test = "F")
AIC(De11,De12,De13,De14,De15,De16,De17,De18
,De19,De110)
plot(De17, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(De17)[1],
main = "asd",
rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(De17)
concurvity(De17, full = TRUE)
# Desikaneis gessneri - (Geo SIM) (Dge ~ s(Si) -
86,5%) #####
# Melhor modelo
Dge.geo <- gam(Dge ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Dge.geo)

```

```

gam.check(Dge.geo)
vis.gam(Dge.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,                      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Dge1 <- gam(Dge ~ s(NH3), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Dge1)
Dge2 <- gam(Dge ~ s(Si), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Dge2)
Dge3 <- gam(Dge ~ s(VF_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Dge3)
Dge4 <- gam(Dge ~ s(Si) + s(NH3), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Dge4)
anova(Dge1,Dge2,Dge3,Dge4, test = "F")
AIC(Dge1,Dge2,Dge3,Dge4)
plot(Dge2, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Dge4)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Dge2)
concurvity(Dge4, full = TRUE)
concurvity(Dge4, full = FALSE)
# Diploneis cf Litoralis - (Geo NÃO) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Dli.geo <- gam(Dli ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Dli.geo)
# Eunotogramma laevis - (Geo NÃO) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Ela.geo <- gam(Ela ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ela.geo)

# Eunotogramma sp1 - (Geo SIM) (Eu1 ~ s(PDO) +
s(Sal) + s(PDO,Sal) - 96,9%) ##
# Melhor modelo
Eu1.geo <- gam(Eu1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Eu1.geo)
gam.check(Eu1.geo)
vis.gam(Eu1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,                      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Eu11 <- gam(Eu1 ~ s(Sal), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Eu11)
Eu12 <- gam(Eu1 ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Eu12)
Eu13 <- gam(Eu1 ~ s(PDO) + s(Sal) + s(PDO,Sal),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Eu13)
anova(Eu11, Eu12, Eu13, test = "F")
AIC(Eu11, Eu12, Eu13)

plot(Eu13, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Eu13)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Eu13)
concurvity(Eu13, full = TRUE)
concurvity(Eu13, full = FALSE)
# Fallacia sp1 - (Geo SIM) (Fa1 ~ s(SPM) - 55,4%)
#####
# Melhor modelo
Fa1.geo <- gam(Fa1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fa1.geo)
vis.gam(Fa1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,                      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Fa11 <- gam(Fa1 ~ s(Sal), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fa11)
Fa12 <- gam(Fa1 ~ s(pH), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Fa12)
Fa13 <- gam(Fa1 ~ s(SPM), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fa13)
Fa14 <- gam(Fa1 ~ s(TN), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Fa14)
Fa15 <- gam(Fa1 ~ s(NO3), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fa15)
Fa16 <- gam(Fa1 ~ s(Si), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Fa16)
Fa17 <- gam(Fa1 ~ s(M_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fa17)
Fa18 <- gam(Fa1 ~ s(pH) + s(NO3), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Fa18)
Fa19 <- gam(Fa1 ~ s(TN) + s(M_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Fa19)
Fa110 <- gam(Fa1 ~ s(TN) + s(NO3), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Fa110)
Fa111 <- gam(Fa1 ~ s(TN) + s(Si), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fa111)
Fa112 <- gam(Fa1 ~ s(TN) + s(M_Sand) +
ti(TN,M_Sand), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Fa112)
Fa113 <- gam(Fa1 ~ s(TN) + s(NO3) + ti(TN,NO3),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Fa113)
anova(Fa11, Fa12, Fa13, Fa14, Fa15, Fa16, Fa17,
Fa18, Fa19, Fa110, Fa111, Fa112, Fa113, test =
"F")
AIC(Fa11, Fa12, Fa13, Fa14, Fa15, Fa16, Fa17,
Fa18, Fa19, Fa110, Fa111, Fa112, Fa113)

```

```

plot(Fa13, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Fa13)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Fa13)
concurvity(Fa13, full = TRUE)
concurvity(Fa13, full = FALSE)
# Fallacia forcipata - (Geo SIM) (Ffo ~ s(SPM) +
s(NH3) + s(C_Sand) + ti(SPM,C_Sand) - 80,5%)
#####
# Melhor modelo
Ffo.geo <- gam(Ffo ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ffo.geo)
vis.gam(Ffo.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,                      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Ffo1 <- gam(Ffo ~ s(Sal), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Ffo1)
Ffo2 <- gam(Ffo ~ s(pH), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Ffo2)
Ffo3 <- gam(Ffo ~ s(SPM), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ffo3)
Ffo4 <- gam(Ffo ~ s(NH3), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ffo4)
Ffo5 <- gam(Ffo ~ s(Si), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Ffo5)
Ffo6 <- gam(Ffo ~ s(C_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ffo6)
Ffo7 <- gam(Ffo ~ s(VF_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ffo7)
Ffo8 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(SPM), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo8)
Ffo9 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(C_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo9)
Ffo10 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(VF_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo10)
Ffo11 <- gam(Ffo ~ s(pH) + s(VF_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo11)
Ffo12 <- gam(Ffo ~ s(SPM) + s(C_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo12)
Ffo13 <- gam(Ffo ~ s(NH3) + s(C_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo13)
Ffo14 <- gam(Ffo ~ s(NH3) + s(VF_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo14)
Ffo15 <- gam(Ffo ~ s(Si) + s(VF_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo15)

```

```

Ffo16 <- gam(Ffo ~ s(C_Sand) + s(VF_Sand), data
= Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo16)
Ffo17 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(SPM) + s(C_Sand),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo17)
Ffo18 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(SPM) + s(VF_Sand),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo18)
Ffo19 <- gam(Ffo ~ s(pH) + s(NH3) + s(VF_Sand),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo19)
Ffo20 <- gam(Ffo ~ s(SPM) + s(NH3) + s(C_Sand),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo20)
Ffo21 <- gam(Ffo ~ s(SPM) + s(Si) + s(C_Sand),
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo21)
Ffo22 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(SPM) + s(VF_Sand)
+ s(C_Sand), data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo22)
Ffo23 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(NH3) + s(C_Sand) +
s(VF_Sand), data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Ffo23)
Ffo24 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(SPM) + s(NH3) +
s(VF_Sand) + s(C_Sand), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Ffo24)
Ffo25 <- gam(Ffo ~ s(Sal) + s(C_Sand) +
ti(Sal,C_Sand), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Ffo25)
Ffo26 <- gam(Ffo ~ s(SPM) + s(NH3) + s(C_Sand)
+ ti(SPM,C_Sand), data = Amb_esp, method =
"REML")
summary(Ffo26)
anova(Ffo1,Ffo2,Ffo3,Ffo4,Ffo5,Ffo6,Ffo7,Ffo8,Ffo
9,Ffo10,Ffo11,Ffo12,Ffo13,Ffo14,Ffo15,

Ffo16,Ffo17,Ffo18,Ffo19,Ffo20,Ffo21,Ffo22,Ffo23,
Ffo24,Ffo25,Ffo26,test = "F")
AIC(Ffo1,Ffo2,Ffo3,Ffo4,Ffo5,Ffo6,Ffo7,Ffo8,Ffo9,F
fo10,Ffo11,Ffo12,Ffo13,Ffo14,Ffo15,Ffo16,Ffo17,Ff
o18,Ffo19,Ffo20,Ffo21,Ffo22,Ffo23,Ffo24,Ffo25,Ff
o26)
plot(Ffo26, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Ffo26)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Ffo26)
concurvity(Ffo26, full = TRUE)
concurvity(Ffo26, full = FALSE)
# Fallacia nummularia - (Geo SIM) (Fnu ~
s(C_Sand) + s(SPM) - 56,5%) #####
# Melhor modelo
Fnu.geo <- gam(Fnu ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fnu.geo)
gam.check(Fnu.geo)
vis.gam(Fnu.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,                      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)

```



```

Fnu1 <- gam(Fnu ~ s(Sal), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fnu1)
Fnu2 <- gam(Fnu ~ s(pH) , data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fnu2)
Fnu3 <- gam(Fnu ~ s(SPM) , data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fnu3)
Fnu4 <- gam(Fnu ~ s(C_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Fnu4)
Fnu5 <- gam(Fnu ~ s(Sal) + s(SPM) , data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Fnu5)
Fnu6 <- gam(Fnu ~ s(SPM) + s(C_Sand) , data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Fnu6)
Fnu7 <- gam(Fnu ~ s(Sal) + s(pH) + s(SPM) , data
= Amb_esp, method = "REML")
summary(Fnu7)
Fnu8 <- gam(Fnu ~ s(Sal) + s(SPM) + s(Sal,SPM) ,
data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Fnu8)
anova(Fnu1,Fnu2,Fnu3,Fnu4,Fnu5,Fnu6,Fnu7,Fnu
8,test = "F")
AIC(Fnu1,Fnu2,Fnu3,Fnu4,Fnu5,Fnu6,Fnu7,Fnu8)
plot(Fnu6, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Fnu6)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Fnu6)
concurvity(Fnu6, full = TRUE)
# Halamphora sp1 - (Geo NO) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Ha1.geo <- gam(Ha1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ha1.geo)
# Halamphora coffeaformis - (Geo No) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Hco.geo <- gam(Hco ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Hco.geo)
# Mastogloia ovata - (Geo NO) (Mov ~ s(SPM) +
s(C_Sand) - 55,9%) #####
# Melhor modelo
Mov.geo <- gam(Mov ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Mov.geo)
Mov1 <- gam(Mov ~ s(Sal), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Mov1)
Mov2 <- gam(Mov ~ s(pH), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Mov2)
Mov3 <- gam(Mov ~ s(SPM), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Mov3)
Mov4 <- gam(Mov ~ s(NO3), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Mov4)
Mov5 <- gam(Mov ~ s(C_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Mov5)
Mov6 <- gam(Mov ~ s(SPM) + s(C_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Mov6)
Mov7 <- gam(Mov ~ s(NO3) + s(C_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Mov7)
anova(Mov1,Mov2,Mov3,Mov4,Mov5,Mov6,Mov7,
test = "F")
AIC(Mov1,Mov2,Mov3,Mov4,Mov5,Mov6,Mov7)
plot(Mov6, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Mov6)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Mov6)
concurvity(Mov6, full = TRUE)
# Nitzschia sp1 - (Geo NO) (Ni1 ~ s(Gravel) +
s(M_Sand) - 53,3%) #####
# Melhor modelo
Ni1.geo <- gam(Ni1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ni1.geo)
vis.gam(Ni1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
        contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
      labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Ni11 <- gam(Ni1 ~ s(TP), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Ni11)
Ni12 <- gam(Ni1 ~ s(TN), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Ni12)
Ni13 <- gam(Ni1 ~ s(Gravel), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ni13)
Ni14 <- gam(Ni1 ~ s(M_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ni14)
Ni15 <- gam(Ni1 ~ s(TN) + s(Gravel), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ni15)
Ni16 <- gam(Ni1 ~ s(Gravel) + s(M_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ni16)
anova(Ni13,Ni11,Ni12,Ni14,Ni15,Ni16,test = "F")
AIC(Ni11,Ni12,Ni13,Ni14,Ni15,Ni16)
plot(Ni16, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Ni16)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(Ni16)
concurvity(Ni16, full = TRUE)
# Navicula cf. ramosissima - (Geo NO) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Nra.geo <- gam(Nra ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Nra.geo)
# Navicula cf. raphoneis - (Geo NO) (Nrh ~
s(PO4) + s(VF_Sand) - 30,1%) #####
# Melhor modelo

```

```

Nrh.geo <- gam(Nrh ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Nrh.geo)
Nrh1 <- gam(Nrh ~ s(TP), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Nrh1)
Nrh2 <- gam(Nrh ~ s(PO4), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Nrh2)
Nrh3 <- gam(Nrh ~ s(M_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Nrh3)
Nrh4 <- gam(Nrh ~ s(VF_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Nrh4)
Nrh5 <- gam(Nrh ~ s(TP) + s(VF_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Nrh5)
Nrh6 <- gam(Nrh ~ s(PO4) + s(VF_Sand), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Nrh6)
anova(Nrh1,Nrh2,Nrh3,Nrh4,Nrh5,Nrh6, test = "F")
AIC(Nrh1,Nrh2,Nrh3,Nrh4,Nrh5,Nrh6)
# Opephora guenter-grassii - (Geo NO) (Ogu ~
s(TN) - 11%) #####
# Melhor modelo
Ogu.geo <- gam(Ogu ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ogu.geo)
Ogu <- gam(Ogu ~ s(TN), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ogu)
# Opephora marina - (Geo NO) (OMA ~ s(PDO) -
26,6%) #####
# Melhor modelo
OMA.geo <- gam(OMA ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(OMA.geo)
OMA1 <- gam(OMA ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(OMA1)
# Opephora olsenii - (Geo SIM) (OOL ~ s(Sal) -
69,8%) #####
# Melhor modelo
OOL.geo <- gam(OOL ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(OOL.geo)
gam.check(OOL.geo)
vis.gam(OOL.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
OOL1 <- gam(OOL ~ s(Sal), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(OOL1)
OOL2 <- gam(OOL ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(OOL2)
OOL3 <- gam(OOL ~ s(PO4), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(OOL3)
anova(OOL1,OOL2,OOL3,test = "F")
AIC(OOL1,OOL2,OOL3)

plot(OOL1, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(OOL1)[1],
main = "asd",
rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(OOL1)
# Planothidium sp1 - (Geo NO) (PA1 ~ s(F_Sand)
- 87,3%) #####
# Melhor modelo
PA1.geo <- gam(PA1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(PA1.geo)
PA11 <- gam(PA1 ~ s(PO4), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(PA11)
PA12 <- gam(PA1 ~ s(F_Sand), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(PA12)
anova(PA11,PA12, test = "F")
AIC(PA11,PA12)
plot(PA12, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(PA12)[1],
main = "asd",
rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
gam.check(PA12)
# Psammococconeis brasiliensis - (Geo NO) (Pbr
~ s(PDO) - 8,99%) #####
# Melhor modelo
Pbr.geo <- gam(Pbr ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Pbr.geo)
Pbr <- gam(Pbr ~ s(PDO), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Pbr)
# Pleurosigma sp1 - (Geo SIM) (Nada)
#####
# Melhor modelo
PI1.geo <- gam(PI1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(PI1.geo)
vis.gam(PI1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
# Paralia sulcata var. Coronata - (Geo SIM) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Psc.geo <- gam(Psc ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Psc.geo)
gam.check(Psc.geo)
vis.gam(Psc.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
# Planothidium septendrialis - (Geo NO) (Pse ~
s(SPM) + s(PDO) + s(SPM,PDO) - 76,4%)
#####
# Melhor modelo
Pse.geo <- gam(Pse ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")

```

```

summary(Pse.geo)
Pse1 <- gam(Pse ~ s(Sal), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Pse1)
Pse2 <- gam(Pse ~ s(pH), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Pse2)
Pse3 <- gam(Pse ~ s(SPM), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Pse3)
Pse4 <- gam(Pse ~ s(PDO), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Pse4)
Pse5 <- gam(Pse ~ s(PO4), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Pse5)
Pse6 <- gam(Pse ~ s(SPM) + s(PDO), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Pse6)
Pse7 <- gam(Pse ~ s(SPM) + s(PO4), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Pse7)
Pse8 <- gam(Pse ~ s(SPM) + s(PDO) +
s(SPM,PDO), data = Amb_esp, method = "REML")
summary(Pse8)
anova(Pse1,Pse2,Pse3,Pse4,Pse5,Pse6,Pse7,Pse
8,test = "F")
AIC(Pse1,Pse2,Pse3,Pse4,Pse5,Pse6,Pse7,Pse8)
plot(Pse8, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Pse8)[1],
      main = "asd",
      rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
vis.gam(Pse8, view = c("SPM", "PDO"), plot.type =
"contour", too.far=0.10)
gam.check(Pse8)
concurvity(Pse8, full = TRUE)
concurvity(Pse8, full = FALSE)
# Paralia sulcata var. Radiata - (Geo SIM) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Psr.geo <- gam(Psr ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Psr.geo)
vis.gam(Psr.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,
      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)

# Seminavis sp1 - (Geo SIM) (Se1 ~ s(Si) - 29,9%)
#####
# Melhor modelo
Se1.geo <- gam(Se1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Se1.geo)
gam.check(Se1.geo)
vis.gam(Se1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,
      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
Se11 <- gam(Se1 ~ s(Temp), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Se11)
Se12 <- gam(Se1 ~ s(NH3), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Se12)
Se13 <- gam(Se1 ~ s(Si), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Se13)
# Tabularia sp01 - (Geo NAO) (Ta1 ~ s(Sal) +
s(Gravel) - 33,2%) #####
# Melhor modelo
Ta1.geo <- gam(Ta1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ta1.geo)
Ta11 <- gam(Ta1 ~ s(Sal), data = Amb_esp, method
= "REML")
summary(Ta11)
Ta12 <- gam(Ta1 ~ s(Gravel), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Ta12)
Ta13 <- gam(Ta1 ~ s(Sal) + s(Gravel), data =
Amb_esp, method = "REML")
summary(Ta13)
# Thalassiosira sp1 - (Geo SIM) (Nada)
#####
# Melhor modelo
Th1.geo <- gam(Th1 ~ s(X,Y), data = Amb_esp,
method = "REML")
summary(Th1.geo)
gam.check(Th1.geo)
vis.gam(Th1.geo, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
      contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X,
      Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)

```

Apêndice 3.2 - Script do Capítulo 2

