Capítulo 11

Caracterização das Florestas de Mangue

Autores do Capítulo

Núcleo de Estudos de Geoquímica e Ecologia Marinha Costeira - UERJ

Me. Alex Alves

Ma. Carla Muniz Sabino

Prof. Dr. Filipe de Oliveira Chaves

Bel. Lucas Silva Pereira

Ma. Maria Rita Olyntho Machado

Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares

Coordenação Adjunta

Ma. Carla Muniz Sabino

Colaboradores

Ma. Ana Carolina Nunes Teixeira

Bel. Breno Henrique de Souza

Ma. Carolina dos Santos Cardoso

Bela. Edineuza dos Santos Rosários

Ma. Laura Camila Moreno Tarquino

Dr. Lucas Costa Monteiro Lopes

Dr. Marciel Rocha de Medeiros Estevam

Dr. Salustiano Vilar da Costa Neto

Tiago Assunção Pena

Dr. Valdenira Ferreira dos Santos

Coordenação Científica do Projeto Costa Norte

Profa. Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz - ESPAÇO/UFRJ

Prof. Dr. Filipe de Oliveira Chaves - NEGEMC/UERJ

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini - PROOCEANO

Prof. Dr. Luiz Paulo de Freitas Assad - LAMCE/UFRJ

Prof. Dr. Marcelo Rollnic - LAPMAR/UFPA

Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares - NEGEMC/UERJ

Coordenação Geral do Projeto

Ma. Maria Eduarda Pessoa- ENAUTA

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini - PROOCEANO

Bela. Anne Goni Guedes - ENAUTA

Bela. Dyellen Soares Queiroz - ENAUTA

Coordenação de Comunicação do Projeto

Frederico Luna Rinaldi - PROOCEANO

Rebeca Kiperman - ENAUTA

SOARES, M.L.G., CHAVES, F.O., SABINO, C.M., MACHADO, M.R.O., ALVES, A., PEREIRA, L.S., “Caracterização das Florestas de Mangue”, Capítulo 11. Em: Projeto Costa Norte, Desenvolvimento de Metodologias para o entendimento de processos costeiros e estuarinos e da vulnerabilidade de florestas de mangue na Margem Equatorial Brasileira. v.2. Rio de Janeiro (BR), 2020.

Sumário

11. CARACTERIZAÇÃO DAS FLORESTAS DE MANGUE 1147
11.1. Introdução 1147
11.2. Objetivos 1150
11.3. Métodos 1150
11.3.1. Planejamento de Campanhas 1151
11.3.1.1. Cadernos de Campo 1155
11.3.1.2. Tipos de estações de coleta de dados 1164
11.3.1.3. Identificação de campanhas e estações de coleta 1165
11.3.2. Execução de Campanhas e Coleta de Dados 1165
11.3.2.1. Campanhas realizadas 1165
11.3.2.2. Coleta de dados 1166
11.3.2.2.1. Parâmetros de estrutura vegetal 1166
11.3.2.2.2. Parâmetros físico-químicos 1168
11.3.3. Tratamento e Análise dos Dados 1170
11.3.3.1. Tratamento dos dados de estrutura vegetal 1170
11.3.3.1.1. Altura média e altura média do dossel 1170
11.3.3.1.2. Área basal 1170
11.3.3.1.3. DAP médio 1170
11.3.3.1.4. Densidade de troncos 1171
11.3.3.1.5. Dominância relativa 1171
11.3.3.2. Tratamento dos dados de físico-química e salinidade 1171
11.3.3.3. Análise dos dados de estrutura vegetal 1172
11.3.3.3.1. Análise do Desenvolvimento Estrutural das Florestas 1172
11.3.3.3.2. Identificação das Fitofisionomias 1175
11.4. Campanhas de Coleta de Dados 1177
11.4.1. Baía de Turiaçu (MA) 1177
11.4.2. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA) 1186
11.4.3. Sistema Costeiro de Soure (PA) 1191
11.4.4. Sistema Costeiro de Sucuriju (AP) 1202
11.5. Fitossociologia 1207
11.5.1. Florestas de Mangue na Baía de Turiaçu (MA) 1207
11.5.1.1. Descrição geral 1207
11.5.1.2. Desenvolvimento estrutural 1227

11.5.1.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue 1229
11.5.1.4. Fitofisionomias 1230
11.5.1.4.1. Descrição das Fitofisionomias 1236
11.5.1.4.2. Síntese das Fitofisionomias 1268
11.5.2. Florestas de Mangue no Estuário de São Caetano de Odivelas (PA) 1272
11.5.2.1. Descrição geral 1272
11.5.2.2. Desenvolvimento estrutural 1289
11.5.2.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue 1290
11.5.2.4. Fitofisionomias 1291
11.5.2.4.1. Descrição das Fitofisionomias 1295
11.5.2.4.2. Síntese das Fitofisionomias 1311
11.5.3. Floresta de Mangue Sistema Costeiro de Soure (PA) 1315
11.5.3.1. Descrição geral 1315
11.5.3.2. Desenvolvimento estrutural 1329
11.5.3.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue 1331
11.5.3.4. Vistoria dos manguezais no norte da Ilha de Marajó (PA) 1332
11.5.3.4.1. Descrição geral 1332
11.5.3.4.2. Relações com o Mapeamento Digital 1336
11.5.3.5. Fitofisionomias 1337
11.5.3.5.1. Descrição das Fitofisionomias 1340
11.5.3.5.2. Síntese das Fitofisionomias 1357
11.5.4. Florestas de Mangue do Sistema Costeiro de Sucuriju (AP). 1359
11.5.4.1. Descrição geral 1359
11.5.4.2. Desenvolvimento estrutural 1369
11.5.4.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue 1371
11.5.4.4. Fitofisionomias 1372
11.5.4.4.1. Descrição das Fitofisionomias 1375
11.5.4.4.2. Síntese das Fitofisionomias 1385
11.5.5. Desenvolvimento Estrutural dos Manguezais da Margem Equatorial Brasileira 1388
11.6. Considerações sobre a Identificação e Mapeamento das Fitofisionomias 1391
11.7. Referências 1420

Índice de Figuras

Figura 11-1: Localização das áreas de estudo. I - Sistema Costeiro de Sucuriju (AP); II - Sistema Costeiro de Soure (PA); II - São Caetano de Odivelas (PA); IV - Baía de Turiaçu (MA). 1148
Figura 11-2: Etapas de desenvolvimento para mapear fitofisionomias em florestas de mangue (no setor verde, atividades desenvolvidas pelo NEGEMC - Núcleo de Estudos em Geoquímica e Ecologia Marinha e Costeira; em azul, as atividades desenvolvidas pelo laboratório ESPAÇO - ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais do Departamento de Geografia da UFRJ 1151
Figura 11-3: Travessia de canal por cima de árvores caídas, estuário de São Caetano de Odivelas (PA). . 1153
Figura 11-4: Caminhada em banco de lama para acessar a floresta de mangue, estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1154
Figura 11-5: Forte chuva na floresta de mangue, estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1154
Figura 11-6: Etapas desenvolvidas para elaboração dos Cadernos de Campo (no setor verde, atividades desenvolvidas pelo NEGEMC/UERJ; em azul, as desenvolvidas no laboratório ESPAÇO/UFRJ). 1156
Figura 11-7: Estratégia de indicação de estações de medição e vistoria, adotada nas áreas de estudo estuário de São Caetano de Odivelas (PA); sistema costeiro de Soure (PA) e sistema costeiro de Sucuriju (AP). As formas geométricas representam as estações e as linhas representam os acessos. Cada número indica uma estação de medição e as letras indicam as estações alternativas. 1162
Figura 11-8: Estratégia de seleção de polígonos, adotada na área de estudo Baía de Turiaçu (MA). As formas geométricas representam os polígonos de amostragem e as linhas tracejadas representam os acessos. Cada número indica um polígono de amostragem e as letras indicam os polígonos alternativos. 1163
Figura 11-9: Caderno de Campo, usado para apoio na localização durante as campanhas de campo no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). À esquerda, visão completa do estuário, à direita, detalhe de três articulações. 1164
Figura 11-10: Medição de altura de árvore; a distância necessária para que a medida seja tomada não permite visualizar o indivíduo medido; ao fundo floresta de *Rhizophora* spp. e *Avicennia* spp. no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1167
Figura 11-11: Medição de diâmetro à altura do peito - DAP - de um indivíduo de *Rhizophora* spp., acima do rizóforo mais alto, para evitar medição em áreas deformadas do tronco, conforme orienta o Protocolo de Campo. 1168
Figura 11-12: Medição de Eh e pH em sedimento da floresta de mangue. Equipamentos de medição de pH e Eh, no detalhe. 1169
Figura 11-13: Medição da salinidade da água intersticial através de refratômetro. 1169
Figura 11-14: Localidades importantes para apoio à realização das campanhas na Baía de Turiaçu (MA). 1178
Figura 11-15: Estações medidas e vistoriadas nas cinco campanhas realizadas na Baía de Turiaçu (MA). 1179
Figura 11-16: Rua principal do povoado de Sababa, Baía de Turiaçu (MA). 1180
Figura 11-17: Descanso nas redes em locais gentilmente disponibilizados pelos moradores de Cunhã-Coema, Baía de Turiaçu (MA). 1180
Figura 11-18: Casa onde a equipe foi acolhida em Sababa, Baía de Turiaçu (MA). 1181
Figura 11-19: Porto em Apicum Açu (MA), onde foi feito contato com proprietários e pilotos de um dos barcos usados nas campanhas, Baía de Turiaçu (MA). 1182
Figura 11-20: Meandros do rio Bitiua, margeado pela extensa floresta de mangue, baía de Turiaçu (MA). 1183
Figura 11-21: Embarcação usada em transporte entre localidades na porção oeste da Baía de Turiaçu (MA). 1184

Figura 11-22: Caminhada em praia próxima ao Bitiua, para acessar a embarcação, em sedimento exposto durante maré baixa, Baía de Turiaçu (MA). 1184
Figura 11-23: Pôr do sol sobre os manguezais na Baía de Turiaçu (MA). 1185
Figura 11-24: Medição de DAP em floresta retorcida de *Rhizophora* spp., tipo de arquitetura comumente encontrada na região da Baía de Turiaçu (MA). 1185
Figura 11-25: Planície hipersalina rodeada por florestas de mangue na região da Baía de Turiaçu (MA). 1186
Figura 11-26: Equipe técnica da campanha TUR#5, Baía de Turiaçu (MA). 1186
Figura 11-27: Pequeno porto do mercado de peixe na margem do rio Mojuim, rio que margeia a cidade de São Caetano de Odivelas (PA). Na margem oposta é possível observar uma exuberante floresta de mangue. 1187
Figura 11-28: Equipe técnica no barco atracado na margem do rio para acessar as áreas de manguezal, estuário de São Caetano de Odivelas (PA)..... 1187
Figura 11-29: Emaranhado de rizóforos à beira do canal, estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1188
Figura 11-30: Equipe técnica da primeira campanha (SCO#1) no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1188
Figura 11-31: Franja da floresta de mangue em curva de rio, estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1189
Figura 11-32: Estações medidas e vistoriadas nas três campanhas realizadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA) e na campanha de instalação do marégrafo (SCO#vist). 1190
Figura 11-33: Região próxima à Ponta do Maguari, onde foi realizada a campanha de reconhecimento. A linha amarela marca o trajeto do deslocamento da equipe registrado no GPS, sistema costeiro de Soure (PA)..... 1192
Figura 11-34: Mapa da Realocação das estações a nordeste do sistema costeiro de Soure (PA), em virtude das condições de insegurança. À esquerda (A), planejamento inicial; à direita (B), estações realocadas. As setas indicam a realocação das estações. 1193
Figura 11-35: Preparação do pickup 4X4 para início do deslocamento até Araraquara, sistema costeiro de Soure (PA)..... 1194
Figura 11-36: Toboca (*Guadua spp.*), vegetação terrestre associada ao mangue, relacionada à presença de água doce no sistema. Igarapé Araraquara, sistema costeiro de Soure (PA). 1195
Figura 11-37: Margem de canal com destacada presença de aninga (*Montrichardia arborescens*), vegetação de várzea, sistema costeiro de Soure (PA). 1195
Figura 11-38: Floresta de *Rhizophora* spp., com vegetação terrestre ao fundo, sistema costeiro de Soure (PA)..... 1196
Figura 11-39: Floresta de *Rhizophora* spp. margeando um igarapé, sistema costeiro de Soure (PA). 1196
Figura 11-40: Caminhada ao longo da costa, carregando o equipamento de campo em uma bicicleta, e indivíduos de *Rhizophora* spp. em segundo plano. Sistema costeiro de Soure (PA). 1197
Figura 11-41: Acesso às áreas de medição, sistema costeiro de Soure (PA). 1198
Figura 11-42: Floresta de *Rhizophora* spp., sistema costeiro de Soure (PA)..... 1198
Figura 11-43: Floresta com presença de espécies associadas a manguezais, como tabocal (*Olyra* spp.), sistema costeiro de Soure (PA)..... 1199
Figura 11-44: Floresta com presença de espécies associadas a manguezais, como aninga (*Montrichardia arborescens*) em primeiro plano e tabocal (*Olyra* spp.) ao fundo, sistema costeiro de Soure (PA)..... 1199
Figura 11-45: Almoço da equipe à margem do igarapé, sistema costeiro de Soure (PA). 1200
Figura 11-46: Equipe técnica da campanha SOU#2, sistema costeiro de Soure (PA). 1200
Figura 11-47: Estações medidas e vistoriadas nas três campanhas de medição e em duas campanhas de reconhecimento realizadas no sistema costeiro de Soure (PA)..... 1201
Figura 11-48: Trajeto entre Macapá e Amapá (terrestre) e entre Amapá e Sucuriju (hidroviário)..... 1202

Figura 11-49: Base do ICMBio na Vila de Sucuriju, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1203
Figura 11-50: Embarcação utilizada no trajeto entre a cidade do Amapá e Sucuriju com as provisões acondicionadas em bombonas, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1204
Figura 11-51: Rio Sucuriju, em frente a vila, em condição de maré baixa, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1204
Figura 11-52: Estações medidas e vistoriadas nas duas campanhas realizadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1205
Figura 11-53: Equipe de campo e de apoio da campanha SUC#2, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1206
Figura 11-54: Floresta de *Avicennia* spp. de alto desenvolvimento estrutural na costa oeste da área de estudo, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1206
Figura 11-55: Área permanentemente alagada, onde *Rhizophora* spp. crescem juntas, formando ilhas, nas proximidades do Lago Piratuba, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1207
Figura 11-56: Estações de medição e vistoria da Baía de Turiaçu (MA). O polígono com contorno em azul indica os limites da área de estudo e os retângulos, as áreas que serão ampliadas para melhor visualização dos resultados: estuário externo oeste; estuário interno e estuário externo leste. 1209
Figura 11-57: Estações de medição e vistoria no estuário interno, estuário externo oeste e estuário externo leste da Baía de Turiaçu (MA). 1210
Figura 11-58: Dominância relativa das espécies de mangue na Baía de Turiaçu (MA). 1213
Figura 11-59: Dominância relativa das espécies de mangue (%) nas estações de medição da Baía de Turiaçu (MA). 1214
Figura 11-60: Dominância relativa das espécies de mangue (%) nas estações de medição no estuário interno, estuário externo oeste e estuário externo leste da Baía de Turiaçu (MA). 1215
Figura 11-61: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição na Baía de Turiaçu (MA). 1217
Figura 11-62: Altura média das florestas (m) e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA). 1219
Figura 11-63: Distribuição relativa das estações de medição por classes de altura do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) na Baía de Turiaçu (MA). 1220
Figura 11-64: DAP médio (cm) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA). 1221
Figura 11-65: Área basal ($m^2.ha^{-1}$) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA). 1222
Figura 11-66: Densidade ($tr.ha^{-1}$) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA). As estações 1A,10C e Cara apresentam densidade muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessas estações está indicado logo acima das respectivas barras. 1224
Figura 11-67: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição da Baía de Turiaçu (MA). 1225
Figura 11-68: Distribuição relativa das estações de medição nas classes de densidade de troncos vivos na Baía de Turiaçu (MA). 1226
Figura 11-69: Floresta de mangue com alta densidade de troncos, exemplificada pela estação 1A, com 25.200 $tr.ha^{-1}$, na Baía de Turiaçu (MA). 1226
Figura 11-70: Floresta de mangue com densidade intermediária de troncos, exemplificada pela estação 105B, com 2.333 $tr.ha^{-1}$, na Baía de Turiaçu (MA). 1227
Figura 11-71: Densidade ($tr.ha^{-1}$) e DAP médio (cm) das estações medidas da Baía de Turiaçu (MA). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): $y= 74960\ x^{-1,493}$. 1228
Figura 11-72: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA). Cada

grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 15, como indicado pela linha vermelha vertical. 1232
Figura 11-73: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue na Baía de Turiaçu (MA). 1234
Figura 11-74: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue no estuário interno, estuário externo oeste e estuário externo leste da Baía de Turiaçu (MA). 1235
Figura 11-75: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição da Baía de Turiaçu, MA. Estações agrupadas por fitofisionomia. Av = *Avicennia* spp.*;* Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp. 1237
Figura 11-76: DAP médio por estação de medição da Baía de Turiaçu (MA) agrupadas por fitofisionomias. 1238
Figura 11-77: Densidade por estações de medição da Baía de Turiaçu (MA) agrupadas por fitofisionomia. As estações cara, 10C e 1A apresentam densidades muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessa estação está indicado logo acima da sua barra. 1239
Figura 11-78: Altura média e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) por estação de medição da Baía de Turiaçu (MA) estações agrupadas por fitofisionomias. 1240
Figura 11-79: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 1, estação 104C, onde é possível observar indivíduos de *Laguncularia racemosa*, com baixo desenvolvimento estrutural. Baía de Turiaçu (MA). 1244
Figura 11-80: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 2, estação 60C, onde é possível observar indivíduos de *Rhizophora spp.* com desenvolvimento estrutural baixo. Baía de Turiaçu (MA). 1245
Figura 11-81: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 3, estação 200, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia* spp. e *Laguncularia racemosa* com desenvolvimento estrutural intermediário, em região de grande alagamento. Baía de Turiaçu (MA). 1246
Figura 11-82: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 4, exemplificada pela estação 71, onde é possível observar indivíduos de *Rhizophora spp.* e *Avicennia* spp. com desenvolvimento intermediário. Baía de Turiaçu (MA). 1247
Figura 11-83: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 5, exemplificada pela estação 65, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia* spp., *e Rhizophora spp.* com densidade e porte intermediários. Baía de Turiaçu (MA). 1248
Figura 11-84: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 6, exemplificada pela estação 129A, com destaque para a alta densidade e reduzido porte dos indivíduos e a presença de *Avicennia* spp. Baía de Turiaçu (MA). 1249
Figura 11-85: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 7, subtipo 7A, exemplificada pela estação 131A, com destaque para os indivíduos de *Avicennia* spp. de baixo a intermediário desenvolvimento. Baía de Turiaçu (MA). 1250
Figura 11-86: Um outro aspecto da Fitofisionomia 7, subtipo 7B, exemplificada pela estação 95C, destacando-se grande ocorrência de jovens de *Avicennia* spp. em área de colonização de planície hipersalina. Baía de Turiaçu (MA). 1251
Figura 11-87: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 8, estação 7, com destaque para a alta densidade, composição monoespecífica de *Avicennia* spp. e porte reduzido dos indivíduos. Baía de Turiaçu (MA). . 1252
Figura 11-88: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 9, estação 3, destacando a densidade intermediária de troncos, dominância de *Avicennia* spp., o porte intermediário dos indivíduos e o substrato lamoso. Baía de Turiaçu (MA). 1253
Figura 11-89: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 10, estação 25, com destaque para o alto desenvolvimento estrutural e a dominância por *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA). 1254

Figura 11-90: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 11, estação 18A, destacando a presença de *Rhizophora* spp., densidade intermediária de troncos e o porte intermediário dos indivíduos. Ao fundo, área de clareira. Baía de Turiaçu (MA). 1255
Figura 11-91: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 12, estação 20A, com destaque para a alta densidade de troncos e baixa altura dos indivíduos, além da presença de *Rhizophora* spp. com arquitetura retorcida. Baía de Turiaçu (MA)..... 1256
Figura 11-92: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 13, exemplificada pela estação 10A, destacando o desenvolvimento estrutural intermediário, evidenciado pelo porte intermediário e baixo de altura e densidade intermediária. Baía de Turiaçu (MA). 1257
Figura 11-93: Outro aspecto da Fitofisionomia 13, exemplificado pela estação 83, que possui o menor desenvolvimento estrutural desta fitofisionomia. Destaca-se a ocorrência de clareira nessa área. Baía de Turiaçu (MA)..... 1257
Figura 11-94: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 14, exemplificada pela estação 68B, com destaque para a homogeneidade e o alto desenvolvimento estrutural de indivíduos de *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA)..... 1258
Figura 11-95: Aspecto geral da Fitofisionomia 15, exemplificado pela estação 62A, destacando a presença de Rhizophora spp. Baía de Turiaçu (MA). 1259
Figura 11-96: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 16, estação 23B, destacando a densidade intermediária de troncos, indivíduos mortos e presença de banco de jovens ao fundo. Baía de Turiaçu (MA). 1260
Figura 11-97: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 17 subgrupo 17A, exemplificada pela estação 60, com destaque para a altura reduzida e densidade intermediária, e copa densa, fechada. Baía de Turiaçu (MA). 1261
Figura 11-98: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 17 subgrupo 17B, exemplificada pela estação 40C, com destaque para a altura reduzida e densidade intermediária, e copa rala, aberta. Baía de Turiaçu (MA). 1262
Figura 11-99: Aspecto da estação 33, Fitofisionomia 18, destacando o baixo desenvolvimento estrutural e presença de *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA). 1263
Figura 11-100: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 19, exemplificada pela estação 24B, com destaque para a homogeneidade e o alto desenvolvimento estrutural e o domínio de *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA)..... 1264
Figura 11-101: Aspecto das florestas de arquitetura ereta da Fitofisionomia 20, subgrupo 20A, exemplificada pela estação 3A, com desenvolvimento estrutural baixo e dominada por Rhizophora spp. Baía de Turiaçu (MA). 1265
Figura 11-102: Aspecto das florestas de arquitetura retorcida da Fitofisionomia 20, subgrupo 20B, exemplificada pela estação 125A, com desenvolvimento estrutural intermediário e dominada por *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA)..... 1266
Figura 11-103: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 22, estação 10C, destacando a alta densidade de troncos e o reduzido DAP dos indivíduos. Baía de Turiaçu (MA). 1267
Figura 11-104: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 23, estação 1A, com destaque para a alta densidade (25.200 $tr.ha^{-1}$) a maior encontrada para toda Baía de Turiaçu (MA), além do porte reduzido dos indivíduos. Baía de Turiaçu (MA). 1268
Figura 11-105: Localização das estações de medição e vistoria no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). O polígono com contorno em azul indica os limites da área de estudo. 1273
Figura 11-106: Dominância relativa das espécies de mangue no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1275

Figura 11-107: Dominância relativa (%) das espécies de mangue nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1277
Figura 11-108: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp. 1279
Figura 11-109: Altura média das florestas (m) e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1281
Figura 11-110: Distribuição relativa (%) das estações de medição por classes de altura do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1282
Figura 11-111: DAP médio (cm) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).. 1283
Figura 11-112: Área basal viva ($m^2.ha^{-1}$) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1284
Figura 11-113: Densidade de troncos vivos ($tr.ha^{-1}$) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). A estação 91 apresenta densidade muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessa estação está indicado logo acima da sua barra. 1286
Figura 11-114: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1287
Figura 11-115: Distribuição relativa (%) das estações de medição nas classes de densidade de troncos vivos no estuário de São Caetano de Odivelas (PA)..... 1288
Figura 11-116: Densidade ($tr.ha^{-1}$) e DAP médio (cm) das estações medidas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): $y= 74960\ x^{-1,493}$. 1289
Figura 11-117: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). Cada grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 19, como indicado pela linha vermelha vertical. 1292
Figura 11-118: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue no estuário de São Caetano de Odivelas (PA)..... 1294
Figura 11-119: Dominância relativa (% de área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia. Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp. 1296
Figura 11-120: DAP médio (cm) por estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia. 1297
Figura 11-121: Densidade de troncos vivos ($tr.ha^{-1}$) por estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia. A estação 91 apresenta densidade muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessa estação está indicado logo acima da sua barra. 1298
Figura 11-122: Altura média (m) da floresta e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia. 1299
Figura 11-123: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 1, estação 91, estabelecida em sedimento arenoso, onde é possível observar o baixo desenvolvimento estrutural e a composição por indivíduos de *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1302
Figura 11-124: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 2, exemplificada pela estação 115, onde é possível observar indivíduos grandes de *A. germinans*, médios de *Rhizophora* spp. e a presença de sub-bosque de *Rhizophora* spp. no plano de fundo. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)..... 1303

Figura 11-125: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 3, exemplificada pela estação 21, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia germinans, Rhizophora spp.* e *Laguncularia racemosa* com baixo desenvolvimento estrutural. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1304
Figura 11-126: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 4, estação 18, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. com baixo desenvolvimento estrutural. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)..... 1305
Figura 11-127: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 5, estação 28, onde é possível observar o baixo desenvolvimento estrutural da floresta composta principalmente por indivíduos de *Avicennia germinans,* com presença de *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora* spp. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1306
Figura 11-128: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 6, exemplificada pela estação 9, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia germinans* de médio desenvolvimento e indivíduos de porte baixo de *Rhizophora* spp., no primeiro plano à esquerda; e cobertura de plântulas no substrato. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1307
Figura 11-129: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 7, exemplificada pela estação 108, onde é possível observar uma floresta monoespecífica de *Rhizophora* spp., madura e homogênea. Nessa estação não há presença de sub-bosque. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)..... 1308
Figura 11-130: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 7, exemplificada pela estação 98, onde é possível observar uma floresta monoespecífica de *Rhizophora* spp., madura à direita e sub-bosque de *Rhizophora* spp. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1308
Figura 11-131: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 8, exemplificada pela estação 20, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. com alto desenvolvimento e o sub-bosque, bem destacado no plano de fundo. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1309
Figura 11-132: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 9, exemplificada pela estação 26, onde se observa indivíduos de *Rhizophora* spp., com presença de *Avicennia germinans,* com baixo desenvolvimento estrutural. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)..... 1310
Figura 11-133: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 10, estação 94, onde é possível observar indivíduos de *Rhizophora* spp., no primeiro plano à direita, e *Avicennia germinans*, centralizado em segundo plano, com desenvolvimento estrutural intermediário a alto. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1311
Figura 11-134: Estações de medição, vistoria e pontos de visita no sistema costeiro de Soure (PA). Os retângulos ao longo da costa indicam as regiões em que o sistema costeiro de Soure foi subdividido para fins de planejamento e execução das campanhas de coleta de dados e vistorias. 1316
Figura 11-135: Faixa litorânea da área de estudo próxima ao centro urbano de Soure, na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). As estações de medição e vistoria distribuem-se pelos três igarapés principais, indicados na figura. 1317
Figura 11-136: Faixa litorânea da área de estudo que compreende o trecho entre o igarapé do Céu e o igarapé Turé, na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA)..... 1318
Figura 11-137: Faixa litorânea da área de estudo que compreende o trecho entre os igarapés Envideira e Onça, na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA)..... 1319
Figura 11-138: Faixa litorânea da área de estudo que contempla o norte da Ilha de Marajó, nas proximidades do povoado de Araraquara, no trecho entre o igarapé Siriri e o igarapé Pacoval..... 1320
Figura 11-139: Dominância relativa (%) das espécies de mangue na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA)..... 1322