```

# Pacotes
#####
#####
library(analogue)
library(factoextra)
library(ggplot2)
library(vegan)
library(rioja)
# Dados e transformações
#####
setwd("~/Documentos/Projetos de
Pesquisa/Ativos/Analise ecologica da Baia de
Camamu/Artigo 02 - Paleoecologia/Resultados")
# Dados principais
Ambiental <- read.csv("Test_Ambiental.csv",
row.names=1)
Abundancia.SE0115 <-
read.csv("Test_Abundancia_Relativa_Cut_SE0115.
csv", row.names=1)
colnames(Abundancia.SE0115) <- c("Depth",
"Achnanthes fagedii", "Amphora sp1", "Amphora
pleniluna", "Catenula adhaerens",
"Cymatosira belgica", "Cocconeis
sp1", "Cyclotella striata", "Cyclotella
stylorum", "Cymatotheca cf. weissflogii",
"Halamphora coffeaeformis", "Psammococconeis
brasiliensis", "Planothidium septentrionalis", "Paralia
sulcata var. Radiata", "Tabullaria sp1", "Thalassiosira
sp1")
Abundancia.SE0215 <-
read.csv("Test_Abundancia_Relativa_Cut_SE0215.
csv", row.names=1)
colnames(Abundancia.SE0215) <- c("Depth", "cf.
Actinocyclus", "Achnanthes fagedii", "Catenula
adhaerens", "Cymatosira belgica", "Cyclotella
striata", "Cyclotella stylorum", "Cymatotheca cf.
weissflogii", "Diploneis gruendleri", "Diploneis
litoralis", "Halamphora sp2", "Nitzschia
granulata", "Navicula cf. peregrina", "Navicula
rhapsoneis", "Psammococconeis
brasiliensis", "Paralia sulcata var. Radiata",
"Seminavis sp1", "Tabullaria sp1")
Abundancia.SO0115 <-
read.csv("Test_Abundancia_Relativa_Cut_SO0115.
csv", row.names=1)
colnames(Abundancia.SO0115) <- c("Depth",
"Achnanthes fagedii", "Actinoptychus senarius",
"Catenula adhaerens", "Cymatosira belgica",
"Cyclotella striata", "Cyclotella stylorum", "Fallacia
forcipata", "Halamphora sp2", "Navicula rhapsoneis",
"Psammococconeis brasiliensis", "CF.
Plagiogramma sp1", "Paralia sulcata var. Coronata",
"Paralia sulcata var. Radiata", "Tabullaria sp1")
Abundancia.SO0215 <-
read.csv("Test_Abundancia_Relativa_Cut_SO0215.
csv", row.names=1)
colnames(Abundancia.SO0215) <- c("Depth",
"Achnanthes fagedii", "Bacillaria paxillifera",
"Catenula adhaerens", "Cymatosira belgica",
"Diploneis litoralis", "Halamphora sp2", "Navicula cf.
ammophila", "Navicula cf. duerrenbergiana",
"Nitzschia granulata", "Navicula cf.
peregrina", "Navicula rhapsoneis",
"Psammococconeis brasiliensis", "Paralia sulcata
var. Radiata", "Seminavis sp1", "Tabullaria sp1")
Abundancia.MA0115 <-
read.csv("Test_Abundancia_Relativa_Cut_MA0115.
csv", row.names=1)
colnames(Abundancia.MA0115) <- c("Depth",
"Cyclotella striata", "Cyclotella stylorum",
"Cymatotheca cf. weissflogii", "Diploneis litoralis",
"Fallacia oculiformis", "Navicula
rhapsoneis", "Psammococconeis brasiliensis",
"Paralia sulcata var. Radiata", "Tabullaria sp1",
"Thalassiosira sp1", "Thalassionema cf.
nitzschioides")
Abundancia.MA0215 <-
read.csv("Test_Abundancia_Relativa_Cut_MA0215.
csv", row.names=1)
colnames(Abundancia.MA0215) <- c("Depth",
"Achnanthes sp2", "Catenula adhaerens",
"Cyclotella striata", "Cyclotella stylorum",
"Cymatotheca cf. weissflogii", "Diploneis litoralis",
"cf. Eunotogramma sp2", "Fallacia oculiformis",
"Navicula rhapsoneis", "Psammococconeis
brasiliensis", "Paralia sulcata var. Radiata",
"Tabullaria sp1", "Thalassionema cf. nitzschioides")
# Dados secundário
SE0115 =
data.frame(Depth=rep(Abundancia.SE0115$Depth,
ncol(Abundancia.SE0115[,2:16])),
Abundance=as.vector(as.matrix(Abundancia.SE011
5[,2:16])),
taxa=as.factor(rep(colnames(Abundancia.SE0115[,
2:16]),
each=nrow(Abundancia.SE0115))))
SE0115$taxa =
factor(SE0115$taxa, levels=c('Amphora
sp1', 'Achnanthes fagedii',
'Halamphora coffeaeformis',
'Amphora pleniluna', 'Planothidium
septentrionalis',
'Psammococconeis
brasiliensis', 'Catenula adhaerens',
'Cymatosira belgica', 'Tabullaria
sp1', 'Cyclotella striata',
'Thalassiosira sp1', 'Cocconeis
sp1', 'Cyclotella stylorum', 'Cymatotheca cf.
weissflogii',
'Paralia sulcata var. Radiata'))
SE0215 =
data.frame(Depth=rep(Abundancia.SE0215$Depth,
ncol(Abundancia.SE0215[,2:18])),
Abundance=as.vector(as.matrix(Abundancia.SE021
5[,2:18])),
taxa=as.factor(rep(colnames(Abundancia.SE0215[,
2:18]),
each=nrow(Abundancia.SE0215))))

```

```

SE0215$taxa =
factor(SE0215$taxa,levels=c("Seminavis sp1",
"Navicula rhapsoneis","Achnanthes fagedii", "cf.
Actinocyclus", "Halamphora sp2", "Cyclotella
stylorum","Cymatosira belgica", "Catenula
adhaerens", "Navicula cf. peregrina", "Tabullaria
sp1","Diploneis litoralis", "Psammococconeis
brasiliensis", "Cyclotella striata","Paralia sulcata var.
Radiata", "Diploneis gruendleri","Cymatotheca cf.
weissflogii", "Nitzschia granulata"))
SO0115 =
data.frame(Depth=rep(Abundancia.SO0115$Depth,
ncol(Abundancia.SO0115[,2:15])),

Abundance=as.vector(as.matrix(Abundancia.SO011
5[,2:15])),

taxa=as.factor(rep(colnames(Abundancia.SO0115[,
2:15])),

each=nrow(Abundancia.SO0115)))
SO0115$taxa =
factor(SO0115$taxa,levels=c("Navicula
rhapsoneis", "Achnanthes fagedii", "Fallacia
forcipata","Halamphora sp2", "Cymatosira belgica",
"Tabullaria sp1", "Cyclotella
striata","Psammococconeis brasiliensis", "Catenula
adhaerens", "CF. Plagiogramma sp1", "Cyclotella
stylorum","Actinoptychus senarius", "Paralia sulcata
var. Radiata", "Paralia sulcata var. Coronata"))
SO0215 =
data.frame(Depth=rep(Abundancia.SO0215$Depth,
ncol(Abundancia.SO0215[,2:16])),

Abundance=as.vector(as.matrix(Abundancia.SO021
5[,2:16])),

taxa=as.factor(rep(colnames(Abundancia.SO0215[,
2:16])),

each=nrow(Abundancia.SO0215)))
SO0215$taxa =
factor(SO0215$taxa,levels=c("Bacillaria paxillifera",
"Navicula cf. ammophila", "Navicula cf.
duerrenbergiana","Achnanthes fagedii", "Seminavis
sp1", "Halamphora sp2", "Diploneis
litoralis","Navicula rhapsoneis", "Cymatosira
belgica", "Navicula cf.
peregrina", "Psammococconeis brasiliensis",
"Catenula adhaerens", "Nitzschia
granulata","Tabullaria sp1", "Paralia sulcata var.
Radiata"))
MA0115 =
data.frame(Depth=rep(Abundancia.MA0115$Depth,
ncol(Abundancia.MA0115[,2:12])),

Abundance=as.vector(as.matrix(Abundancia.MA011
5[,2:12])),

taxa=as.factor(rep(colnames(Abundancia.MA0115[,
2:12])),

each=nrow(Abundancia.MA0115)))
MA0115$taxa =
factor(MA0115$taxa,levels=c("Navicula
rhapsoneis", "Diploneis litoralis", "Cyclotella

```

```

stylorum","Thalassionema cf. nitzschioides",
"Tabullaria sp1", "Thalassiosira sp1", "Cyclotella
striata","Psammococconeis brasiliensis", "Paralia
sulcata var. Radiata", "Fallacia
oculiformis","Cymatotheca cf. weissflogii"))
MA0215 =
data.frame(Depth=rep(Abundancia.MA0215$Depth,
ncol(Abundancia.MA0215[,2:14])),

Abundance=as.vector(as.matrix(Abundancia.MA021
5[,2:14])),

taxa=as.factor(rep(colnames(Abundancia.MA0215[,
2:14])),

each=nrow(Abundancia.MA0215)))
MA0215$taxa =
factor(MA0215$taxa,levels=c("Thalassionema cf.
nitzschioides", "Navicula rhapsoneis", "cf.
Eunotogramma sp2","Achnanthes sp2", "Diploneis
litoralis","Fallacia oculiformis", "Cyclotella
striata","Cymatotheca cf. weissflogii", "Catenula
adhaerens", "Tabullaria sp1", "Cyclotella
stylorum","Paralia sulcata var. Radiata",
"Psammococconeis brasiliensis"))
# Dendrogramas
#####
#####
# SE0115
SE0115.dist <- vegdist(Abundancia.SE0115[,2:16],
method = "euclid")
SE0115.clust <- chclust(SE0115.dist)
bstick(SE0115.clust)
plot(SE0115.clust,hang=-1,
main="Cluster Analysis of Core SE0115:
Serinhaém River")
rect.hclust(SE0115.clust, 5, border = "Black")
# SE0215
SE0215.dist <- vegdist(Abundancia.SE0215[,2:18],
method = "euclid")
SE0215.clust <- chclust(SE0215.dist)
bstick(SE0215.clust)
plot(SE0215.clust,hang=-1, cex = 0.8,
main="Cluster Analysis of Core SE0215:
Serinhaém River")
rect.hclust(SE0215.clust, 4, border = "Black")
# SO0115
SO0115.dist <- vegdist(Abundancia.SO0115[,2:15],
method = "euclid")
SO0115.clust <- chclust(SO0115.dist)
bstick(SO0115.clust)
plot(SO0115.clust,hang=-1, main="Cluster Analysis
of Core SO0115: Orojó River")
rect.hclust(SO0115.clust, 4, border = "Black")
# SO0215
SO0215.dist <- vegdist(Abundancia.SO0215[,2:16],
method = "euclid")
SO0215.clust <- chclust(SO0215.dist)
bstick(SO0215.clust)
plot(SO0215.clust,hang=-1, main="Cluster Analysis
of Core SO0215: Orojó River")
rect.hclust(SO0215.clust, 8, border = "Black")
# MA0115
MA0115.dist <- vegdist(Abundancia.MA0115[,2:12],
method = "euclid")
MA0115.clust <- chclust(MA0115.dist)

```

```

bstick(MA0115.clust)
plot(MA0115.clust, hang=-1, main="Cluster Analysis
of Core MA0115: Marau River")
rect.hclust(MA0115.clust, 4, border = "Black")
# MA0215
MA0215.dist <- vegdist(Abundancia.MA0215[,2:14],
method = "euclid")
MA0215.clust <- chclust(MA0215.dist)
bstick(MA0215.clust)
plot(MA0215.clust, hang=-1, cex = 0.8,
main="Cluster Analysis of Core MA0215: Marau
River")
rect.hclust(MA0215.clust, 7, border = "Black")
# Gráficos de Densidade
#####
#
# SE0115
Den.SE0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SE0115")), aes(y = Depth, x =
Densityx106)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=8, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=32, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=40, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 5, 10, 15)) +
labs(title = "Density of valves",
x = expression(paste("Valves x ", 10^6, " /
g"))) +
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
Den.SE0115
# SE0215
Den.SE0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SE0215")), aes(y = Depth, x =
Densityx106)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=33, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70, 80, 85)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 2, 3, 4)) +
labs(title = "Density of valves",
x = expression(paste("Valves x ", 10^6, " /
g"))) +
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
Den.SE0215
# SO0115
Den.SO0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SO0115")), aes(y = Depth, x =
Densityx106)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=35, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=38, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 45)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 3, 5)) +
labs(title = "Density of valves",
x = expression(paste("Valves x ", 10^6, " /
g"))) +
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
Den.SO0115
# SO0215
Den.SO0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SO0215")), aes(y = Depth, x =
Densityx106)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=26, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 3, 5)) +
labs(title = "Density of valves",
x = expression(paste("Valves x ", 10^6, " /
g"))) +
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
Den.SO0215
# MA0115
Den.MA0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("MA0115")), aes(y = Depth, x =
Densityx106)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=16, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=30, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 2, 4, 6)) +
labs(title = "Density of valves",
x = expression(paste("Valves x ", 10^6, " /
g"))) +
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
Den.MA0115
# MA0215

```

```

Den.MA0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("MA0215")), aes(y = Depth, x =
Densityx106)) +
  geom_path(lwd = 1) +
  geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 3, 5)) +
  labs(title = "Density of valves",
        x = expression(paste("Valves x ", 10^6, " /
g"))) +
  theme_bw()+
  theme(
    plot.title = element_text(size = 12),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.ticks.y = element_blank(),
    axis.text = element_text(size = 12)
  )
Den.MA0215
# Gráficos de Razão Plâncton / Bentos
#####
# SE0115
RPB.SE0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SE0115")), aes(y = Depth, x = RPB)) +
  geom_path(lwd = 1) +
  geom_hline(yintercept=8, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=32, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=40, linetype="dashed") +
  geom_vline(xintercept=1, linetype="twodash")+
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(1, 5, 10, 15)) +
  labs(title = "Plankton / Benthos ratios",
        x = expression(paste("Ratio")))+
  theme_bw()+
  theme(
    plot.title = element_text(size = 12),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.ticks.y = element_blank(),
    axis.text = element_text(size = 12)
  )
RPB.SE0115
# SE0215
RPB.SE0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SE0215")), aes(y = Depth, x = RPB)) +
  geom_path(lwd = 1) +
  geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=33, linetype="dashed") +
  geom_vline(xintercept=1, linetype="twodash")+
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(1, 5, 10, 15, 20)) +
  labs(title = "Plankton / Benthos ratios",
        x = expression(paste("Ratio")))+
  theme_bw()+
  theme(
    plot.title = element_text(size = 12),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.ticks.y = element_blank(),
    axis.text = element_text(size = 12)
  )
RPB.SE0215

# SO0115
RPB.SO0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SO0115")), aes(y = Depth, x = RPB)) +
  geom_path(lwd = 1) +
  geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=35, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=38, linetype="dashed") +
  geom_vline(xintercept=1, linetype="twodash")+
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 45))
+
  scale_x_continuous(breaks = c(1, 5, 10, 15)) +
  labs(title = "Plankton / Benthos ratios",
        x = expression(paste("Ratio")))+
  theme_bw()+
  theme(
    plot.title = element_text(size = 12),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.ticks.y = element_blank(),
    axis.text = element_text(size = 12)
  )
RPB.SO0115
# SO0215
RPB.SO0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SO0215")), aes(y = Depth, x = RPB)) +
  geom_path(lwd = 1) +
  geom_hline(yintercept=26, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
  geom_vline(xintercept=1, linetype="twodash")+
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(1, 5, 10, 15)) +
  labs(title = "Plankton / Benthos ratios",
        x = expression(paste("Ratio")))+
  theme_bw()+
  theme(
    plot.title = element_text(size = 12),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.ticks.y = element_blank(),
    axis.text = element_text(size = 12)
  )
RPB.SO0215
# MA0115
RPB.MA0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("MA0115")), aes(y = Depth, x = RPB)) +
  geom_path(lwd = 1) +
  geom_hline(yintercept=16, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=30, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
  geom_vline(xintercept=1, linetype="twodash")+
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(1, 5, 10, 15)) +
  labs(title = "Plankton / Benthos ratios",
        x = expression(paste("Ratio")))+
  theme_bw()+
  theme(
    plot.title = element_text(size = 12),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.ticks.y = element_blank(),
    axis.text = element_text(size = 12)
  )
RPB.MA0115
# MA0215

```

```

RPB.MA0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("MA0215")), aes(y = Depth, x = RPB)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
geom_vline(xintercept=1, linetype="twodash")+
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40)) +
scale_x_continuous(breaks = c(1, 5, 10, 15)) +
labs(title = "Plankton / Benthos ratios",
x = expression(paste("Ratio")))+
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
RPB.MA0215
# Gráficos de TDI
#####
#####
# SE0115
TDI.SE0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SE0115")), aes(y = Depth, x = TDI)) +
geom_path(lwd = 1, lwd) +
geom_hline(yintercept=8, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=32, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=40, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60)) +
scale_x_continuous(breaks = c(3, 4, 5)) +
labs(title = "TDI",
x = expression(paste("TDI scores")))+
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
TDI.SE0115
# SE0215
TDI.SE0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SE0215")), aes(y = Depth, x = TDI)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=33, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70, 80, 85)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0,2, 3, 4, 5)) +
labs(title = "TDI",
x = expression(paste("TDI scores")))+
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
TDI.SE0215
# SO0115

```

```

TDI.SO0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SO0115")), aes(y = Depth, x = TDI)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=35, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=38, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 45))
+
scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 3, 5)) +
labs(title = "TDI",
x = expression(paste("TDI scores")))+
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
TDI.SO0115
# SO0215
TDI.SO0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("SO0215")), aes(y = Depth, x = TDI)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=26, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 3, 5)) +
labs(title = "TDI",
x = expression(paste("TDI scores")))+
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
TDI.SO0215
# MA0115
TDI.MA0115 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("MA0115")), aes(y = Depth, x = TDI)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=16, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=30, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 4)) +
labs(title = "TDI",
x = expression(paste("TDI scores")))+
theme_bw()+
theme(
plot.title = element_text(size = 12),
axis.title.y = element_blank(),
axis.text.y = element_blank(),
axis.ticks.y = element_blank(),
axis.text = element_text(size = 12)
)
TDI.MA0115
# MA0215
TDI.MA0215 <- ggplot(subset(Ambiental, Core
%in% c("MA0215")), aes(y = Depth, x = TDI)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +

```