Figura 11-140: Vegetação associada presente em toda costa leste do sistema costeiro de Soure (PA), com destaque para a corticeira *Pterocarpus officinalis*, árvore que apresenta mecanismos fisiológicos para tolerar baixos níveis de salinidade. 1322
Figura 11-141: Dominância relativa (%) das espécies de mangue e associadas nas estações de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Nos detalhes, a ampliação das faixas litorâneas da área de estudo próxima ao centro urbano de Soure (A); no trecho entre os igarapés do Céu e Turé (B) e no trecho entre os igarapés Envideira e Onça (C). 1324
Figura 11-142: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição da costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Av = *A. germinans*; Lg = *L. racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp. 1325
Figura 11-143: Altura média das florestas e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) por estação de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). 1326
Figura 11-144: Distribuição relativa das estações de medição por classes de altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). 1326
Figura 11-145: DAP médio (cm) por estação de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). 1327
Figura 11-146: Densidade (tr.ha^{-1}) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). É possível perceber que a maior parte das estações encontra-se até o limiar de 2000 tr.ha^{-1}, isto é, valores baixos e intermediários de densidade. 1327
Figura 11-147: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Nos detalhes, a ampliação das faixas litorâneas da área de estudo próxima ao centro urbano de Soure (A); no trecho entre os igarapés do Céu e Turé (B) e no trecho entre os igarapés Envideira e Onça (C). 1328
Figura 11-148: Distribuição relativa das estações de medição por classe de densidade de troncos vivos na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). 1329
Figura 11-149: Densidade (tr.ha^{-1}) e DAP médio (cm) das estações medidas no sistema costeiro de Soure (PA). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): y= 74960 x$^{-1,493}$. 1330
Figura 11-150: Frente erosiva da Ilha de Marajó (detalhe para árvores tombadas e caídas). 1333
Figura 11-151: Margem ocupada por *Rhizophora* spp. no igarapé Pacoval. 1333
Figura 11-152: Margem ocupada por *Laguncularia racemosa* no igarapé São João. 1334
Figura 11-153: Margem ocupada por *Avicennia germinans* no igarapé Araraquara. 1334
Figura 11-154: Margem ocupada por diferentes espécies, como aninga, palmeiras e tabocal, no igarapé da Campina. 1334
Figura 11-155: Margem ocupada por diferentes espécies, entre elas a aninga, no igarapé Pacoval. 1335
Figura 11-156: Interação entre espécies de mangue e vegetação terrestre (*Avicennia germinans* com trepadeiras). 1335
Figura 11-157: Comunidade vegetal interna com a presença de indivíduos de espécie de mangue (*Rhizophora* spp.). 1336
Figura 11-158: Área interna colonizada por espécies de mangue. 1336
Figura 11-159: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias da costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Cada grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 18, como indicado pela linha vermelha vertical. 1338
Figura 11-160: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Nos detalhes, a ampliação das faixas litorâneas da área de

estudo próxima ao centro urbano de Soure (A); no trecho entre os igarapés do Céu e Turé (B) e no trecho entre os igarapés Envideira e Onça (C). 1339
Figura 11-161: Dominância relativa (% de área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp. 1340
Figura 11-162: DAP médio (cm) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Estações agrupadas por fitofisionomia. 1341
Figura 11-163: Densidade (tr.ha^{-1}) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Estações agrupadas por fitofisionomia. 1341
Figura 11-164: Altura média da floresta (linhas rotuladas) e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) (círculos laranjas) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Estações agrupadas por fitofisionomia. 1342
Figura 11-165: Fitofisionomia 1, representada pela estação 77. Em destaque, a presença exclusiva de *L. racemosa* e sua arquitetura altamente ramificada com dossel com menor cobertura foliar, evidenciada pela penetração de luz solar até o sedimento. 1344
Figura 11-166: Fitofisionomia 2, representada pela estação 27A. É possível perceber que embora ocorram indivíduos de espécies de mangue como *Rhizophora* spp., as espécies associadas têm presença expressiva na paisagem. 1345
Figura 11-167: Fitofisionomia 3, representada pela estação 84. Em primeiro plano destaca-se um indivíduo do gênero *Rhizophora* bem desenvolvido enquanto no segudo plano encontram-se outros indivíduos maduros de *A. germinans.* 1346
Figura 11-168: Fitofisionomia 4, representada pela estação 84A. É possível perceber a coexistência de um indivíduo de *A. germinans* de porte ereto, bem ao centro da foto, com indivíduos de *Rhizophora* spp. ramificados. 1347
Figura 11-169: Fitofisionomia 5, representada pela estação 1. Em primeiro plano está uma *A. germinans* bem desenvolvida em um contexto de floresta com presença de *Rhizophora* spp. com troncos mais finos e eventuais indivíduos ramificados. 1348
Figura 11-170: Fitofisionomia 6, representada pela estação 82. É possível notar indivíduos ramificados e presença de diferentes espécies ocupando o espaço de floresta. O dossel não é integralmente fechado, de modo que é comum a presença de clareiras. Cabe observar o solo coberto de serapilheira. 1349
Figura 11-171: Fitofisionomia 7, representada pela estação 15. É possível notar a presença numerosa de indivíduos de *Rhizophora* spp. com menor DAP e poucos indivíduos de *A. germinans* com um desenvolvimento ligeiramente mais elevado. 1350
Figura 11-172: Fitofisionomia 8, representada pela estação 82A. É possível notar a grande quantidade de indivíduos de *Rhizophora* spp. com uma grande quantidade de rizóforos e um baixo desenvolvimento estrutural. 1351
Figura 11-173: Fitofisionomia 9, representada pela estação 80. Destaca-se a presença de indivíduos de *Rhizophora* spp. e *A. germinans* com alto desenvolvimento estrutural, indicado pela grande altura das árvores e espessura dos troncos. 1352
Figura 11-174: Fitofisionomia 10, representada pela estação 31. É possível perceber a predominância de *Rhizophora* spp. com alto desenvolvimento estrutural. 1353
Figura 11-175: Fitofisionomia 11 representada pela estação 11. Destaca-se a presença de indivíduos de *Rhizophora* spp. com maior desenvolvimento e a vegetação de espécie associada com menor porte. ... 1354
Figura 11-176: Fitofisionomia 12, primeiro tipo de floresta, representada pela estação 16. Esta feição é composta inteiramente por indivíduos maduros, altamente desenvolvidos de *Rhizophora spp.* 1355

Figura 11-177: Fitofisionomia 12, segundo tipo de floresta, representada pela estação 39. Floresta heterogênea composta por indivíduos de diferentes graus de desenvolvimento..... 1355
Figura 11-178: Fitofisionomia 13, representada pela estação 48. A presença de *Rhizophora* spp. nesta fitofisionomia é predominante, embora ocorram outras espécies como *L. racemosa*. A presença de muitos rizóforos está associada a um ambiente com maior rigor ambiental. 1356
Figura 11-179: Localização das estações de medição e vistoria no sistema costeiro de Sucuriju (AP). No recorte ampliado, localização das estações próximas ao rio Sucuriju. O polígono com contorno em azul indica os limites da área de estudo. 1360
Figura 11-180: Dominância relativa das espécies de mangue no sistema costeiro de Sucuriju (AP)..... 1362
Figura 11-181: Dominância relativa (%) das espécies nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1363
Figura 11-182: Dominância relativa das espécies (%) nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), recorte ampliado das estações localizadas às margens do rio Sucuriju. 1363
Figura 11-183: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp. 1364
Figura 11-184: Altura média das florestas e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1364
Figura 11-185: Distribuição relativa (%) das estações de medição por classes de altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1365
Figura 11-186: DAP médio (cm) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1366
Figura 11-187: Área basal ($m^2.ha^{-1}$) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP)..... 1366
Figura 11-188: Densidade de troncos vivos ($tr.ha^{-1}$) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1367
Figura 11-189: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP)..... 1367
Figura 11-190: Distribuição relativa (%) das estações de medição nas classes de densidade de troncos vivos no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1368
Figura 11-191: Floresta com densidade baixa, 444 $tr.ha^{-1}$, exemplificada pela estação 12A, no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1368
Figura 11-192: Floresta com densidade intermediária, com 1.053 $tr.ha^{-1}$, exemplificada pela estação 117, no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1369
Figura 11-193: Densidade ($tr.ha^{-1}$) e DAP médio (cm) das estações medidas no sistema costeiro de Sucuriju (AP). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): $y= 74960\ x^{-1,493}$. 1370
Figura 11-194: Grupos de árvores de mangue ocupando área alagada, no entorno do lago Piratuba, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1371
Figura 11-195: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP). Cada grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 18, como indicado pela linha vermelha vertical. 1374
Figura 11-196: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1375
Figura 11-197: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP) agrupadas por fitofisionomia. *Av = Avicennia germinans; Lg = Laguncularia racemosa*; *Rh = Rhizophora* spp. 1376