```

scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40)) +
scale_x_continuous(breaks = c(0, 1, 3, 5)) +
labs(title = "TDI",
      x = expression(paste("TDI scores"))) +
theme_bw()+
theme(
  plot.title = element_text(size = 12),
  axis.title.y = element_blank(),
  axis.text.y = element_blank(),
  axis.ticks.y = element_blank(),
  axis.text = element_text(size = 12)
)
TDI.MA0215
#                               Estratigráficos
#####
#####
# Exploratório - Analogue
Stratiplot(
  Depth ~ ., Abundancia.SE0115,
  sort = 'wa',
  type = 'h',
  ylab = "Depth (cm)",
  xlab = "Relative abundance (%)",
  topPad = 10,
  col = "black"
)
Stratiplot(
  Depth ~ ., Abundancia.SE0215,
  sort = 'wa',
  type = 'h',
  ylab = "Depth (cm)",
  xlab = "Relative abundance (%)",
  topPad = 10,
  col = "black"
)
Stratiplot(
  Depth ~ ., Abundancia.SO0115,
  sort = 'wa',
  type = 'h',
  ylab = "Depth (cm)",
  xlab = "Relative abundance (%)",
  topPad = 10,
  col = "black"
)
Stratiplot(
  Depth ~ ., Abundancia.SO0215,
  sort = 'wa',
  type = 'h',
  ylab = "Depth (cm)",
  xlab = "Relative abundance (%)",
  topPad = 10,
  col = "black"
)
Stratiplot(
  Depth ~ ., Abundancia.MA0115,
  sort = 'wa',
  type = 'h',
  ylab = "Depth (cm)",
  xlab = "Relative abundance (%)",
  topPad = 10,
  col = "black"
)
Stratiplot(
  Depth ~ ., Abundancia.MA0215,
  sort = 'wa',
  type = 'h',
  ylab = "Depth (cm)",
  xlab = "Relative abundance (%)",
  topPad = 10,
  col = "black"
)
)
# Definitivo - GGPLOT
# SE0115
Strat.SE0115 <- ggplot(SE0115, aes(y = Depth, x =
Abundance)) +
  geom_segment(aes(xend = 0, yend = Depth), lwd
= 1) +
  geom_hline(yintercept=8, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=32, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=40, linetype="dashed") +
  facet_grid(~taxa, scales = "free_x", space =
"free_x") +
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40,
50, 60, 70)) +
  labs(title = "B) biostratigraphic diagram",
        x = "Relative Abundance (%)", y = "Depth
(cm)") +
  theme_bw()+
  theme(
    strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
    axis.text = element_text(size = 12),
    axis.title = element_text(size = 12),
    strip.background = element_blank()
  )
)
Strat.SE0115
SE0115_plot_grob <- ggplotGrob(Strat.SE0115)
for(i in which(grepl("strip-t",
SE0115_plot_grob$layout$name))){
  SE0115_plot_grob$grobs[[i]]$layout$clip <- "off"
}
grid::grid.draw(SE0115_plot_grob)
#SE0215
Strat.SE0215 <- ggplot(SE0215, aes(y = Depth, x =
Abundance)) +
  geom_segment(aes(xend = 0, yend = Depth), lwd
= 1) +
  geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=33, linetype="dashed") +
  facet_grid(~taxa, scales = "free_x", space =
"free_x") +
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70, 80, 85)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40,
50, 60)) +
  labs(title = "B) biostratigraphic diagram",
        x = "Relative Abundance (%)", y = "Depth
(cm)") +
  theme_bw()+
  theme(
    strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
    axis.text = element_text(size = 12),
    axis.title = element_text(size = 12),
    strip.background = element_blank()
  )
)
Strat.SE0215
SE0215_plot_grob <- ggplotGrob(Strat.SE0215)

```

```

for(i in which(grepl("strip-t",
SE0215_plot_grob$layout$name))){
  SE0215_plot_grob$grobs[[i]]$layout$clip <- "off"
}
grid::grid.draw(SE0215_plot_grob)
#SO0115
Strat.SO0115 <- ggplot(SO0115, aes(y = Depth, x =
Abundance)) +
  geom_segment(aes(xend = 0, yend = Depth), lwd
= 1) +
  geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=35, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=38, linetype="dashed") +
  facet_grid(~taxa, scales = "free_x", space =
"free_x") +
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 45))
+
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40,
50, 60, 70)) +
  labs(title = "B) biostratigraphic diagram",
x = "Relative Abundance (%)", y = "Depth
(cm)") +
  theme_bw()+
  theme(
    strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
    axis.text = element_text(size = 12),
    axis.title = element_text(size = 12),
    strip.background = element_blank()
  )
Strat.SO0115
SO0115_plot_grob <- ggplotGrob(Strat.SO0115)
for(i in which(grepl("strip-t",
SO0115_plot_grob$layout$name))){
  SO0115_plot_grob$grobs[[i]]$layout$clip <- "off"
}
grid::grid.draw(SO0115_plot_grob)
#SO0215
Strat.SO0215 <- ggplot(SO0215, aes(y = Depth, x
= Abundance)) +
  geom_segment(aes(xend = 0, yend = Depth), lwd
= 1) +
  geom_hline(yintercept=26, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
  facet_grid(~taxa, scales = "free_x", space =
"free_x") +
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40,
50, 60, 70, 80, 90, 100)) +
  labs(title = "B) biostratigraphic diagram",
x = "Relative Abundance (%)", y = "Depth
(cm)") +
  theme_bw()+
  theme(
    strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
    axis.text = element_text(size = 12),
    axis.title = element_text(size = 12),
    strip.background = element_blank()
  )
Strat.SO0215
SO0215_plot_grob <- ggplotGrob(Strat.SO0215)
for(i in which(grepl("strip-t",
SO0215_plot_grob$layout$name))){
  SO0215_plot_grob$grobs[[i]]$layout$clip <- "off"
}
grid::grid.draw(SO0215_plot_grob)
#
Salvando figuras
#####
}
grid::grid.draw(SO0215_plot_grob)
#MA0115
Strat.MA0115 <- ggplot(MA0115, aes(y = Depth, x
= Abundance)) +
  geom_segment(aes(xend = 0, yend = Depth), lwd
= 1) +
  geom_hline(yintercept=16, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=30, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=34, linetype="dashed") +
  facet_grid(~taxa, scales = "free_x", space =
"free_x") +
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 10, 20, 30)) +
  labs(title = "B) biostratigraphic diagram",
x = "Relative Abundance (%)", y = "Depth
(cm)") +
  theme_bw()+
  theme(
    strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
    axis.text = element_text(size = 12),
    axis.title = element_text(size = 12),
    strip.background = element_blank()
  )
Strat.MA0115
MA0115_plot_grob <- ggplotGrob(Strat.MA0115)
for(i in which(grepl("strip-t",
MA0115_plot_grob$layout$name))){
  MA0115_plot_grob$grobs[[i]]$layout$clip <- "off"
}
grid::grid.draw(MA0115_plot_grob)
#MA0215
Strat.MA0215 <- ggplot(MA0215, aes(y = Depth, x
= Abundance)) +
  geom_segment(aes(xend = 0, yend = Depth), lwd
= 1) +
  geom_hline(yintercept=17, linetype="dashed") +
  geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
  facet_grid(~taxa, scales = "free_x", space =
"free_x") +
  scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60, 70, 80)) +
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40,
50, 60)) +
  labs(title = "B) biostratigraphic diagram",
x = "Relative Abundance (%)", y = "Depth
(cm)") +
  theme_bw()+
  theme(
    strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
    axis.text = element_text(size = 12),
    axis.title = element_text(size = 12),
    strip.background = element_blank()
  )
Strat.MA0215
MA0215_plot_grob <- ggplotGrob(Strat.MA0215)
for(i in which(grepl("strip-t",
MA0215_plot_grob$layout$name))){
  MA0215_plot_grob$grobs[[i]]$layout$clip <- "off"
}
grid::grid.draw(MA0215_plot_grob)
#
Salvando figuras
#####

```

```

ggsave("Den.SE0115.svg", plot = Den.SE0115,
width = 2.5, height = 10.6, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Den.SE0215.svg", plot = Den.SE0215,
width = 2.5, height = 10.6, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Den.SO0115.svg", plot = Den.SO0115,
width = 2.5, height = 10.6, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Den.SO0215.svg", plot = Den.SO0215,
width = 2.5, height = 10.6, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Den.MA0115.svg", plot = Den.MA0115,
width = 2.5, height = 10.53, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Den.MA0215.svg", plot = Den.MA0215,
width = 2.5, height = 10.51, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("RPB.SE0115.svg", plot = RPB.SE0115,
width = 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("RPB.SE0215.svg", plot = RPB.SE0215,
width = 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("RPB.SO0115.svg", plot = RPB.SO0115,
width = 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("RPB.SO0215.svg", plot = RPB.SO0215,
width = 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("RPB.MA0115.svg", plot = RPB.MA0115,
width = 2.5, height = 10.35, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("RPB.MA0215.svg", plot = RPB.MA0215,
width = 2.5, height = 10.31, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("TDI.SE0115.svg", plot = TDI.SE0115, width
= 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("TDI.SE0215.svg", plot = TDI.SE0215,
width = 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("TDI.SO0115.svg", plot = TDI.SO0115,
width = 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("TDI.SO0215.svg", plot = TDI.SO0215,
width = 2.5, height = 10.4, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("TDI.MA0115.svg", plot = TDI.MA0115,
width = 2.5, height = 10.35, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("TDI.MA0215.svg", plot = TDI.MA0215,
width = 2.5, height = 10.31, units = "cm", dpi = 300)
ggsave("Strati.SE0115.svg", plot =
SE0115_plot_grob, width = 21, height = 16, units =
"cm", dpi = 300)
ggsave("Strati.SE0215.svg", plot =
SE0215_plot_grob, width = 21, height = 16, units =
"cm", dpi = 300)
ggsave("Strati.SO0115.svg", plot =
SO0115_plot_grob, width = 21, height = 16, units =
"cm", dpi = 300)
ggsave("Strati.SO0215.svg", plot =
SO0215_plot_grob, width = 21, height = 16, units =
"cm", dpi = 300)
ggsave("Strati.MA0115.svg", plot =
MA0115_plot_grob, width = 21, height = 16, units =
"cm", dpi = 300)
ggsave("Strati.MA0215.svg", plot =
MA0215_plot_grob, width = 21, height = 16, units =
"cm", dpi = 300)

# Modelo do Análogo moderno p/ Salinidade #####
Sal_mat <- mat(Superficie_percent, Ambiental$Sal,
method = "SQchord")
Sal_mat
summary(Sal_mat)
# selecionar modelo com o N° de análogos mais
próximos
getK(Sal_mat)
opar <- par(mfrow = c(2,2))
plot(Sal_mat)
par(opar)

# selecionar modelo com o N° de análogos mais
próximos por Bootstrapping
set.seed(1234)
Sal_boot <- bootstrap(Sal_mat, n.boot = 100)
Sal_boot
RMSEP(Sal_boot, type = "standard")
# Análogo moderno Salinidade (SE0115) #####
# Predição
SE0115.sal <- predict(Sal_mat, SE0115_percent, k
= 7)
SE0115.sal
reconPlot(SE0115.sal, use.labels = TRUE, ylab =
"Salinity", xlab = "Depth (cm.)")
# Extraíndo valores para impressão
SE0115_valor_Sal_p =
as.data.frame(SE0115.sal$predictions)
SE0115_valor_Sal_p =
t(SE0115_valor_Sal_p[7,1:60])
SE0115_valor_Sal = data_frame("Depth" = 1:60,
"Sal" = SE0115_valor_Sal_p[,1])
# Mínima dissimilaridade entre o tetemunho e a
superfície
SE0115_sal_mdc <- minDC(SE0115.sal)
plot(SE0115_sal_mdc, use.labels = TRUE, xlab =
"Depth (cm.)")
# Comapração de análogos
SE0115_comp <- analog(Superficie_percent,
SE0115_percent, method = "chord")
SE0115_comp
summary(SE0115_comp)

# Análogos modernos mais próximos
SE0115_cma <- cma(SE0115_comp, cutoff = 0.55)
SE0115_cma
plot(SE0115_cma)
# distribuição de dissimilaridades no training set
(ponto de corte)
plot(dissim(SE0115_comp))
# teste de monte carlo para determinar ponto de
corte
SE0115_mc <- mcarlo(SE0115_comp)
SE0115_mc
# Estimativa do erro de cada amostra
set.seed(1234)
SE0115_sal_boot <- predict(Sal_mat,
SE0115_percent, bootstrap = TRUE, n.boot = 100)
reconPlot(SE0115_sal_boot, use.labels = TRUE,
ylab = "Salinity", xlab = "Depth (cm.)",
display.error = "bars", predictions =
"bootstrap")
# Figura
# SE0115
Sal.SE0115.fig <- ggplot(SE0115_valor_Sal, aes(y
= Depth, x = Sal)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=8, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=32, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=40, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60)) +
labs(title = "Predicted salinity values",
x = "Salinity (SU)", y = "Depth (cm)") +
theme_bw()+
theme(

```

```

strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
axis.text = element_text(size = 16),
axis.title = element_text(size = 12),
strip.background = element_blank()
)
Sal.SE0115.fig
ggsave("Sal.SE0115.svg", plot = Sal.SE0115.fig,
width = 8, height = 26, units = "cm", dpi = 300)
# Modelo do Análogo moderno p/ Oxigênio #####
Oxi_mat <- mat(Superficie_percent,
Ambiental$PDO, method = "SQchord")
Oxi_mat
summary(Oxi_mat)
# selecionar modelo com o N° de análogos mais
próximos
getK(Oxi_mat)
opar <- par(mfrow = c(2,2))
plot(Oxi_mat)
par(opar)
# selecionar modelo com o N° de análogos mais
próximos por Bootstrapping
Oxi_boot <- bootstrap(Oxi_mat, n.boot = 100)
Oxi_boot
RMSEP(Oxi_boot, type = "standard")
# Análogo moderno Oxigênio (SE0115) #####
# Predição
SE0115.Oxi <- predict(Oxi_mat, SE0115_percent, k
= 29)
SE0115.Oxi
reconPlot(SE0115.Oxi, use.labels = TRUE, ylab =
"Oxiinity", xlab = "Depth (cm.)")
# Extrair valores para impressão
SE0115_valore_OD_p =
as.data.frame(SE0115.Oxi$predictions)
SE0115_valore_OD_p =
t(SE0115_valore_OD_p[29,1:60])
SE0115_valore_OD = data.frame("Depth" = 1:60,
"OD" = SE0115_valore_OD_p[,1])
# Mínima dissimilaridade entre o tetemunho e a
superfície
SE0115_Oxi_mdc <- minDC(SE0115.Oxi)
plot(SE0115_Oxi_mdc, use.labels = TRUE, xlab =
"Depth (cm.)")
# Comaparação de análogos
SE0115_comp <- analog(Superficie_percent,
SE0115_percent, method = "chord")
SE0115_comp
summary(SE0115_comp)
# Análogos modernos mais próximos
SE0115_cma <- cma(SE0115_comp, cutoff = 0.55)
SE0115_cma
plot(SE0115_cma)
# distribuição de dissimilaridades no training set
(ponto de corte)
plot(dissim(SE0115_comp))
# teste de monte carlo para determinar ponto de
corte
SE0115_mc <- mcarlo(SE0115_comp)
SE0115_mc
# Estimativa do erro de cada amostra
set.seed(1234)
SE0115_Oxi_boot <- predict(Oxi_mat,
SE0115_percent, bootstrap = TRUE, n.boot = 100)
reconPlot(SE0115_Oxi_boot, use.labels = TRUE,
ylab = "Oxiinity", xlab = "Depth (cm.)",

```

```

display.error = "bars", predictions =
"bootstrap")
# Figura
# SE0115
OD.SE0115.fig <- ggplot(SE0115_valore_OD,
aes(y = Depth, x = OD)) +
geom_path(lwd = 1) +
geom_hline(yintercept=8, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=21, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=32, linetype="dashed") +
geom_hline(yintercept=40, linetype="dashed") +
scale_y_reverse(breaks = c(0, 10, 20, 30, 40, 50,
60)) +
labs(title = "Predicted salinity values",
x = "Salinity (SU)", y = "Depth (cm)") +
theme_bw()+
theme(
strip.text.x = element_text(angle = 60, hjust
= 0, vjust = 0, size = 12),
axis.text = element_text(size = 16),
axis.title = element_text(size = 12),
strip.background = element_blank()
)
OD.SE0115.fig
ggsave("OD.SE0115.svg", plot = OD.SE0115.fig,
width = 8, height = 26, units = "cm", dpi = 300)
# Figuras #####
# Salinidade
vis.gam(Sal, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
text(Amb_esp$X, Amb_esp$Y,
labels=Amb_esp$Station, cex= 1.5)
# Condutividade
vis.gam(Cond, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
# pH
vis.gam(pH, view = c("X", "Y"), plot.type = "contour",
too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
# NO3
vis.gam(NO3, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
# NH3
vis.gam(NH3, view = c("X", "Y"), plot.type =
"contour", too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
# Si
vis.gam(Si, view = c("X", "Y"), plot.type = "contour",
too.far=0.1,
contour.col = "black")
points(Amb_esp, pch=16, cex=1.5)
par(mfrow = c(1, 2))
plot(Bi13, all.terms = TRUE, seWithMean = TRUE,
shift = coef(Bi13)[1],
rug = FALSE, residuals = TRUE, pch = 1,
cex = 1, shade = TRUE, pages = 1)
dev.off()
x

```


APÊNDICE 4 - DIAGNÓSTICO DOS MODELOS ADITIVOS

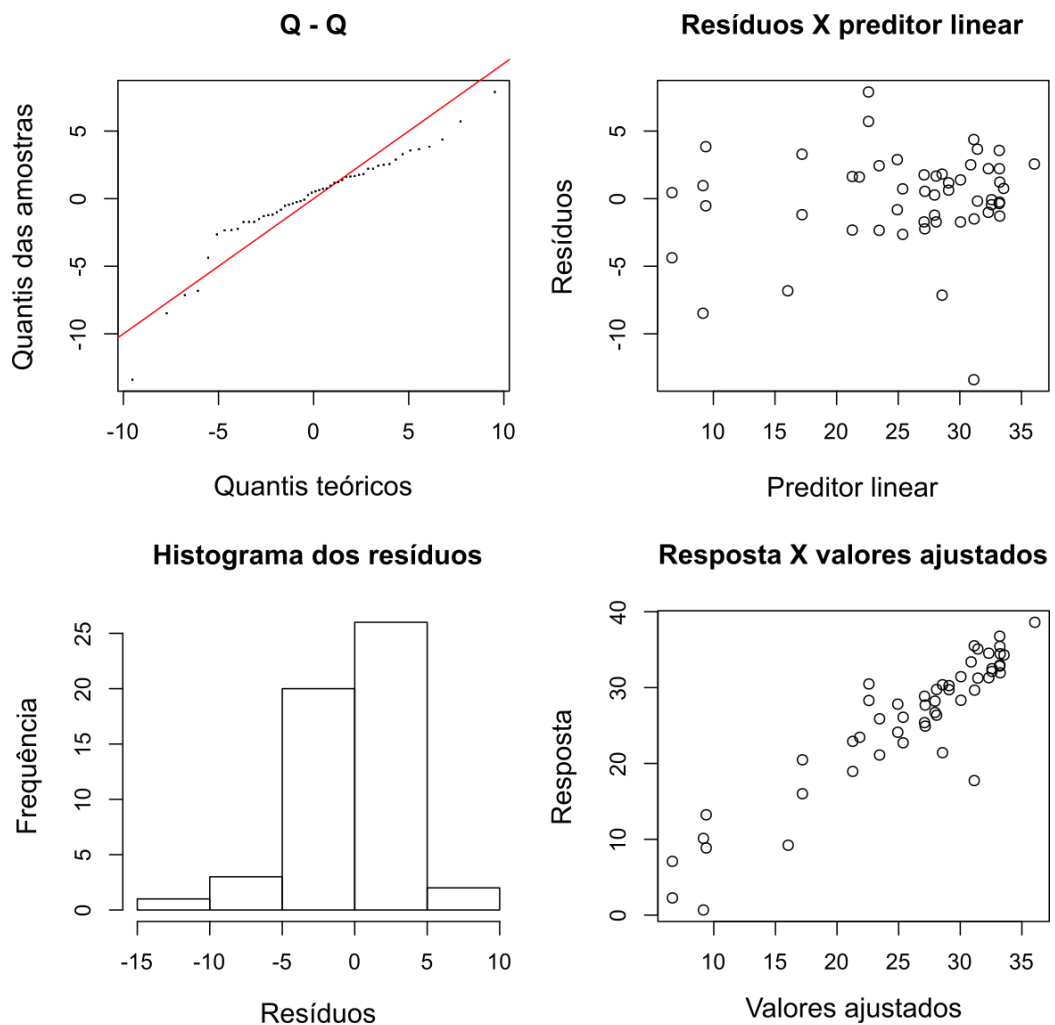
Apêndice 4.1 - Diagnóstico da distribuição da salinidade

Fórmula: $\text{Sal} \sim s(X, Y)$

Convergência total após sete iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,0	12,7	1,13	0,8

Fig A4.1 - Diagnóstico do modelo de distribuição da salinidade



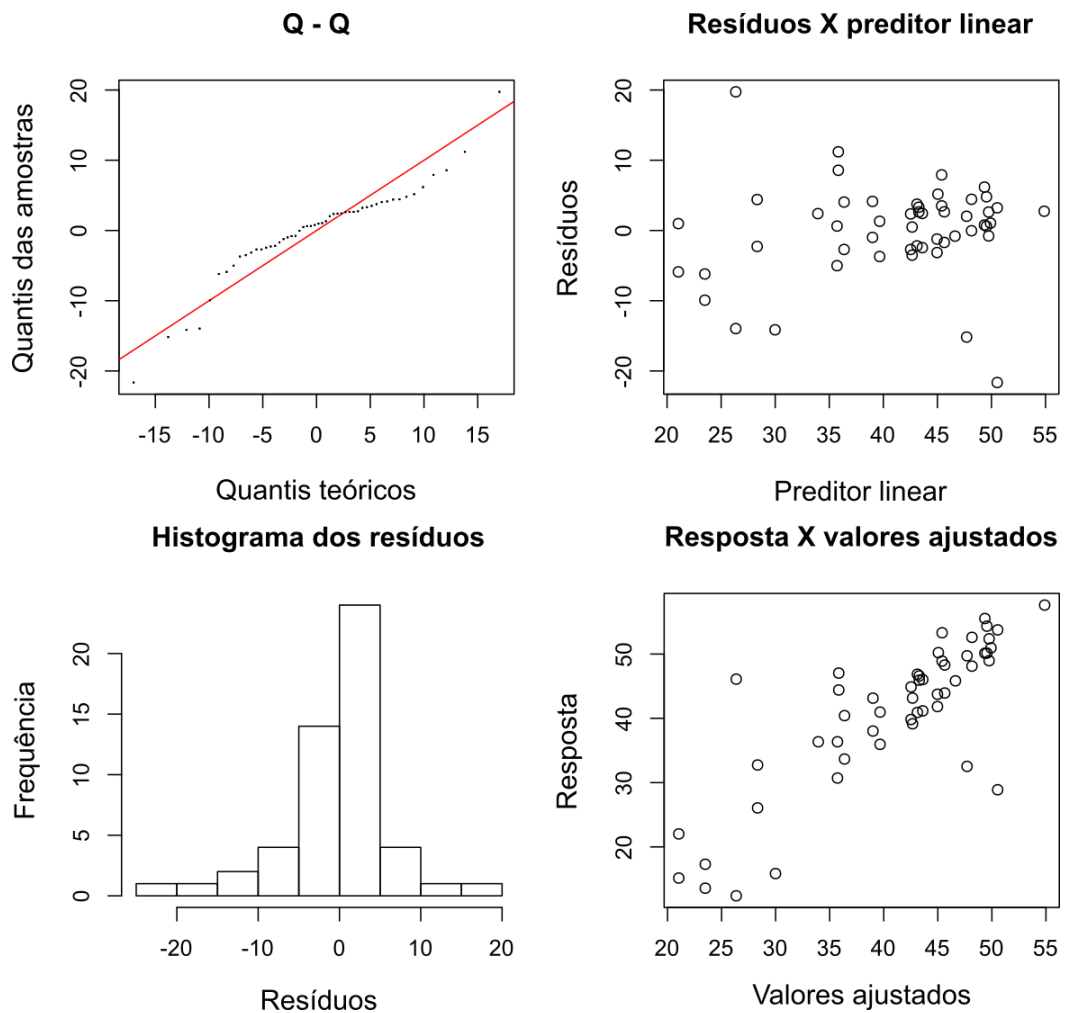