Figura 11-198: DAP médio (cm) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), agrupadas por fitofisionomia. 1377
Figura 11-199: Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), agrupadas por fitofisionomia. 1377
Figura 11-200: Altura média (m) da floresta e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), agrupadas por fitofisionomia. 1378
Figura 11-201: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 1, estação 81, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. com arquitetura retorcida, no plano de fundo e às margens do canal, e presença de canais, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1380
Figura 11-202: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 2A, estação 115, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. com baixa densidade, sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1381
Figura 11-203: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 2B, exemplificada pela estação 26, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. ocupando áreas permanentemente alagadas nas proximidades do lago Piratuba, no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1382
Figura 11-204: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 3, exemplificada pela estação 12D, onde é possível observar indivíduos de grande porte de *Avicennia germinans* e de médio porte de *Rhizophora* spp. no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1383
Figura 11-205: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 4, exemplificada pela estação 40, onde é possível observar grandes indivíduos de *Rhizophora* spp. no sistema costeiro de Sucuriju (AP). . 1384
Figura 11-206: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 5, exemplificada pela estação 8, onde é possível observar indivíduos grandes de *Rhizophora* spp. ao fundo e *Avicennia germinans* no primeiro plano, no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1385
Figura 11-207: Densidade (tr.ha-1) e DAP médio (cm) das estações medidas em todas as áreas de estudo do Projeto Costa Norte. A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): y= 74960 x$^{-1,493}$. 1388
Figura 11-208: Fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA). 1393
Figura 11-209: Fitofisionomias identificadas no Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1394
Figura 11-210: Fitofisionomias identificadas no Sistema Costeiro de Soure (PA). 1395
Figura 11-211: Fitofisionomias identificadas no Sistema Costeiro de Sucuriju (AP). 1396

Índice de Tabelas

Tabela 11-1: Exemplo de chave de interpretação de fitofisionomias, Baía de Turiaçu, MA. 1158
Tabela 11-2: Manual interpretativo de fitofisionomias dos manguezais, elaborado para a área de estudo Baía de Turiaçu (MA), com descrição e ilustração de cada fitofisionomia, primeira parte. Fonte das imagens utilizadas: BING. 1159
Tabela 11-3: Local, a identificação da campanha e o período de execução da campanha..... 1166
Tabela 11-4: Classes de desenvolvimento estrutural das florestas de mangue estudadas no Projeto Costa Norte conforme os limites dos valores de DAP médio, altura do dossel e densidade..... 1173
Tabela 11-5: Dados da estrutura da vegetação nas estações de medição na Baía de Turiaçu (MA). *Av* = *Avicennia* spp.; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp..... 1211
Tabela 11-6: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA) e as estações de medição que as representam. 1233
Tabela 11-7: Salinidade média nas estações e fitofisionomias da Baía de Turiaçu (MA). 1241
Tabela 11-8: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA). 1269
Tabela 11-9: Fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural..... 1270
Tabela 11-10: Dados da estrutura da vegetação nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). *Av* = *Avicennia germinans*; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp..... 1274
Tabela 11-11: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue do estuário de São Caetano de Odivelas (PA) e as estações de medição que as representam. 1293
Tabela 11-12: Salinidade média nas estações e fitofisionomias no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1300
Tabela 11-13: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1313
Tabela 11-14: Fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural..... 1314
Tabela 11-15: Dados de estrutura da vegetação nas estações de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). *Av* = *Avicennia* spp.; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.; As = Espécies associadas. 1320
Tabela 11-16: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue do sistema costeiro de Soure (PA) e as estações de medição que as representam. 1338
Tabela 11-17: Salinidade média nas estações e fitofisionomias no sistema costeiro de Soure (PA). 1342
Tabela 11-18: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Soure (PA). 1357
Tabela 11-19: Fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Soure (PA): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural..... 1358
Tabela 11-20: Dados de estrutura da vegetação nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). *Av* = *Avicennia germinans*; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp. 1361
Tabela 11-21: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju (AP) e as estações de medição que as representam..... 1375
Tabela 11-22: Salinidade média nas estações e fitofisionomias no sistema costeiro de Sucuriju (AP)..... 1378
Tabela 11-23: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP). 1386

Tabela 11-24: Fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural. 1387
Tabela 11-25: Técnicas de abordagem no mapeamento de fitofisionomias: vantagens e limitações. 1392
Tabela 11-26: Correspondência entre as categorias de desenvolvimento estrutural na no Sensoriamento Remoto e no Levantamento Fitossociológico..... 1397
Tabela 11-27: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). 1398
Tabela 11-28: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Soure (PA). 1401
Tabela 11-29: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Sucuriju (AP)..... 1404
Tabela 11-30: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Baía de Turiaçu (MA). 1406
Tabela 11-31: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia germinans;* Mista = Floresta com composição mista de espécies..... 1411
Tabela 11-32: Contribuição (%) das diferentes classes (espécie dominante e desenvolvimento estrutural) de florestas de mangue mapeadas nas áreas de estudo. SCO - estuário de São Caetano de Odivelas (PA); SOU - sistema costeiro de Soure (PA); SUC - sistema costeiro de Sucuriju (AP); TUR - Baía de Turiaçu (MA). 1412
Tabela 11-33: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Soure (PA). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia germinans;* Mista = Floresta com composição mista de espécies; Lg = *Laguncularia racemosa*. 1414
Tabela 11-34: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Sucuriju (AP). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia* spp.*;* Mista = Floresta com composição mista de espécies. ... 1416
Tabela 11-35: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Baía de Turiaçu (MA). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia* spp.*;* Mista = Floresta com composição mista de espécies, Lg = *Laguncularia racemosa*. 1418

Lista de Abreviações e Siglas

DAP	Diâmetro à altura do peito
LiDAR	*Light Detection and Ranging*
MEB	Margem Equatorial Brasileira
MMA	Ministério do Meio Ambiente
FITO	Fitofisionomia
SCO	Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)
SOU	Sistema Costeiro de Soure (PA)
SUC	Sistema Costeiro de Sucuriju (AP)
TUR	Baía de Turiaçu (MA)
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ResEX	Reserva Extrativista
ReBIO	Reserva Biológica
AB	Área basal

Lista de Símbolos

g	Área basal
n	Número de troncos por hectare
$\sum$	Somatório
π	Número Pi (≅ 3,14)

11. CARACTERIZAÇÃO DAS FLORESTAS DE MANGUE

11.1. Introdução

O Capítulo 11 aborda as atividades e resultados obtidos no âmbito do módulo de *Caracterização das Florestas de Mangue*. Em específico, descreve o extenso e pioneiro levantamento de dados em campo nas florestas de mangue da Margem Equatorial Brasileira (MEB) para realizar a medição *in situ* dos parâmetros de estrutura da vegetação em quatro áreas de estudo – baía de Turiaçu (MA), estuário de São Caetano de Odivelas (PA), sistema costeiro de Soure (PA) e sistema costeiro de Sucuriju (AP) (Figura 11-1), apresenta a caracterização das florestas de mangue a partir dos dados obtidos e descreve as fitofisionomias identificadas. Concluindo esse tema, apresenta uma síntese sobre as características gerais das florestas de mangue presentes na MEB e estudadas pelo Projeto Costa Norte. Por fim, apresenta o mapeamento das fitofisionomias especializáveis em cada uma das áreas de estudo, resultado inédito e inovador que trouxe a integração entre a análise de imagens de sensoriamento remoto de alta resolução e dados do levantamento por topográfico por laser aerotransportado (LiDAR, *Light Detection and Ranging*) (conforme descrito nos Capítulos 5 e 10) e a caracterização das florestas de mangue a partir de dados de campo.

O objetivo do estudo apresentado e descrito nesse capítulo foi fornecer informações sobre as florestas de mangue em nível detalhado, com extensa coleta de dados em campo para a interpretação do significado ecológico das principais características dessas florestas. A partir do levantamento das características relevantes, foi possível desenvolver um estudo sobre os estágios de desenvolvimento estrutural em que se encontra cada uma das florestas de mangue estudadas, identificar as diferentes fitofisionomias que compõem as florestas de mangue nos sistemas estudados e fornecer dados e informações para espacialização dessas fitofisionomias.

As fitofisionomias representam um detalhamento da estrutura da vegetação que revela a variabilidade da composição vegetal em uma floresta de mangue. Cada fitofisionomia reúne áreas de florestas que apresentem estrutura de vegetação semelhante entre si, ressaltando aspectos da vegetação que a diferencia de outras áreas. Este esforço foi empreendido para que o ecossistema manguezal possa ser retratado não mais como uma feição costeira homogênea, mas com a diversidade de composições vegetais que efetivamente o compõe. Essa abordagem inovadora foi pensada para permitir o mapeamento detalhado das áreas de mangue e otimizar os esforços de proteção dos ecossistemas costeiros em eventos acidentais com vazamento de óleo no mar que possam atingir as florestas de mangue.

Este grande esforço de caracterização das florestas de mangue permitiu o aprofundamento do estudo da ecologia dos manguezais na MEB – que representam cerca de 80% dos manguezais brasileiros e constitui-se na maior faixa contínua de florestas de mangue do Planeta, como ainda não havia sido realizado. As quatro áreas escolhidas para foco dos estudos realizados representam a variabilidade de florestas de mangue que ocorrem na MEB ocupando diferentes conformações geomorfológicas costeiras.