Apêndice 4.2 - Diagnóstico da distribuição da condutividade

Fórmula: $\text{Cond} \sim s(X, Y)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
$s(X, Y)$	29,00	7,21	1,19	0,92

Fig A4.2 - Diagnóstico do modelo de distribuição da condutividade



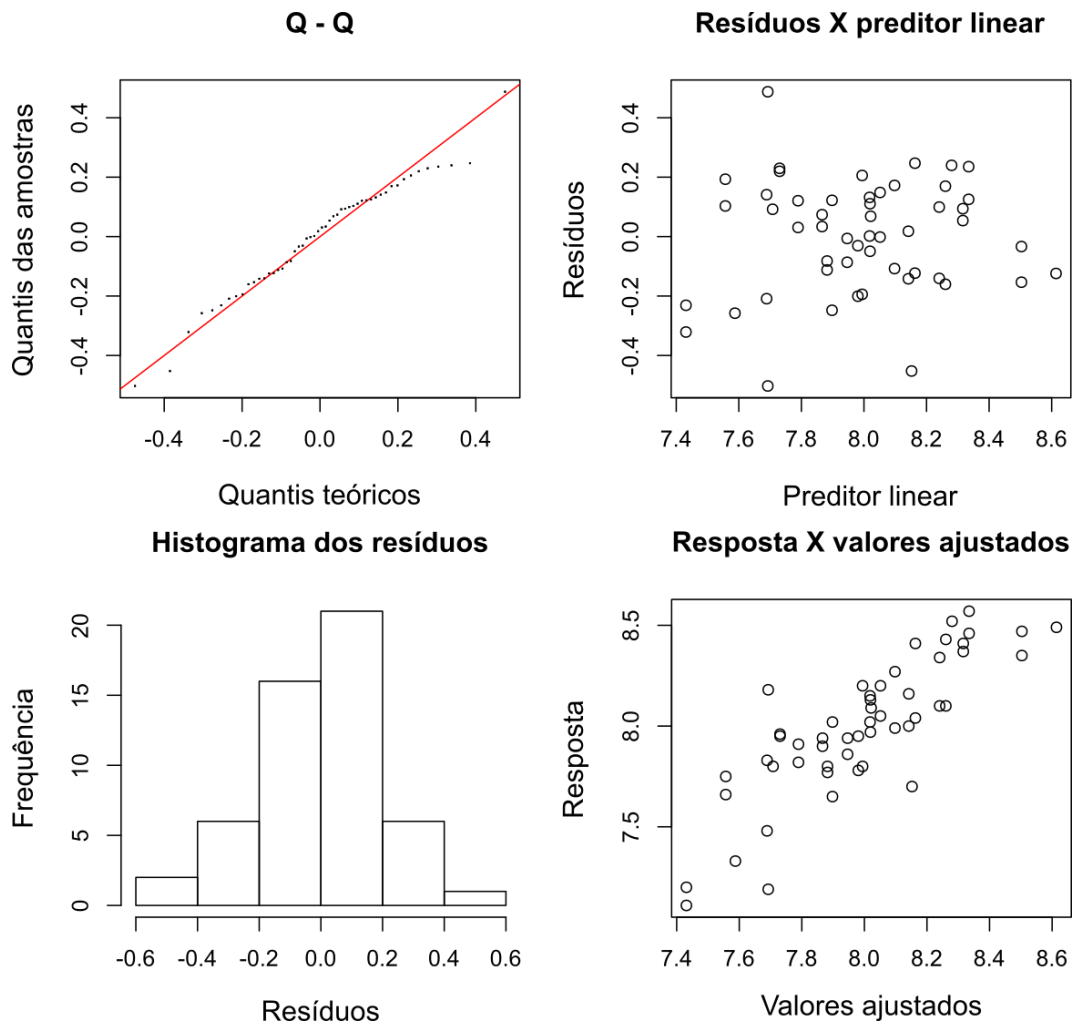
Apêndice 4.3 - Diagnóstico da distribuição do pH

Fórmula: $pH \sim s(X,Y)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
$s(X,Y)$	29,00	6,16	1,18	0,92

Fig A4.3 - Diagnóstico do modelo de distribuição do pH



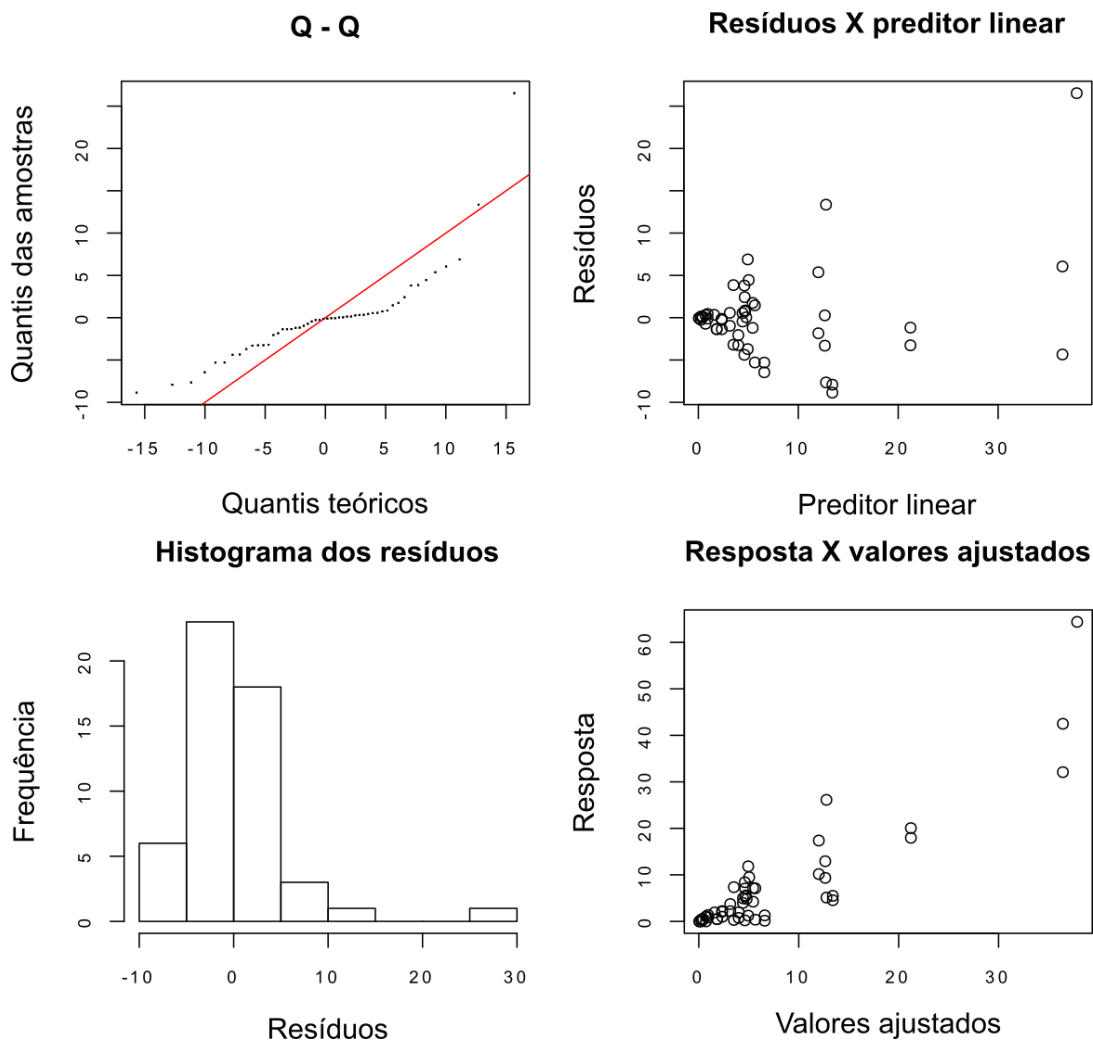
Apêndice 4.4 - Diagnóstico da distribuição de *C. belgica*

Fórmula: $Cbe \sim s(X,Y)$

Convergência total após sete iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,00	18,3	1,28	0,95

Fig A4.4 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *C. belgica*



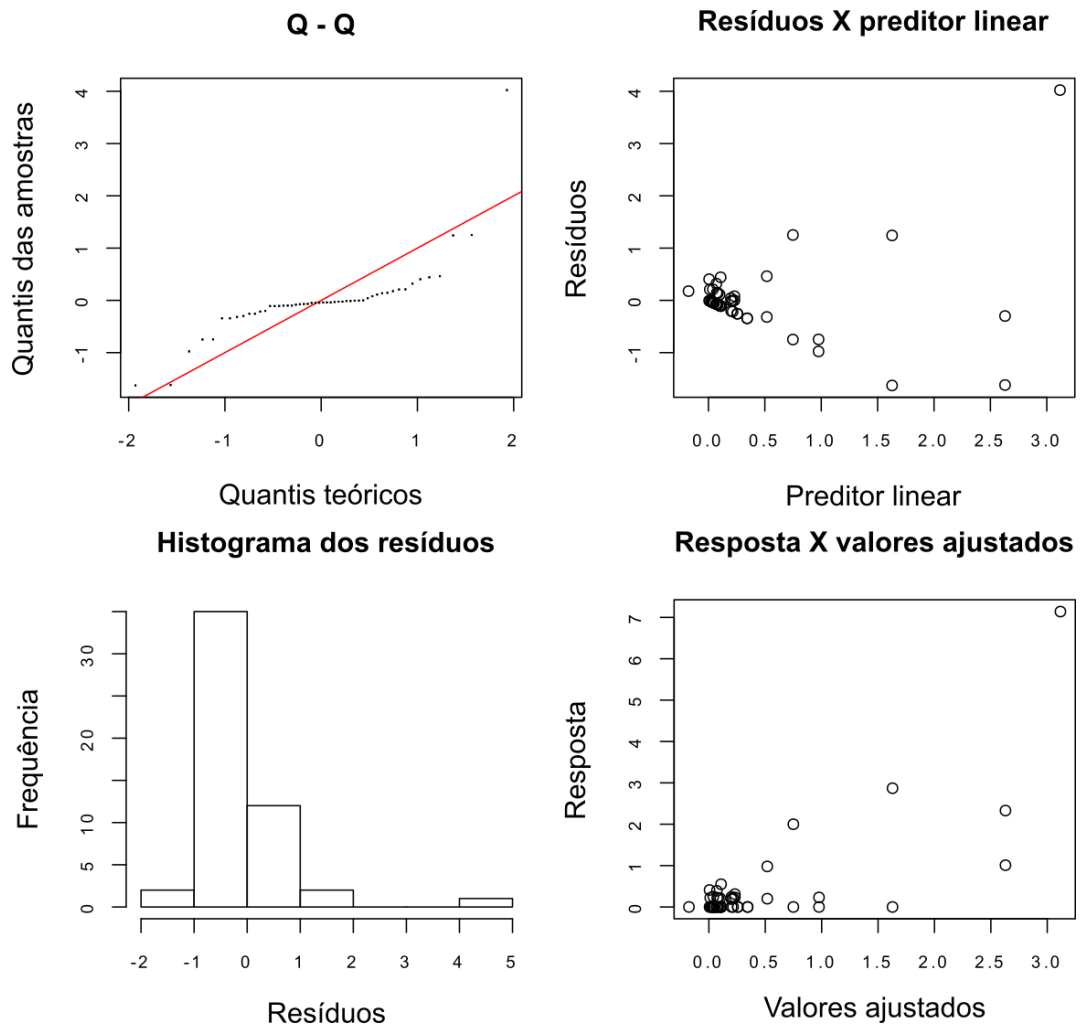
Apêndice 4.5 - Diagnóstico da distribuição de *D. gessneri*

Fórmula: $Dge \sim s(X,Y)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,00	9,45	1,02	0,47

Fig A4.5 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *D. gessneri*



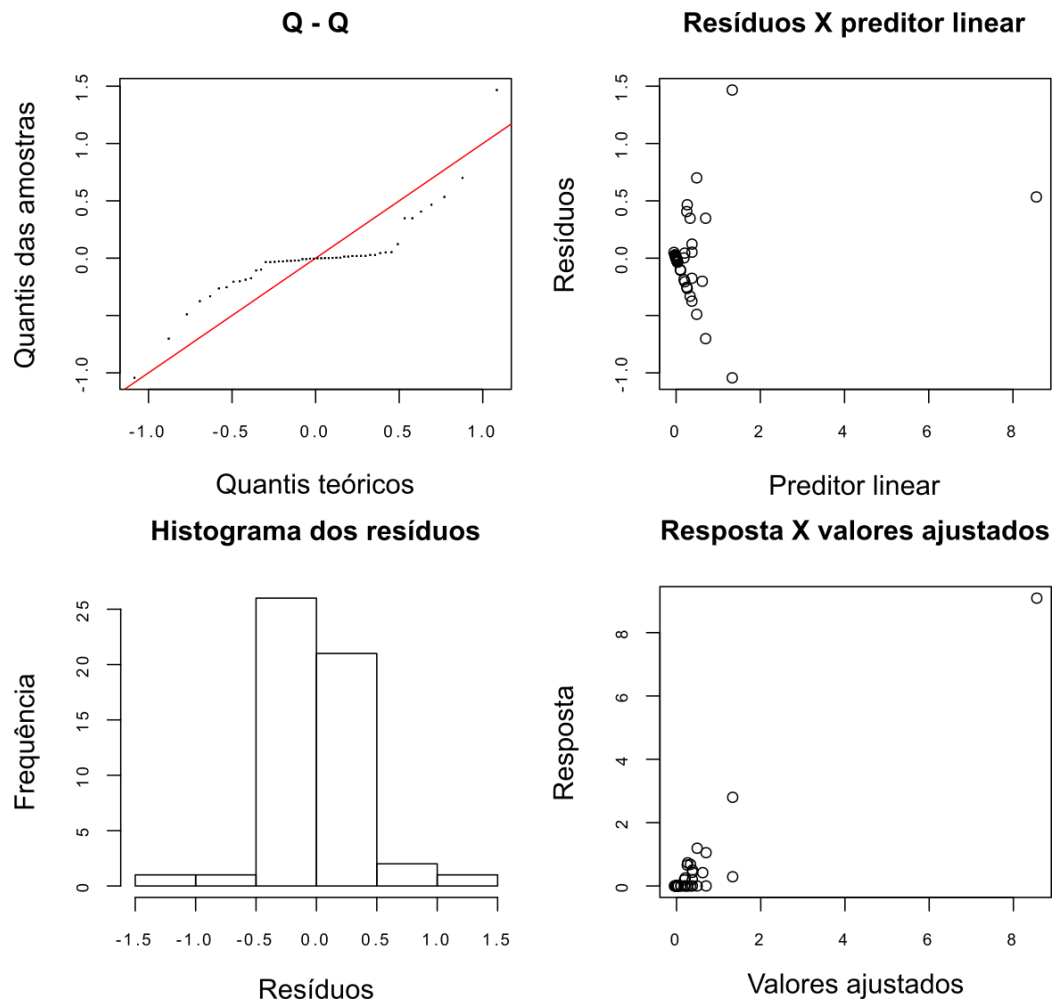
Apêndice 4.6 - Diagnóstico da distribuição de *Eunotogramma sp1*

Fórmula: $Eu1 \sim s(X,Y)$

Convergência total após nove iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,00	23,2	1,27	0,97

Fig A4.6 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *Eunotogramma sp1*



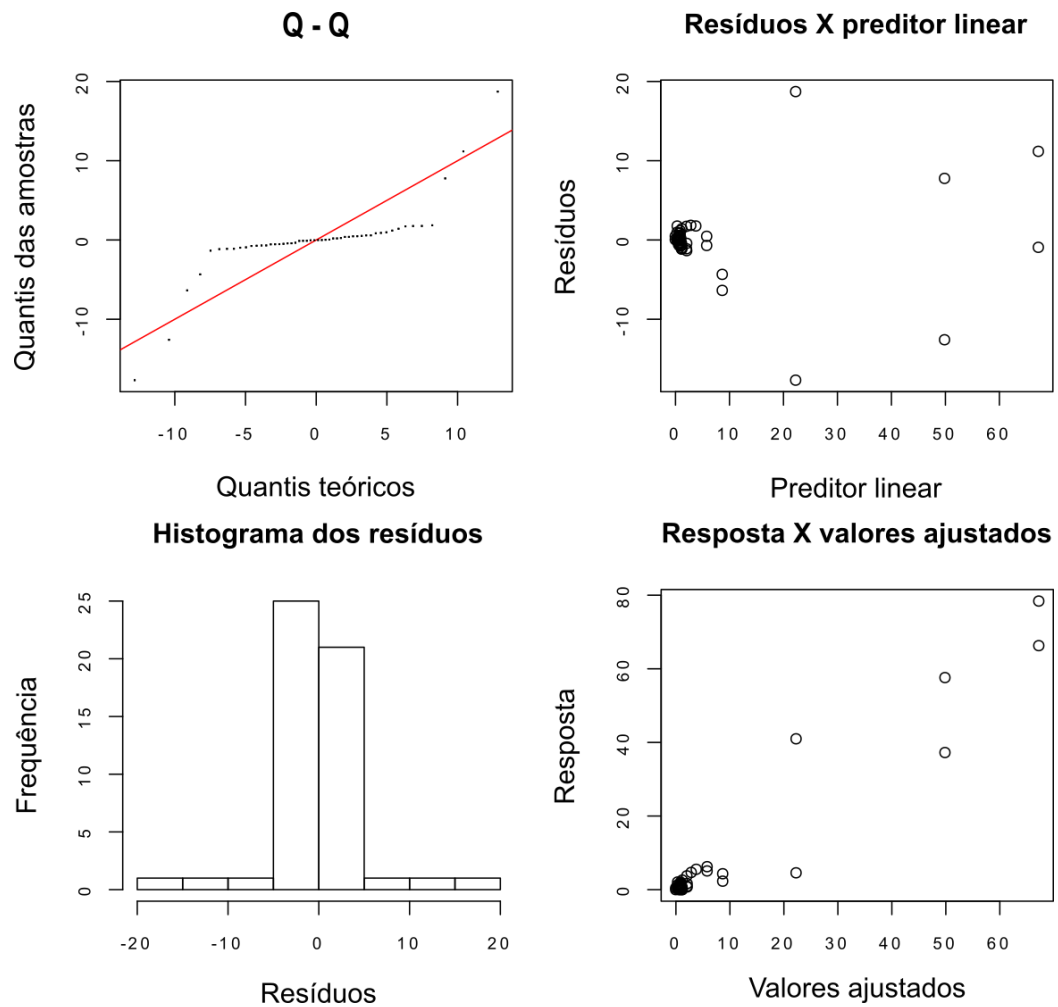
Apêndice 4.7 - Diagnóstico da distribuição de *F. nummularia*

Fórmula: $Fnu \sim s(X,Y)$

Convergência total após cinco iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,00	14,5	1,29	0,97

Fig A4.7 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *F. nummularia*



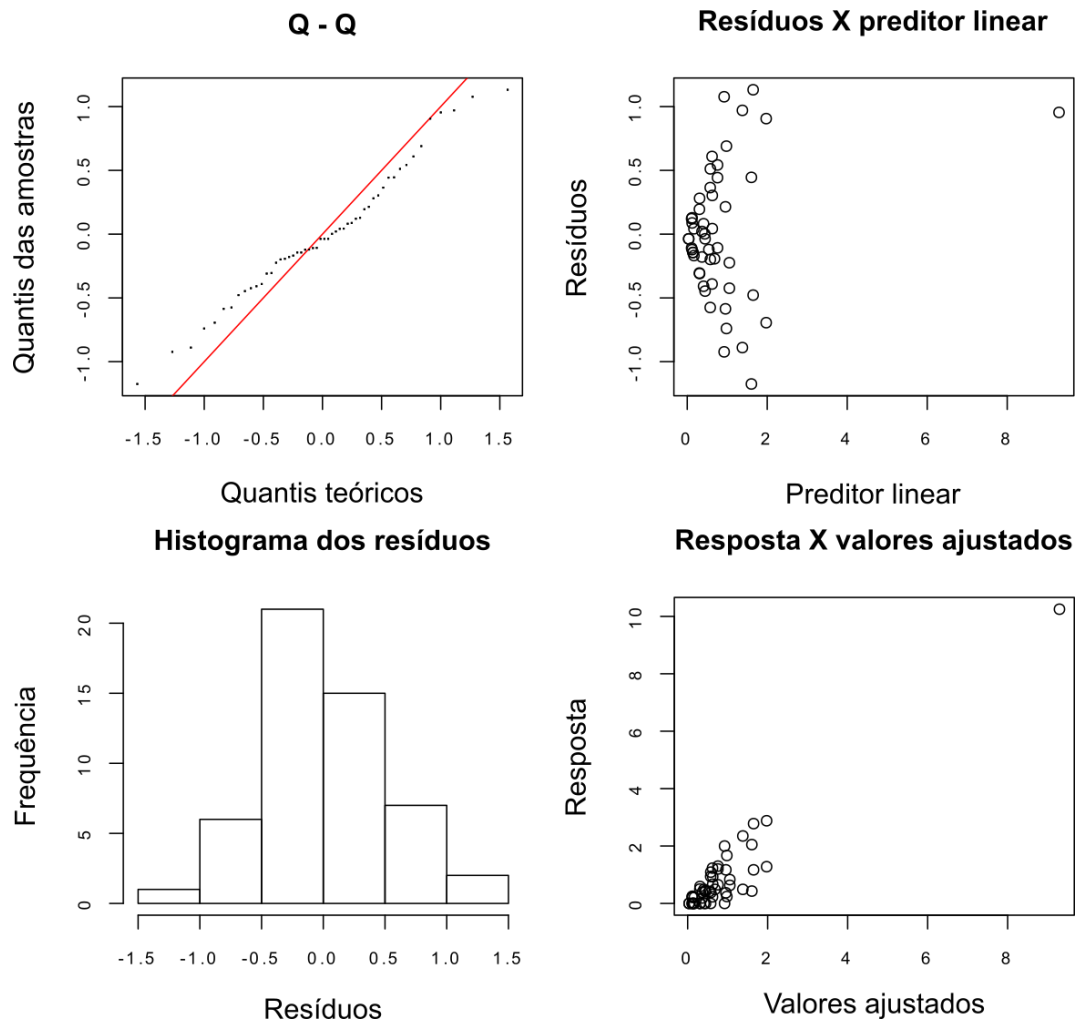
Apêndice 4.8 - Diagnóstico da distribuição de *O. olsenii*

Fórmula: $Ool \sim s(X,Y)$

Convergência total após oito iterações

	K	gle	índice K	p
$s(X,Y)$	29,00	20,9	1,21	0,96

Fig A4.8 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *O. olsenii*



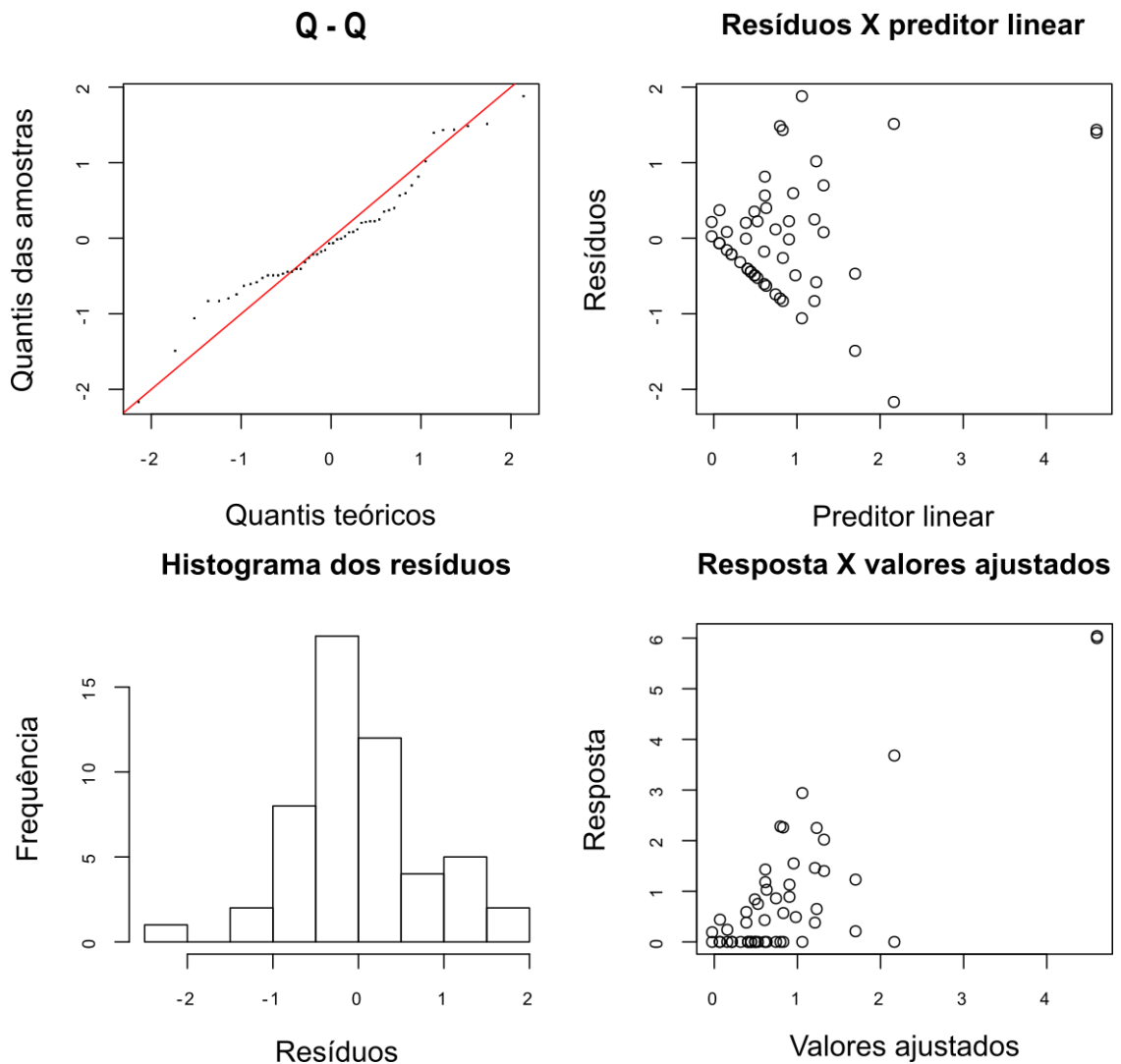
Apêndice 4.9 - Diagnóstico da distribuição de *P. sulcata* var. *coronata*

Fórmula: $Psc \sim s(X,Y)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,00	13,2	1,28	0,99

Fig A4.9 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *P. sulcata* var. *coronata*



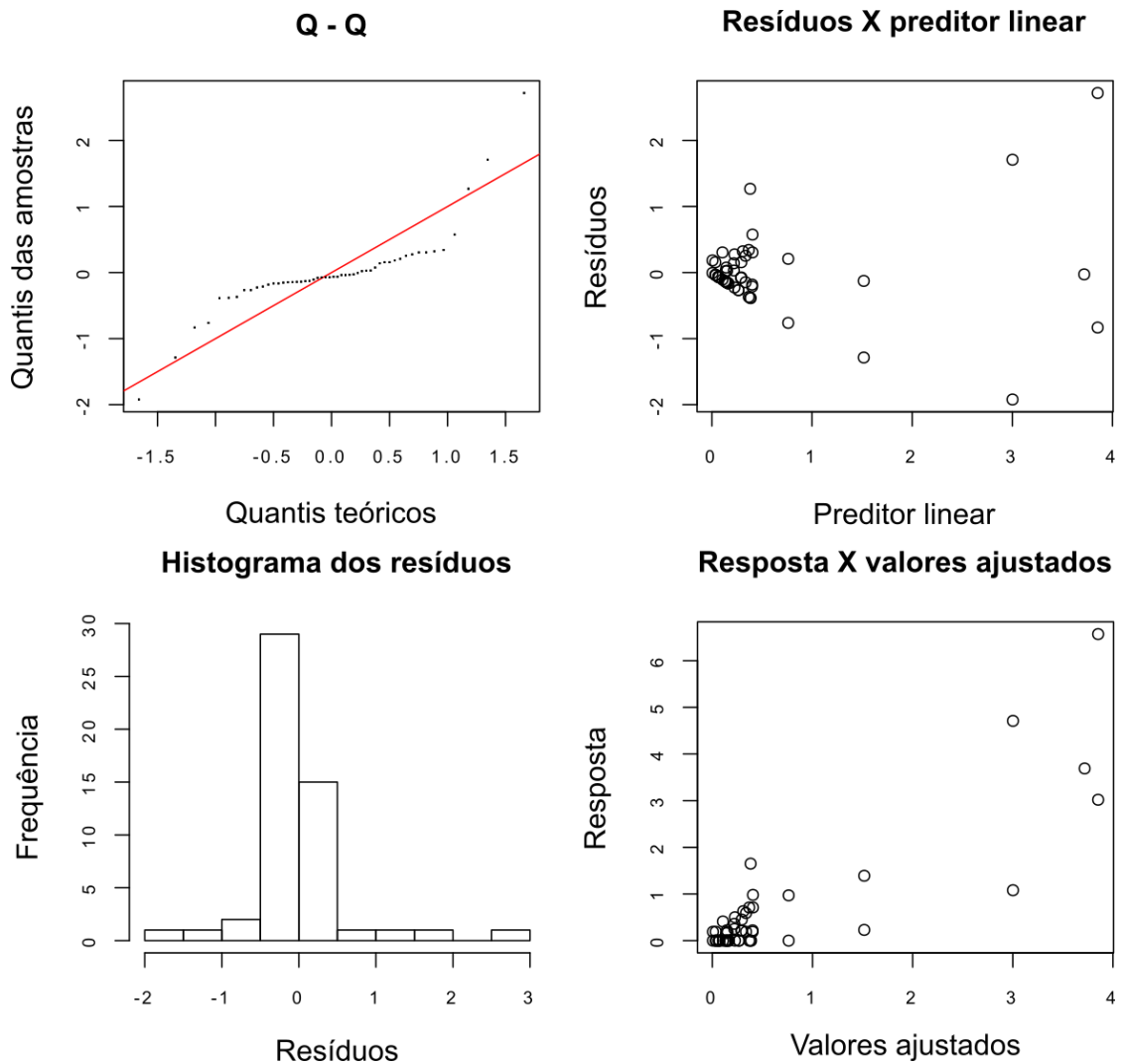
Apêndice 4.10 - Diagnóstico da distribuição de *Seminavis* sp1

Fórmula: $Se1 \sim s(X,Y)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,00	10,2	1,34	0,99

Fig A4.10 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *Seminavis* sp1



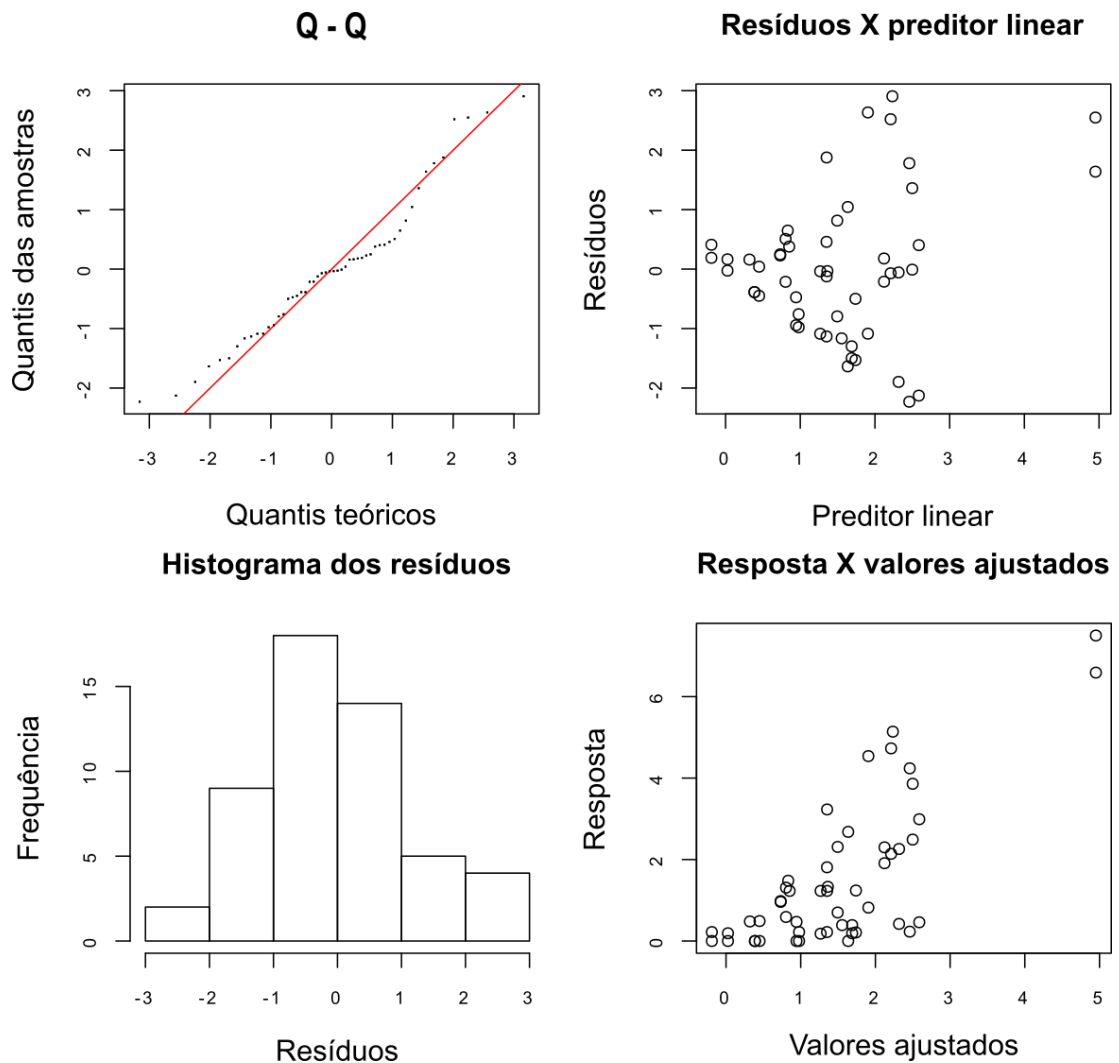
Apêndice 4.11 - Diagnóstico da distribuição de *Thalassiosira sp1*

Fórmula: $Th1 \sim s(X,Y)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	29,00	10,4	1,25	0,98

Fig A4.11 - Diagnóstico do modelo de distribuição de *Thalassiosira sp1*



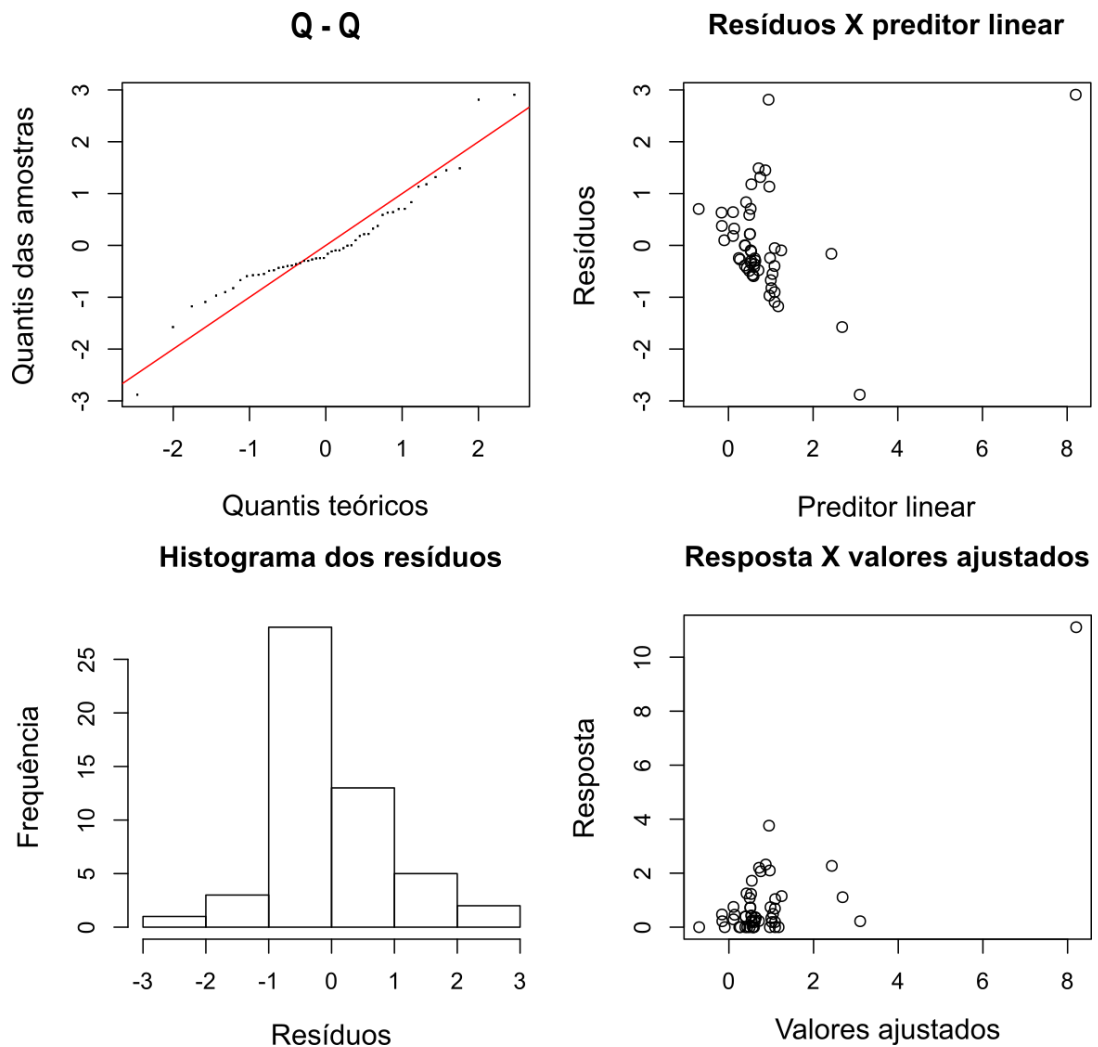
Apêndice 4.12 - Diagnóstico da relação entre *B. Paxillifera* e var. ambientais

Fórmula: $Bpa \sim s(PDO)$

Convergência total após oito iterações

	K	gle	índice K	p
s(X,Y)	9,00	8,14	1,02	0,5

Fig A4.12 - Diagnóstico do modelo da relação entre *B. paxillifera* e var. ambientais



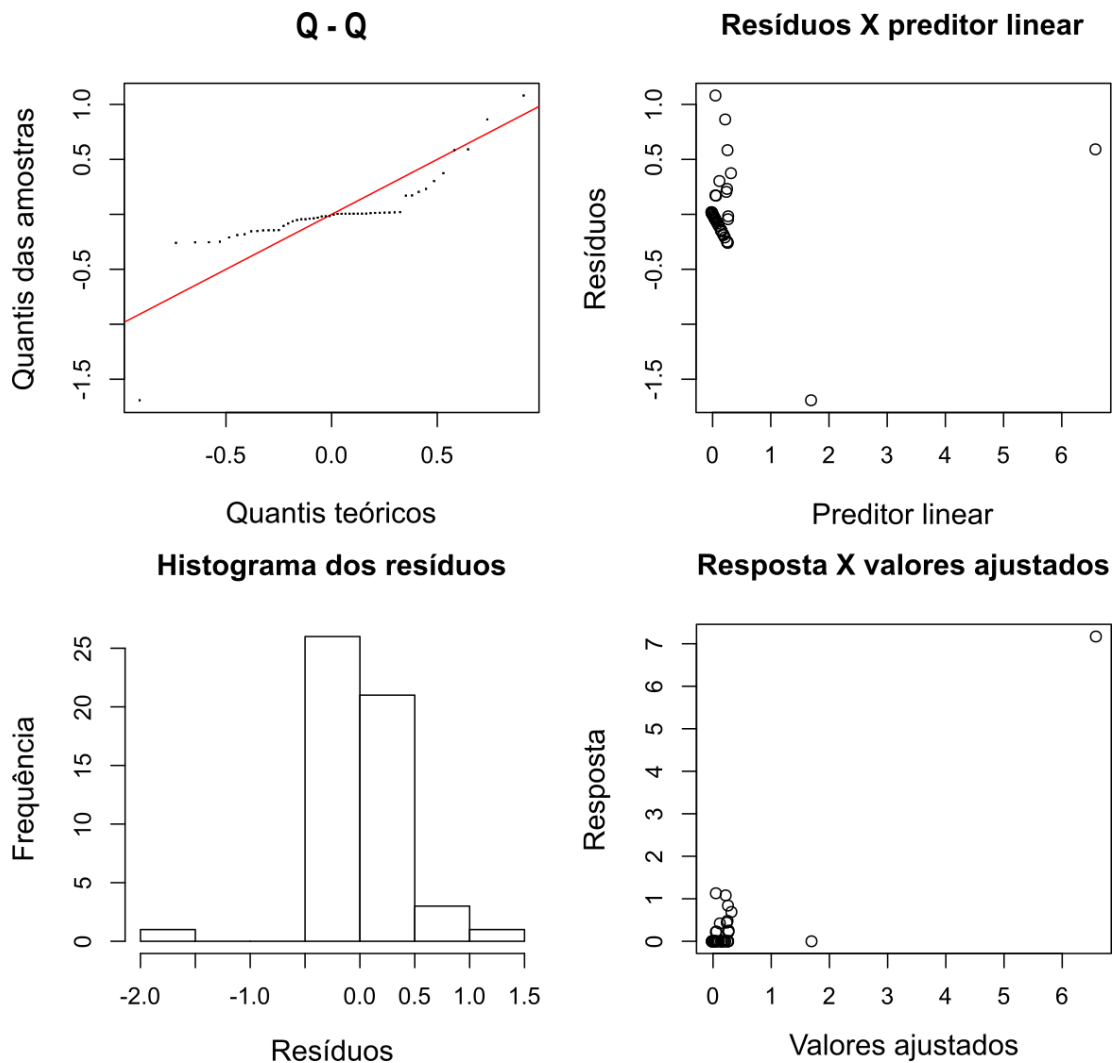
Apêndice 4.13 - Diagnóstico da relação entre *C. scutellum* e var. Ambientais

Fórmula: $Csc \sim s(PDO)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(PDO)	9,0	8,6	1,5	1

Fig A4.13 - Diagnóstico do modelo da relação entre *C. scutellum* e var. ambientais



Apêndice 4.14 - Diagnóstico da relação entre *Delphineis* sp1 e var. Ambientais

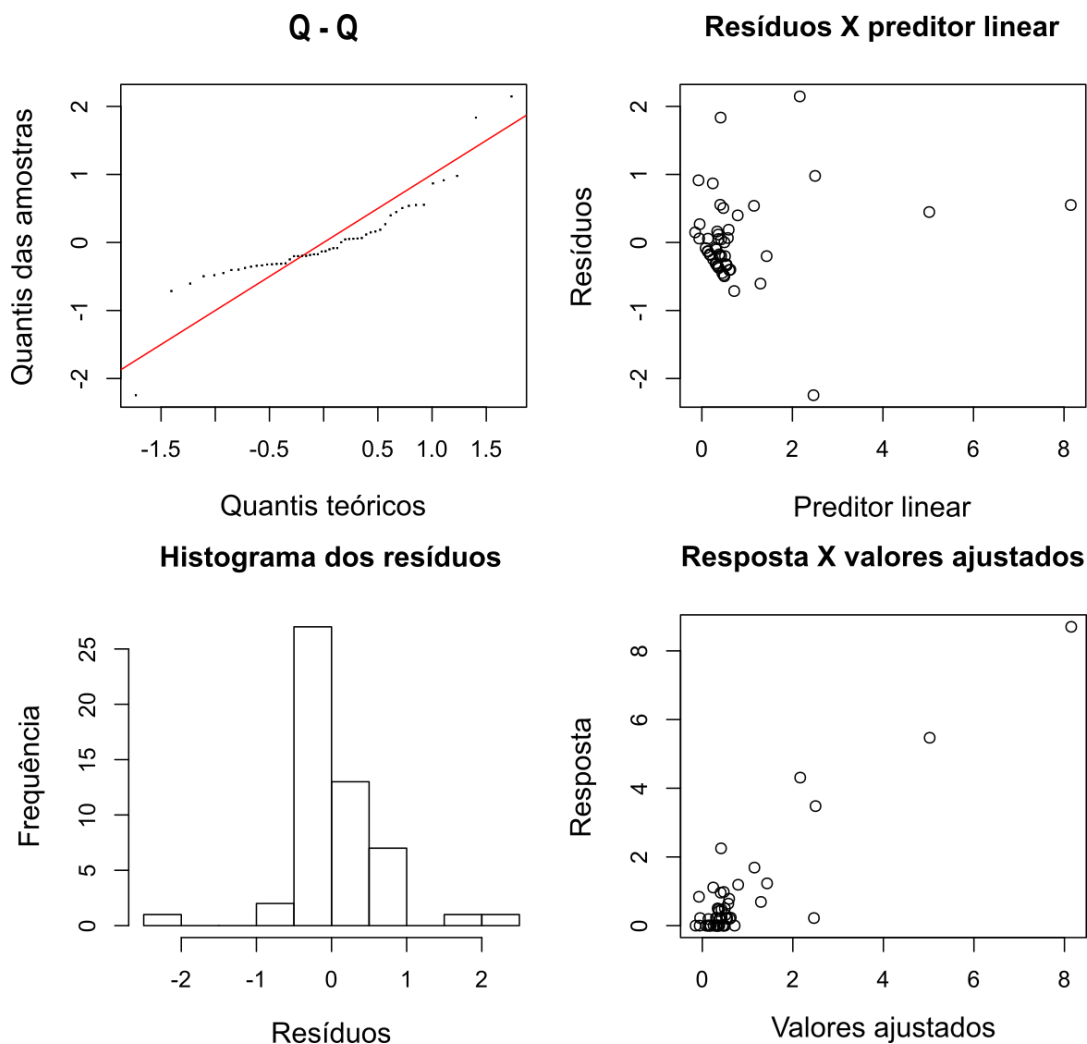
Fórmula: $De1 \sim s(\text{Sal}) + s(\text{F_Sand})$

Convergência total após dez iterações

Curvidade entre Sal e F_Sand: Pior caso = 43%

	K	gle	índice K	p
s(PDO)	9,00	8,08	1,11	0,75
s(F_Sand)	9,00	5,46	0,91	0,17

Fig A4.14 - Diagnóstico do modelo da relação entre *Delphineis* sp1 e var. ambientais



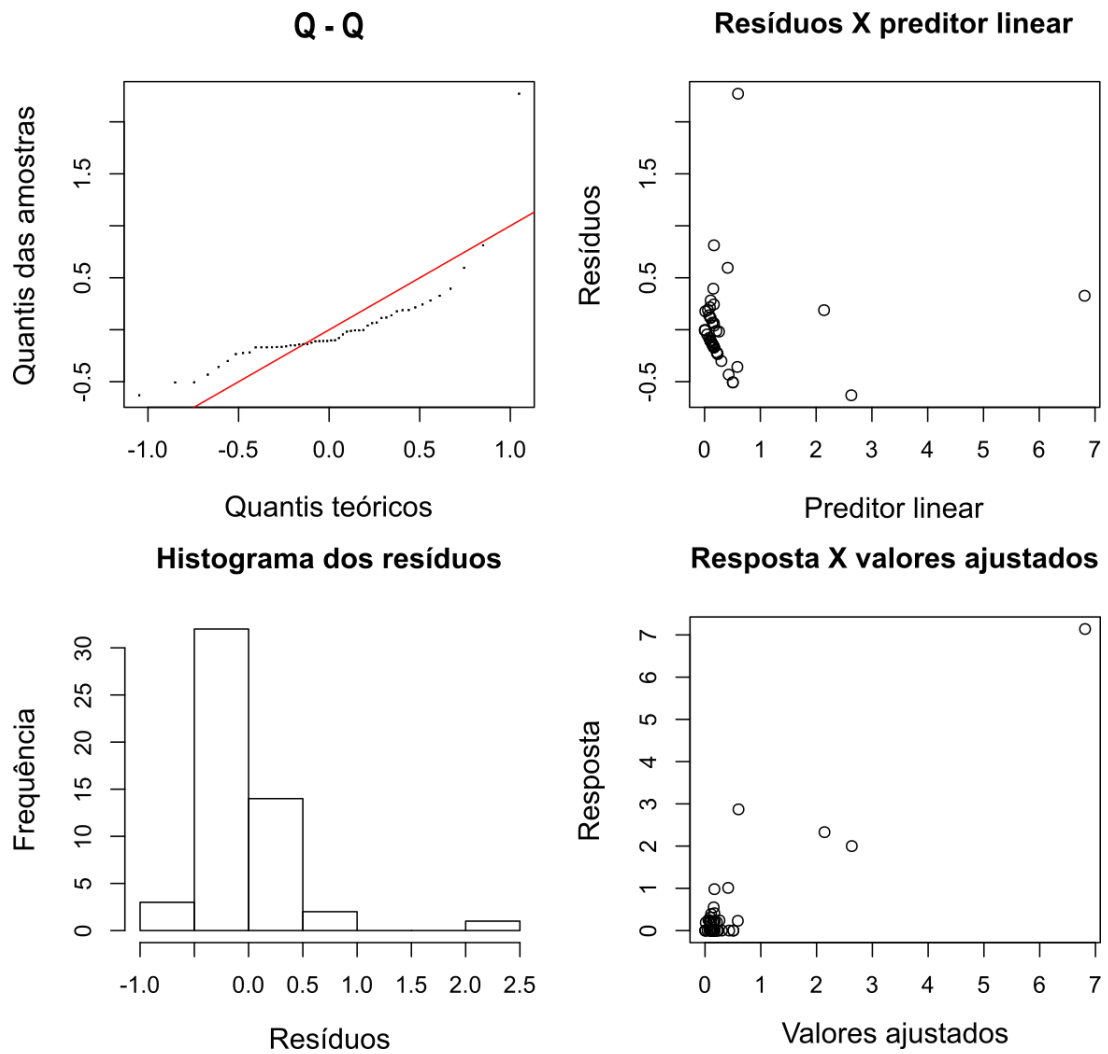
Apêndice 4.15 - Diagnóstico da relação entre *D. gessneri* e var. Ambientais