O presente capítulo foi estruturado para apresentar os métodos utilizados em cada uma das fases do estudo; a descrição do conjunto de campanhas realizadas; a caracterização das florestas de mangue, incluindo a análise do desenvolvimento estrutural e a identificação das fitofisionomias; e por fim, a abordagem que permitiu a espacialização das fitofisionomias em integração com as técnicas de sensoriamento remoto.

Figura 11-1: Localização das áreas de estudo. I - Sistema Costeiro de Sucuriju (AP); II - Sistema Costeiro de Soure (PA); II - São Caetano de Odivelas (PA); IV - Baía de Turiaçu (MA).

No item 11-2 Métodos, são apresentadas informações sobre as metodologias empregadas para planejamento e execução das campanhas de coleta de dados; tratamento e análise de dados; e as análises interpretativas abrangendo a determinação do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue e a identificação das fitofisionomias. Destaca-se nesse capítulo, a relevante interação entre os grupos de Sensoriamento Remoto e Fitossociologia no desenvolvimento dos Cadernos de Campo, relevante instrumento para o planejamento e seleção das estações de medição, e as abordagens inéditas e de ampla aplicação prática para análise do desenvolvimento estrutural das florestas localizadas na MEB a partir dos dados coletados *in situ* e a identificação das fitofisionomias.

No item 11-3, são relatadas as campanhas de coleta de dados em cada área de estudo, onde detalha-se o número e localização das estações de medição e os desafios enfrentados no planejamento e execução dessas campanhas. Nesse item, destacam-se ainda as informações sobre as peculiaridades locais como acessos às estações de medição e a dinâmica da maré, aspectos bastante singulares nesse estudo.

Na sequência, o item 11-4 apresenta a caracterização das florestas de mangue por área de estudo, incluindo a caracterização geral, a análise do desenvolvimento estrutural da vegetação e a identificação das fitofisionomias. Conclui-se esse item com a análise integrada sobre o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue na Margem Equatorial Brasileira.

O item 11-5 traz as considerações sobre a identificação e o mapeamento das fitofisionomias, onde é apresentado de que forma a integração do mapeamento digital das florestas de mangue, através da análise de imagens de satélite de alta resolução (Capítulo 10) e de dados obtidos através de levantamentos por LiDAR (Capítulo 5), com a caracterização das florestas a partir de dados de campo – levantamento fitossociológico – permitiu a espacialização e, por conseguinte, o mapeamento das fitofisionomias nas áreas de estudo, possibilitando a ampliação das informações sobre as florestas de mangue da escala local (levantamento de campo) para a regional (mapeamento por imagens de satélite). O resultado desse esforço interdisciplinar consiste em um marco de objetivo alcançado: representar cartograficamente as florestas de mangue em sua heterogeneidade. Esse resultado constitui-se ainda na principal contribuição da componente biológica do Projeto Costa Norte às análises de **vulnerabilidade** das florestas de mangue localizadas na Margem Equatorial Brasileira à contaminação por óleo no caso de um evento acidental com vazamento de óleo no mar e à interpretação dos efeitos dos processos costeiros na região sobre as florestas de mangue.

Os resultados obtidos por esse módulo representam, portanto, importantes avanços técnicos e científicos, com produção de conhecimento capaz de reduzir expressivamente a lacuna de conhecimento científico na região da MEB e nos temas abordados e desenvolvidos. Por meio da integração de diferentes áreas do conhecimento (mapeamento digital utilizando técnicas de sensoriamento remoto, ecologia de manguezais e oceanografia física costeira e estuarina), foi possível desenvolver e consolidar a metodologia interdisciplinar de análise de **vulnerabilidade** dos manguezais à contaminação por óleo em diferentes cenários, cuja aplicação está relatada no Capítulo 4 (Volume 1). Os dados levantados nas florestas de mangue permitiram avaliar a relação entre as fitofisionomias e as componentes **sensibilidade** e **resiliência** nesses ambientes e com a **vulnerabilidade** propriamente dita. A disponibilidade dos conhecimentos e informações gerados pelo módulo *Caracterização das Florestas de Mangue* e suas diversas interfaces com os demais módulos do Projeto Costa Norte tem importante aplicação na gestão ambiental, seja pública ou privada, de atividades socioeconômicas que possam ter relação com os ecossistemas costeiros presentes na MEB – em especial as florestas de mangue – e são de extrema relevância para subsidiar procedimentos de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo na MEB.

11.2. Objetivos

i. Caracterização geral das florestas de mangue nos estuários das áreas de estudo.
ii. Identificação das diferentes fitofisionomias que compõem as florestas de mangue em cada área de estudo.
iii. Espacialização das fitofisionomias nas áreas de estudo em atividades integradas entre o tratamento e análise dos dados de estrutura da vegetação e o tratamento das imagens de satélite de alta resolução e dos dados obtidos pelos levantamentos topográficos por laser aerotransportado (LiDAR).

11.3. Métodos

A caracterização das florestas de mangue em cada uma das áreas de estudo envolveu diversas etapas e interação frequente entre os grupos de Sensoriamento Remoto (Espaço/UFRJ e IEPA) e de Fitossociologia (NEGEMC/UERJ). As etapas envolvidas nesse processo são ilustradas no fluxograma apresentado na Figura 11-2. A análise inicial das imagens de alta resolução e a elaboração do Caderno de Campo, permitiu iniciar a preparação logística para realização das campanhas de medição de dados de estrutura vegetal. Na sequência, as campanhas foram executadas, produzindo, como consequência do levantamento fitossociológico, os dados de estrutura da vegetação que permitiram sua descrição a partir da ecologia dos manguezais.

Simultaneamente, a equipe de Sensoriamento Remoto avançou na análise espectral das imagens de alta resolução, e realizou o mapeamento das espécies de mangue. Paralelamente, os dados obtidos pelas medições de campo foram analisados e, posteriormente, utilizados para caracterização geral das florestas de mangue em cada área de estudo e para validação do mapeamento das fitofisionomias. Enquanto os dados de altura das árvores obtidos pelo levantamento por LiDAR foram integrados ao mapeamento digital, a equipe de Fitossociologia definiu as fitofisionomias que caracterizam uma dada floresta, utilizando os dados medidos em campo e técnicas de análise e interpretação de dados. Essas técnicas abrangem a análise exploratória dos dados, a partir de diferentes representações gráficas da distribuição dos resultados – dominância de espécies, altura média, altura média do dossel, DAP médio e densidade – e a análise de agrupamento (*Cluster Analysis*).

A integração dos resultados alcançados até essa etapa – fitofisionomias definidas pela ecologia dos manguezais e fitofisionomias definidas por sensoriamento remoto – resulta na definição das fitofisionomias que serão mapeadas em cada uma das áreas de estudo. Na sequência, as fitofisionomias resultantes da integração dos conhecimentos da fitossociologia e do sensoriamento remoto foram mapeadas e avaliadas, até que se obteve o mapeamento final das fitofisionomias em cada área de estudo.

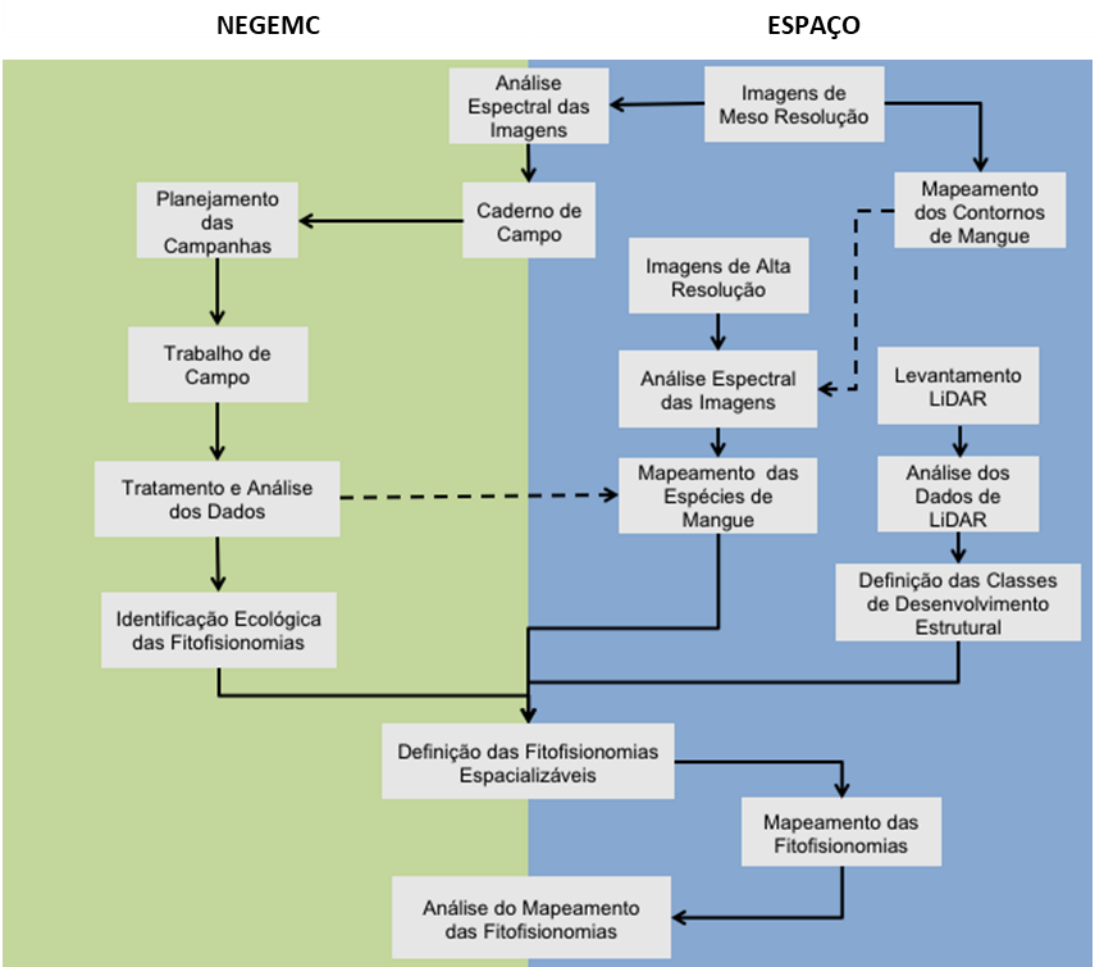


Figura 11-2: Etapas de desenvolvimento para mapear fitofisionomias em florestas de mangue (no setor verde, atividades desenvolvidas pelo NEGEMC - Núcleo de Estudos em Geoquímica e Ecologia Marinha e Costeira; em azul, as atividades desenvolvidas pelo laboratório ESPAÇO - ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais do Departamento de Geografia da UFRJ

11.3.1. Planejamento de Campanhas

As datas para realização das campanhas de coleta de dados – medição dos parâmetros de estrutura vegetal; pH, Eh e salinidade – foram definidas considerando-se as condições de maré – sizígia e quadratura – e as condições climatológicas locais – período seco e chuvoso, estações bem marcadas na Região Norte do Brasil.

As necessidades de infraestrutura e de apoio logístico para a execução das campanhas também foram aspectos relevantes considerados durante a fase de planejamento. Nas áreas de estudo no sistema costeiro de Soure (PA) e na Baía de Turiaçu (MA), foram necessárias campanhas de reconhecimento para avaliar as condições de infraestrutura e apoio logístico para realização das campanhas de medição.

Outra estratégia adotada durante o planejamento das campanhas foi identificar e fazer contato com possíveis parceiros locais, como forma de estabelecer contato com pessoas com reconhecido conhecimento da região e que pudessem auxiliar na logística, informar sobre peculiaridades locais e, muitas vezes, acompanhar as equipes de campo.

O agendamento das campanhas considerou os seguintes critérios:

- Planejamento inicial registrado no cronograma do projeto;
- Identificação da condição de maré mais adequada ao acesso às estações selecionadas (geralmente quadratura);
- Agenda de parceiros locais estratégicos;
- Condições climáticas favoráveis, evitando, por exemplo, as estações chuvosas e os três dias que antecedem as luas nova e cheia, devido à maior probabilidade de chuva nesses períodos; e
- Agenda de feriados e festividades locais.

Os maiores desafios encontrados na realização das campanhas estão relacionados às janelas climáticas relacionadas aos períodos seco e chuvoso bem marcados; à grande amplitude de marés e à complexidade logística (acessos, transporte e peculiaridades locais).

A Margem Equatoria Brasileira (MEB) apresenta altos índices pluviométrico e ventos constantes e de maior intensidade especialmente no período chuvoso; e cada área apresenta condições específicas de navegabilidade influenciadas pelos ventos e pelo volume da descarga fluvial. A magnitude dessas condições estabeleceu que as atividades fossem planejadas de acordo com as circunstâncias climáticas e oceanográficas, para evitar a suspensão do trabalho por impossibilidade de acesso às localidades ou colocar a equipe e os equipamentos em risco.

Outro fator que foi importante para a realização das campanhas refere-se à alta complexidade logística envolvida nessas ações. Conforme apontado nos critérios utilizados para o agendamento das campanhas, o planejamento dependia da integração de diversos fatores, como condições de maré, condições climáticas, disponibilidade de parceiros locais, definição das estratégias de acesso às localidades e às estações de coleta de dados, entendimento prévio dos recursos necessários para a execução das ações, entre outros.

As áreas de estudo localizam-se, em geral, em áreas remotas, distantes de grandes centros urbanos, e as áreas de florestas de mangue propriamente ditas não costumam ser frequentadas por moradores e visitantes. Assim, não existem acessos definidos e usados com frequência. A cada campanha foi necessário estabelecer a estratégia de acesso às estações de coleta de dados, a escolha das localidades e formas de transporte a serem utilizadas. Foi necessária ainda a elaboração de planos alternativos de trabalho, no caso das opções previamente definidas como ideais não poderem ser executadas, como por exemplo viabilidade de acesso à determinada estação de medição ou rotas de acesso às áreas previamente definidas. As cidades próximas às áreas de estudo apresentam, muitas vezes, condições e infraestrutura mínimas, havendo poucas opções de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, principalmente que atuem de maneira formal. Associados a essa questão, foram considerados ainda os cenários locais de conflitos e violência, como identificado na porção nordeste da Ilha de Marajó. Esta situação levou ao replanejamento das campanhas no sistema costeiro de Soure e à redistribuição das estações de coleta de dados.

A grande amplitude de maré na MEB, que varia entre 4 a 10 m, dependendo da localidade e pode alcançar 11 m (Beardsley *et al.*, 1995), tornou a locomoção nos estuários desafiadora nas baixa-mares e impossibilitava as medições nas preamares. As caminhadas para acesso às estações foram bastante dificultadas pelos numerosos canais (Figura 11-3), sedimento inconsolidado muito fino (Figura 11-4), e

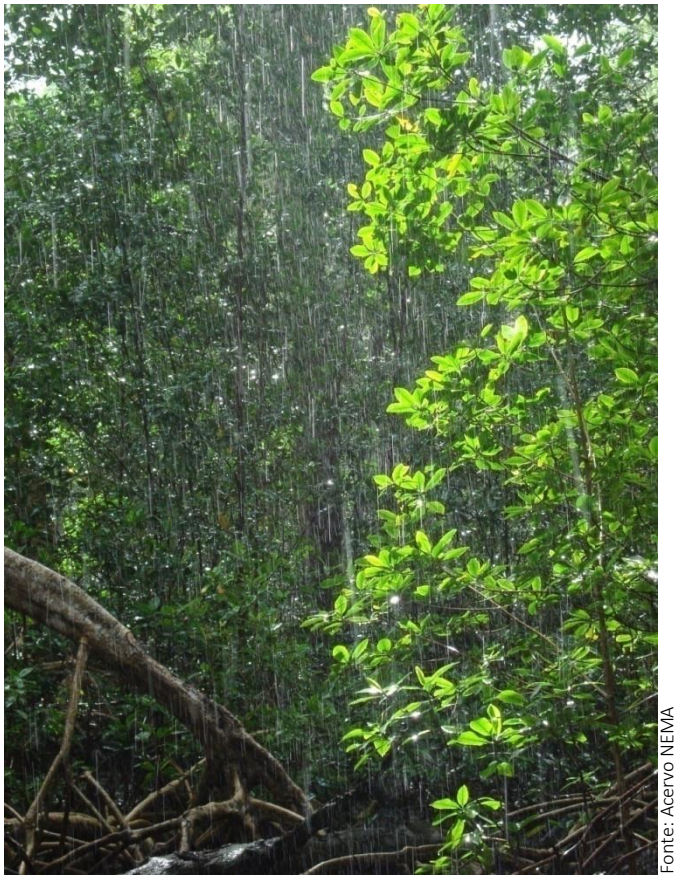
florestas densas. Além disso, as fortes chuvas (Figura 11-5), típicas de toda a região Norte, foram fatores que por vezes levaram à suspensão temporária do trabalho para proteção da equipe e equipamentos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-3: Travessia de canal por cima de árvores caídas, estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-4: Caminhada em banco de lama para acessar a floresta de mangue, estuário de São Caetano de Odivelas (PA).



Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-5: Forte chuva na floresta de mangue, estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Alguns documentos foram elaborados com o objetivo de consolidar e padronizar os procedimentos adotados na execução das atividades e realizar o devido registro das atividades desenvolvidas. De todos os documentos elaborados, destacam-se dois pela sua relevância no contexto geral da execução do Projeto: o Protocolo de Campo e o Plano de Segurança e Saúde (PSS).

Os procedimentos para medição dos dados de estrutura da vegetação e físico-químicos se encontram detalhados no documento Protocolo de Campo. Este documento consolida os procedimentos práticos que foram necessários à operacionalização e realização da coleta de dados realizadas pelo projeto. Neste documento, também estão indicados os principais documentos específicos desenvolvidos para o apoio à gestão e execução das atividades de campo.

A segurança com a equipe técnica durante as campanhas motivou a elaboração do documento Plano de Segurança e Saúde (PSS). Esse documento é um importante instrumento na prevenção dos riscos envolvidos na execução das campanhas e na mitigação de eventuais situações acidentais e tem o objetivo de orientar as práticas e comportamentos seguros em campo a fim de evitar prejuízos à saúde dos membros da equipe técnica e a sua exposição desnecessária a perigos e riscos. O documento também orienta as ações iniciais em casos de incidentes e emergências.