Fórmula: $Dge \sim s(Si)$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(si)	9,00	7,94	1,23	0,96

Fig A4.15 - Diagnóstico do modelo da relação entre *D. gessneri* e var. ambientais



Apêndice 4.16 - Diagnóstico da relação entre *Eunotogramma sp1* e var. Ambientais

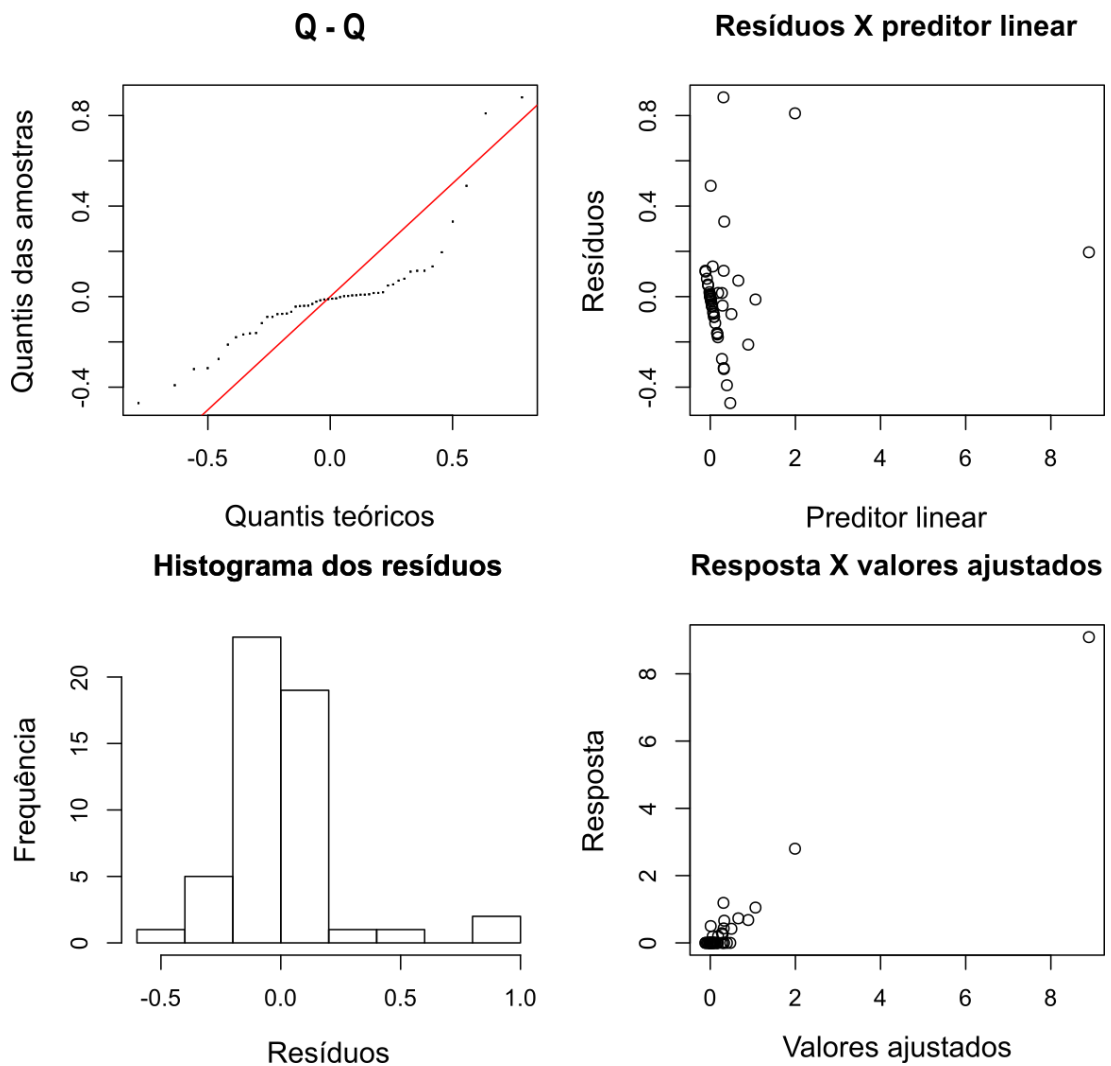
Fórmula: $Eu1 \sim s(PDO) + s(Sal) + s(PDO, Sal)$

Convergência total após oito iterações

Curvidade entre Sal e PDO: Pior caso = 47%

	K	gle	índice K	p
s(PDO)	9,00	1,0	1,14	0,81
s(Sal)	9,00	1,0	0,97	0,39
s(PDO,Sal)	27,00	24,4	1,58	1,00

Fig A4.16 - Diagnóstico do modelo da relação entre *Eunotogramma sp1* e var. ambientais



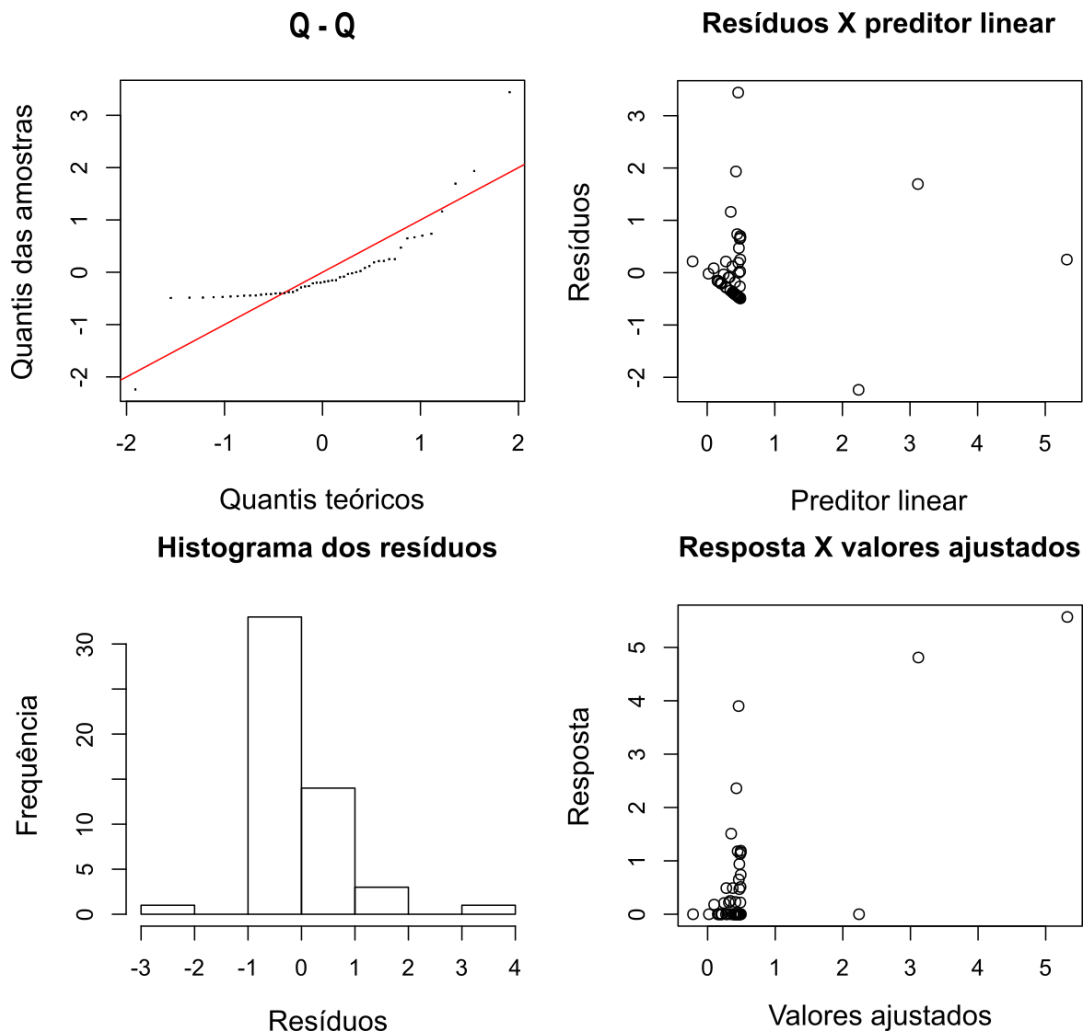
Apêndice 4.17 - Diagnóstico da relação entre *Fallacia sp1* e var. Ambientais

Fórmula: $Fa1 \sim s(\text{SPM})$

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(SPM)	9,00	3,99	1,20	0,86

Fig A4.17 - Diagnóstico do modelo da relação entre *Fallacia sp1* e var. ambientais



Apêndice 4.18 - Diagnóstico da relação entre *F. forcipata* e var. Ambientais

Fórmula: $F_{fo} \sim s(\text{SPM}) + s(\text{NH}_3) + s(\text{C_Sand}) + ti(\text{SPM}, \text{C_Sand})$

Convergência total após oito iterações

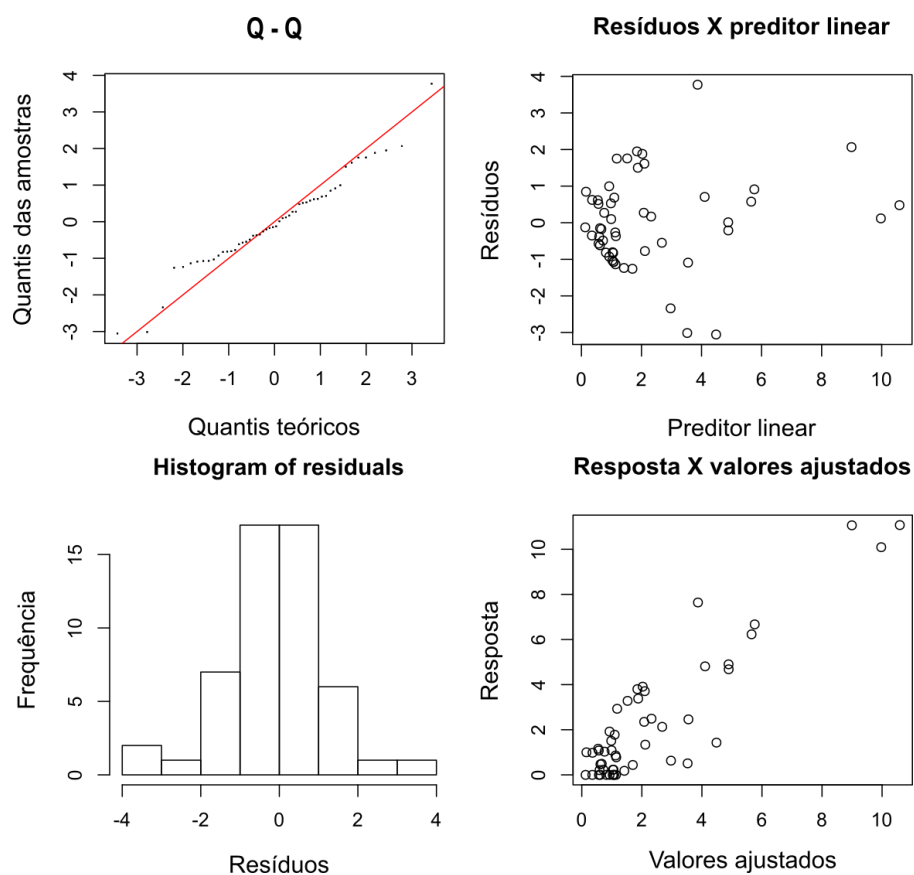
Curvidade entre SPM e NH3: Pior caso = 61%

Curvidade entre C_Sand e NH3: Pior caso = 47%

Curvidade entre SPM e C_Sand: Pior caso = 42%

	K	gle	índice K	p
s(SPM)	9,00	3,48	0,83	0,085
s(NH3)	9,00	1,00	0,80	0,090
s(C_Sand)	9,00	5,01	1,07	0,605
ti(SPM,C_Sand)	16,00	3,95	1,24	0,950

Fig A4.18 - Diagnóstico do modelo da relação entre *F. forcipata* e var. ambientais



Apêndice 4.19 - Diagnóstico da relação entre *F. nummularia* e var. Ambientais

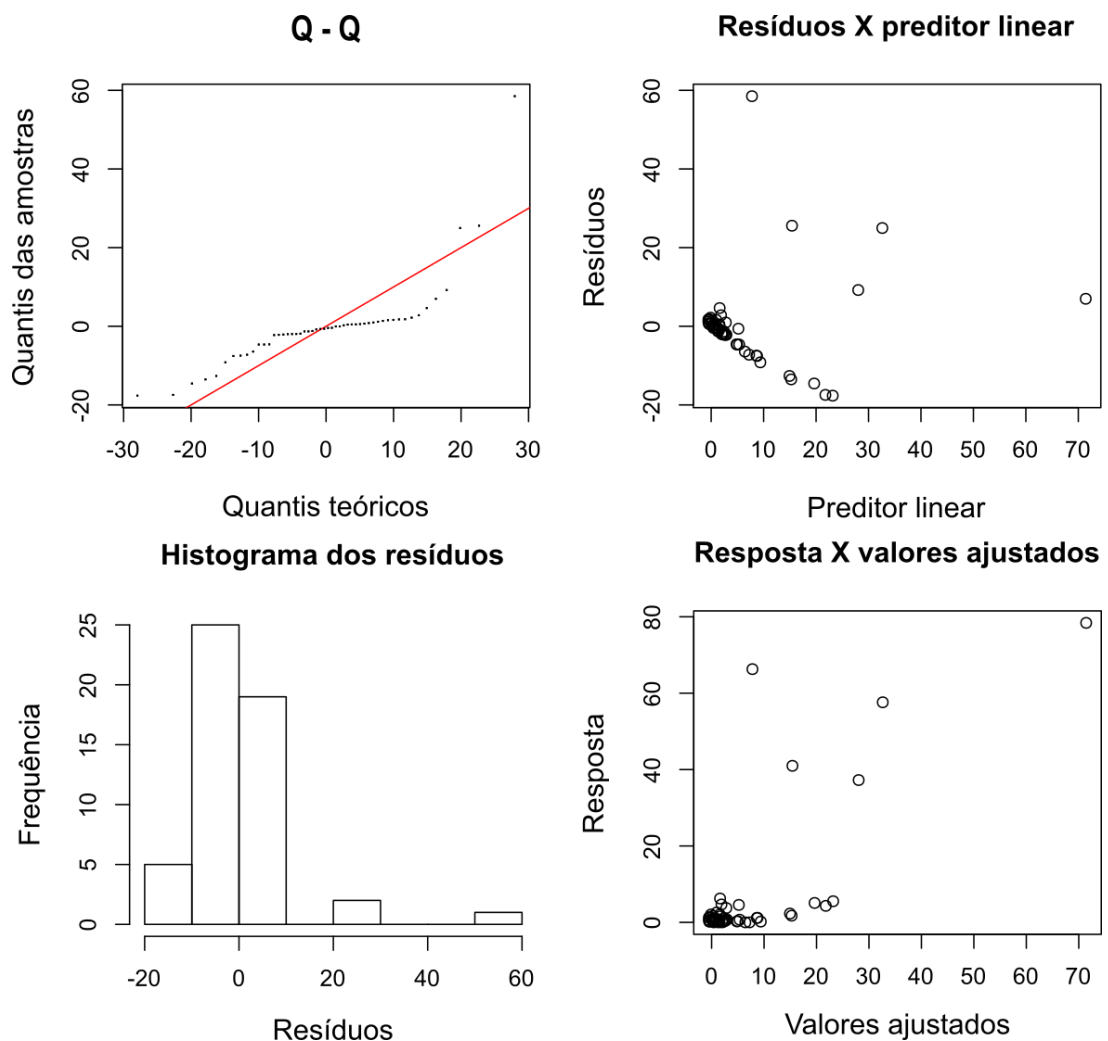
Fórmula: $Fnu \sim s(C_Sand) + s(SPM)$

Convergência total após 11 iterações

Curvidade entre SPM e C_Sand: Pior caso = 58%

	K	gle	índice K	p
s(SPM)	9,00	4,78	0,98	0,38
s(C_Sand)	9,00	1,00	1,08	0,72

Fig A4.19 - Diagnóstico do modelo da relação entre *F. nummularia* e var. ambientais



Apêndice 4.20 - Diagnóstico da relação entre *M. ovata* e var. Ambientais

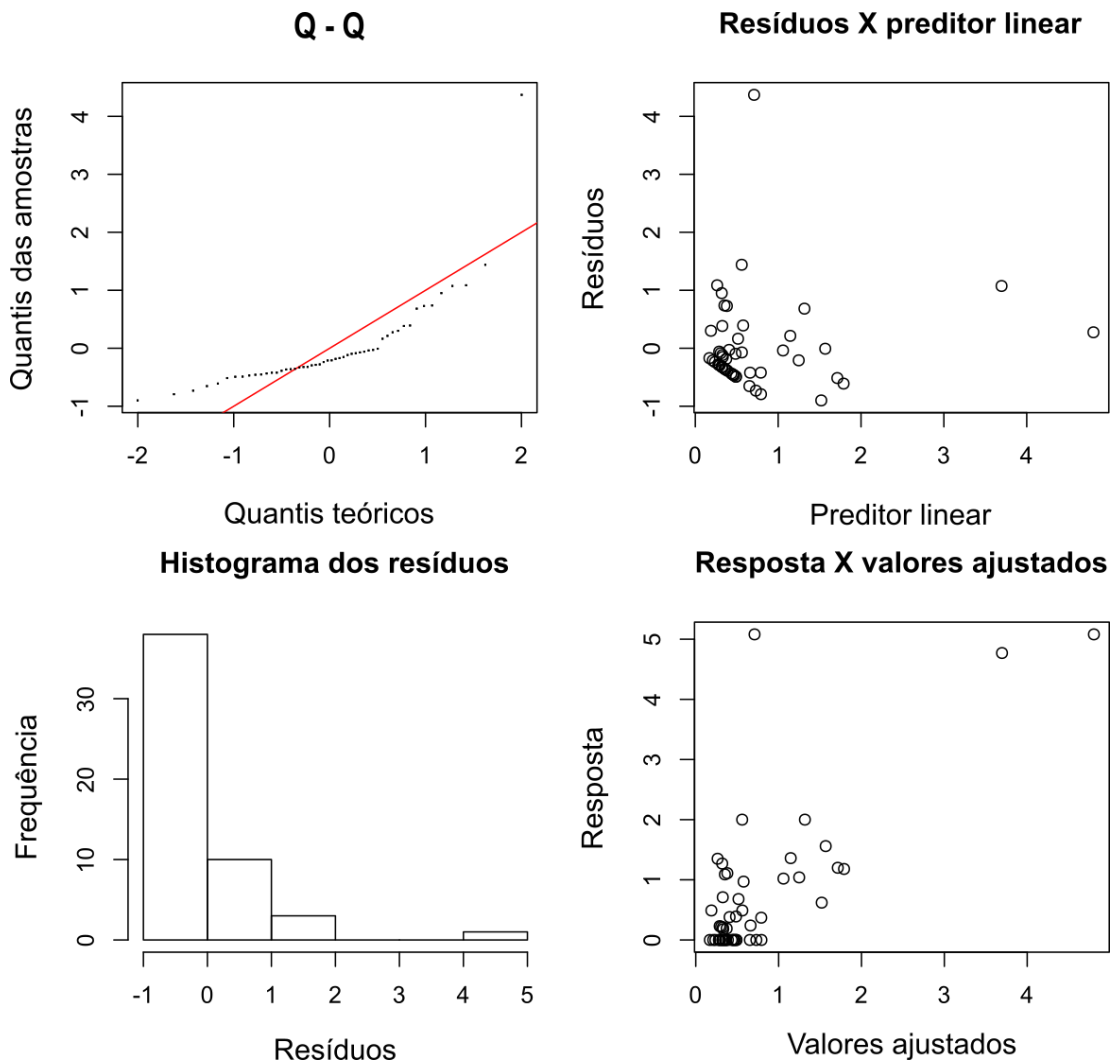
Fórmula: $Mov \sim s(SPM) + s(C_Sand)$

Convergência total após 11 iterações

Curvidade entre SPM e C_Sand: Pior caso = 58%

	K	gle	índice K	p
s(SPM)	9,00	5,48	0,90	0,16
s(C_Sand)	9,00	1,00	1,21	0,98

Fig A4.20 - Diagnóstico do modelo da relação entre *M. ovata* e var. ambientais



Apêndice 4.21 - Diagnóstico da relação entre *Nitzschia* sp1 e var. Ambientais

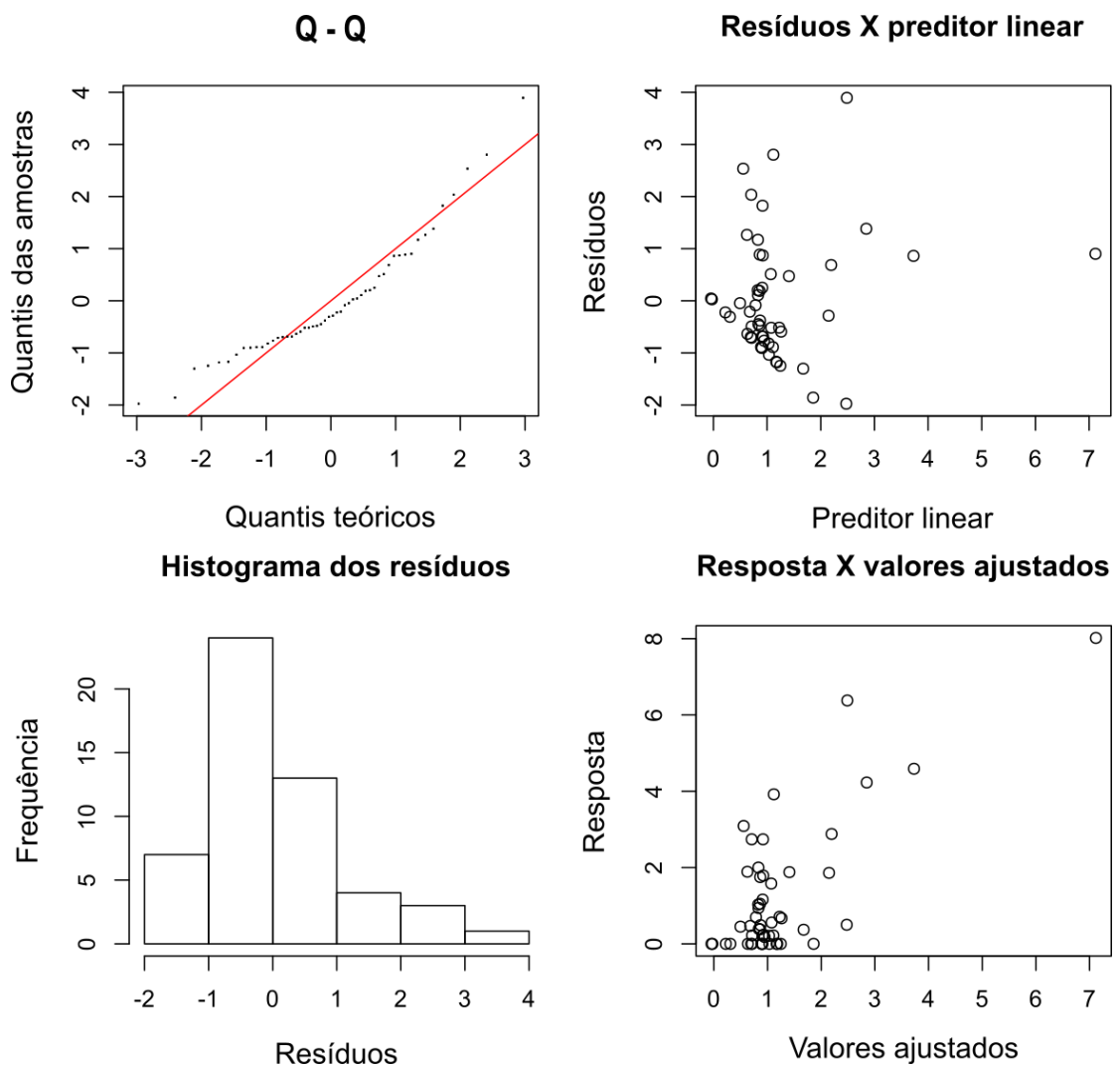
Fórmula: $Ni1 \sim s(\text{Gravel}) + s(\text{M_Sand})$

Convergência total após oito iterações

Curvidade entre SPM e C_Sand: Pior caso = 49%

	K	gle	índice K	p
s(Gravel)	9,00	6,11	0,94	0,39
s(M_Sand)	9,00	1,89	1,20	0,94

Fig A4.21 - Diagnóstico do modelo da relação entre *Nitzschia* sp1 e var. ambientais



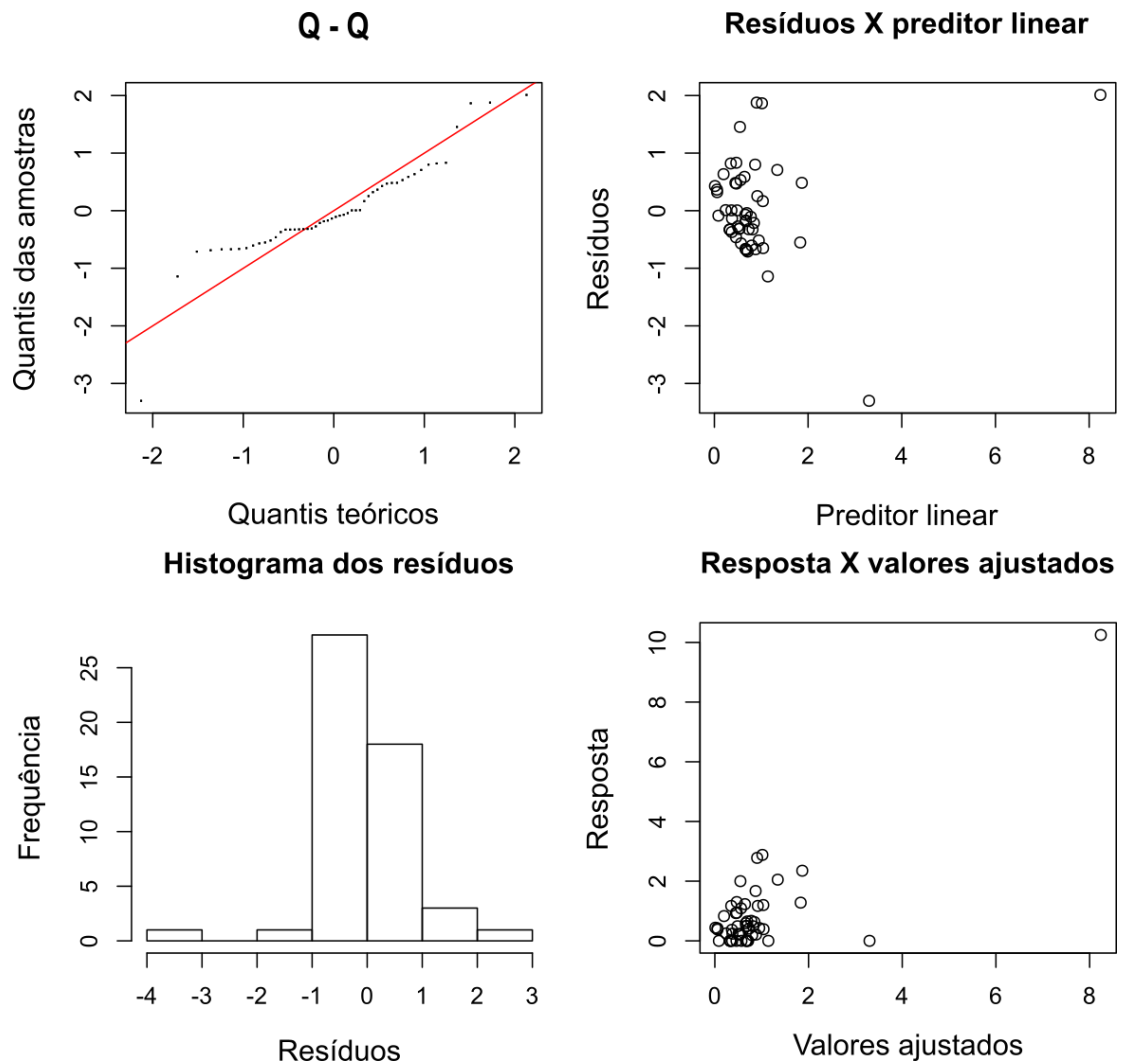
Apêndice 4.22 - Diagnóstico da relação entre *O. olsenii* e var. Ambientais

Fórmula: $OOL \sim s(\text{Sal})$

Convergência total após sete iterações

	K	gle	índice K	p
s(Sal)	9,00	8,18	1,06	0,66

Fig A4.22 - Diagnóstico do modelo da relação entre *O. olsenii* e var. ambientais



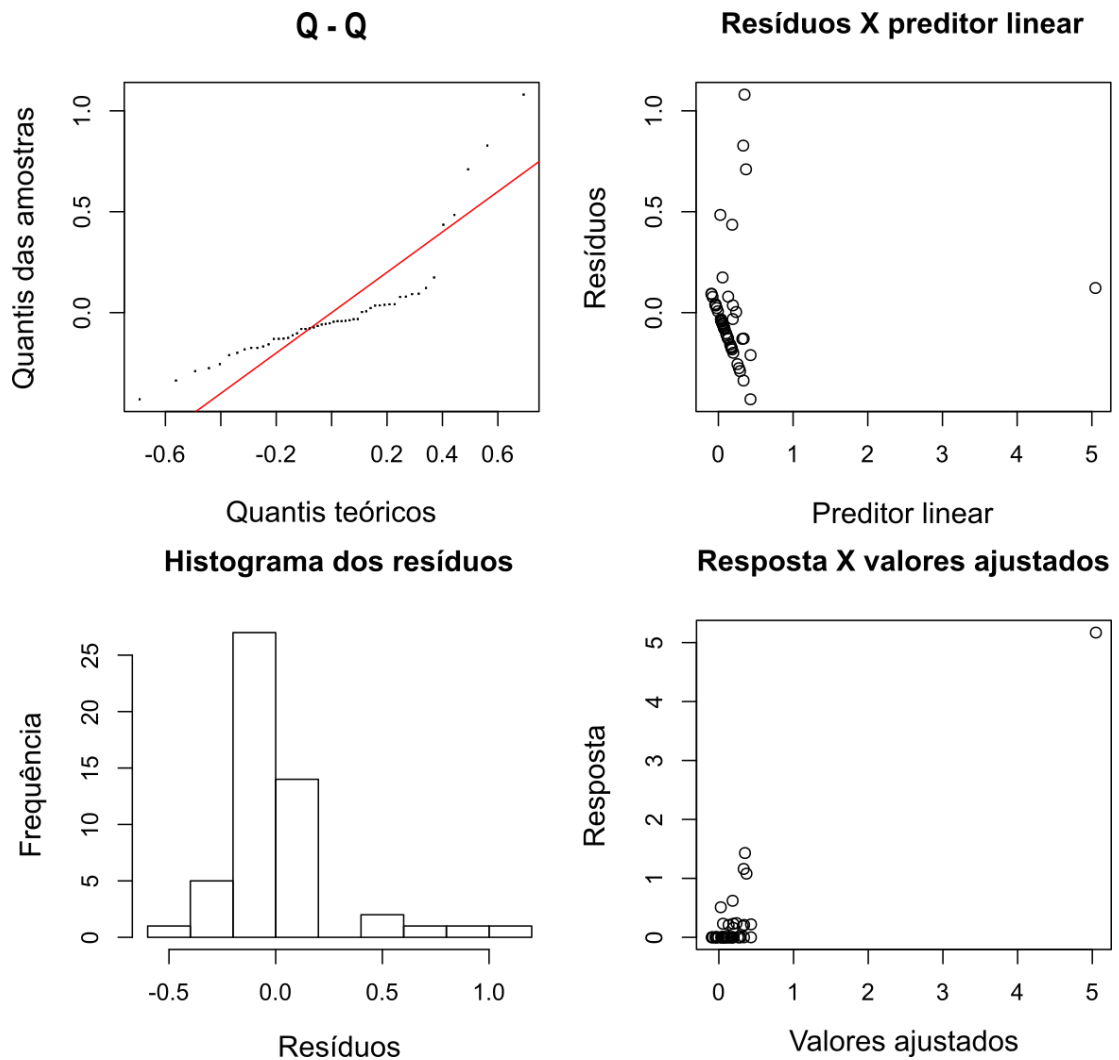
Apêndice 4.23 - Diagnóstico da relação entre *Planothidium* sp1 e var. Ambientais

Fórmula: PA1 ~ s(F_Sand)

Convergência total após seis iterações

	K	gle	índice K	p
s(Sal)	9,00	8,15	1,25	0,98

Fig A4.23 - Diagnóstico do modelo da relação entre *Planothidium* sp1 e var. ambientais



Apêndice 4.24 - Diagnóstico da relação entre *P. septentrionalis* e var. Ambientais

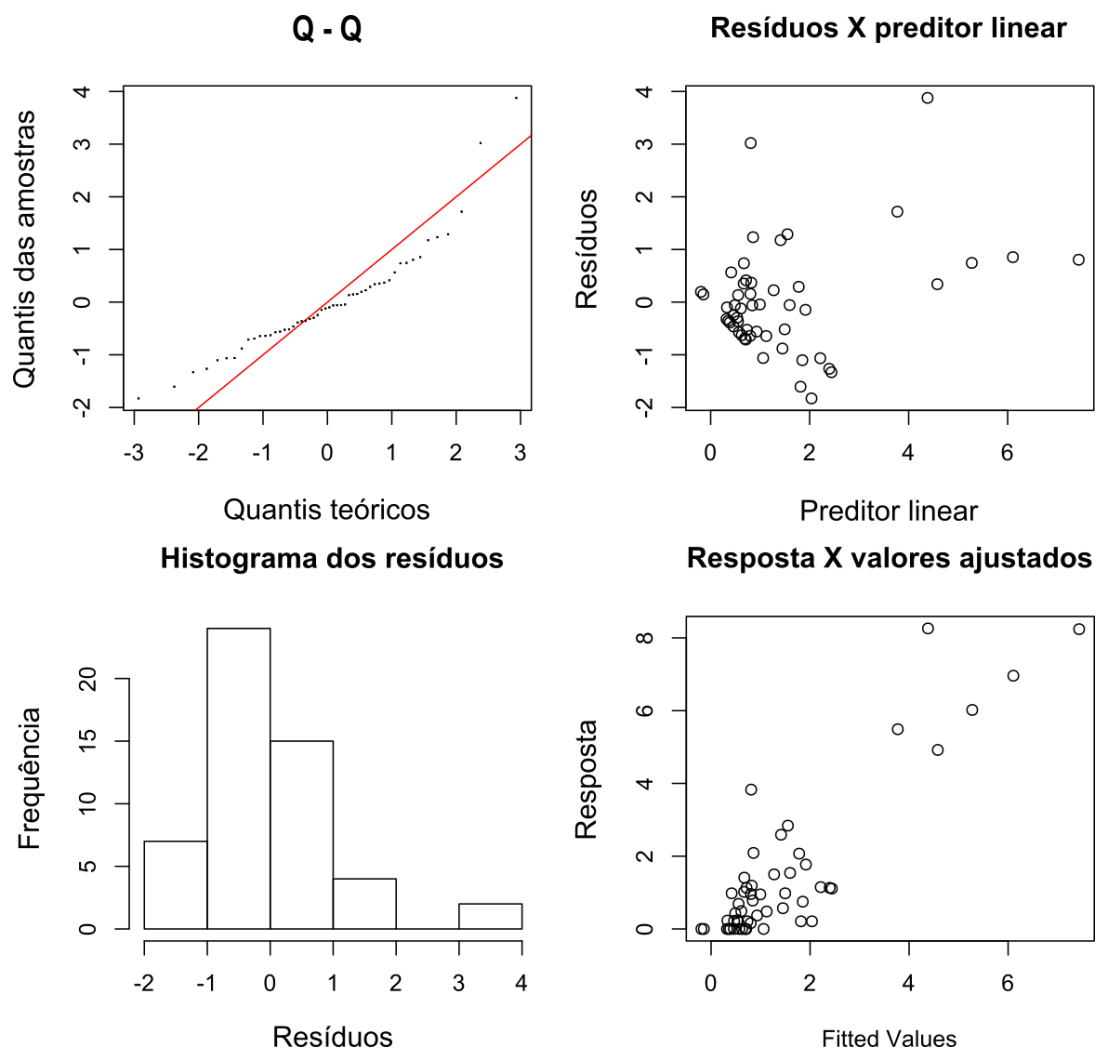
Fórmula: $Pse \sim s(\text{SPM}) + s(\text{PDO}) + s(\text{SPM}, \text{PDO})$

Convergência total após nove iterações

Curvidade entre SPM e PDO: Pior caso = 46%

	K	gle	índice K	p
s(SPM)	9,00	1,0	1,02	0,43
s(PDO)	9,00	1,0	0,95	0,30
s(SPM,PDO)	27,0	15,2	1,15	0,79

Fig A4.24 - Diagnóstico do modelo da relação entre *P. septentrionalis* e var. ambientais



APÊNDICE 5 - DIAGNÓSTICO DA FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA

Fig A5.1 - Diagnóstico da função de transferência para salinidade