Os PSSs são elaborados para cada área de estudo e trazem informações locais como, por exemplo, cuidados recomendados no deslocamento até a área de estudo, condições especificas da maré, ocorrência de animais perigosos, hospitais e postos de saúde, serviços de resgate e delegacias, entre outras informações necessárias para manter a equipe segura em campo. Após cada campanha, esses documentos são revisados e atualizados, com novas informações que possam surgir advindas da experiência em campo.

11.3.1.1. Cadernos de Campo

Um dos principais objetivos do Caderno de Campo foi o de identificar previamente as áreas de floresta que deveriam ser visitadas e medidas pela equipe de campo de forma a permitir o planejamento de uma amostragem representativa das fitofisionomias identificadas nas imagens de satélite de mesoescala e a distribuição espacial das estações.

O desenvolvimento de um Caderno de Campo se destacou como importante ferramenta de organização e planejamento prévio das coletas e como um guia indispensável durante a execução das campanhas de coleta de dados, dada a dimensão das áreas de estudo e a complexidade dessas campanhas. Com isso, essa atividade se destacou como uma das mais relevantes dentre as atividades que integraram o planejamento das campanhas.

O Caderno de Campo foi desenvolvido pelas equipes dos dois laboratórios, a equipe de Fitossociologia (NEGEMC/UERJ) e a equipe de Sensoriamento Remoto (Laboratório ESPAÇO/UFRJ). O fluxograma apresentado na Figura 11-6 ilustra as etapas do processo de desenvolvimento do Caderno de Campo, os procedimentos e a dinâmica instituída entre as equipes para sua elaboração, evidenciando a integração necessária entre elas para o desenvolvimento desse produto. Como primeira atividade interdisciplinar do projeto, trouxe o importante legado do aprendizado e assimilação das linguagens dessas duas áreas de conhecimento tão distintas. Ressalta-se que o procedimento de elaboração dos Cadernos de Campo foi constantemente aprimorado, conforme a experiência adquirida no processo de elaboração para as diferentes áreas de estudo e aprendizados de campo.

A elaboração do Caderno de Campo para a área de estudo do sistema costeiro de Sucuriju (AP) foi elaborada pela equipe do IEPA (AP), seguindo essa mesma dinâmica entre as equipes de Sensoriamento Remoto e Fitossociologia.

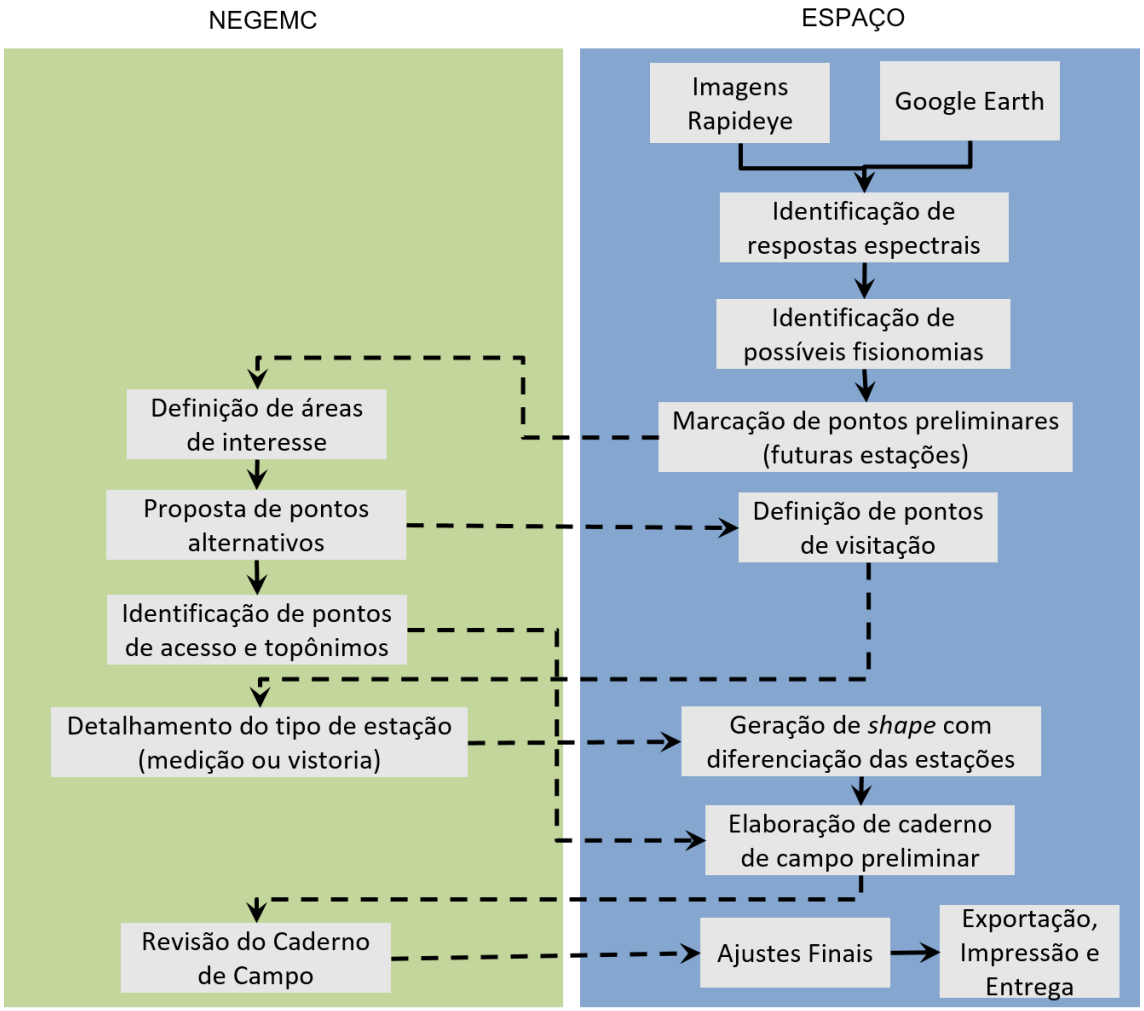


Figura 11-6: Etapas desenvolvidas para elaboração dos Cadernos de Campo (no setor verde, atividades desenvolvidas pelo NEGEMC/UERJ; em azul, as desenvolvidas no laboratório ESPAÇO/UFRJ).

A análise prévia das fitofisionomias das florestas de mangue a partir das imagens de satélite de mesoescala foi realizada pela equipe de Sensoriamento Remoto. As imagens orbitais adotadas para essas análises se limitaram a produtos disponíveis em catálogos *online* e gratuitos, conforme descrição a seguir.

- Imagens RapidEye, com resolução de 5 m e bandas no espectro visível e infravermelho próximo. Esses dados formaram o mosaico de apoio para a análise visual que deu origem aos cadernos de campo das áreas de estudo estuário de São Caetano de Odivelas, sistema costeiro de Soure, sistema costeiro de Sucuriju e Baía de Turiaçu, principalmente pela presença da banda do infravermelho-próximo, importante para a observação de diferenças espectrais na vegetação. O ano-base foi 2014±1 e a fonte foi o Geocatálogo MMA.

- *Google Earth*, *Esri Imagery* e *Bing*, plataformas *online* de imagens de alta resolução no espectro visível, que ajudaram na observação complementar de formas e texturas para a determinação das fitofisionomias de floresta de mangue.

A identificação preliminar das possíveis fitofisionomias foi realizada a partir de critérios interpretados visualmente, para a caracterização da diversidade das florestas de mangue. Os critérios foram: densidade de indivíduos, rugosidade do dossel, altura dos indivíduos, tonalidades e presença de clareiras.

Para cada critério foram definidos parâmetros para facilitar a delimitação e classificação dessas áreas e para que o processo de decisão fosse padronizado para as 4 áreas, conforme descrito a seguir.

Densidade de Indivíduos

- Alta: muitos indivíduos, sendo difícil individualizá-los;
- Média: muitos indivíduos, mas sendo possível individualizá-los;
- Baixa: número menor de indivíduos, sendo possível individualizá-los e também ver o substrato (solo).

Rugosidade do dossel

- Baixíssima: com pouca presença de sombra e os indivíduos se misturam, formando um "tapete uniforme";
- Baixa: como a anterior, mas sendo possível identificar alguns indivíduos e a presença de sombreamento interno;
- Média: com diferenças notáveis nas alturas e sombreamento claro no dossel;
- Alta: com grandes diferenças nas alturas dos indivíduos, sendo possível notar a estratificação da floresta.

Alturas dos indivíduos

- Muito pequenos: indivíduos pouco desenvolvidos, sem diferença nas alturas;
- Pequenos: é possível ver que os indivíduos são árvores, mesmo que de porte pequeno;
- Mistas: alturas variadas, sendo possível identificar indivíduos pequenos e grandes em um mosaico;
- Altas: a maioria dos indivíduos tem porte alto, predominando árvores grandes e desenvolvidas.

Tonalidades

- Claras: indivíduos em tons verde-claros;
- Escuros: indivíduos em tons verde-escuros;
- Misturadas: alternância de tonalidades claras e escuras.

Clareiras

- Inexistência ou muito poucas: não há clareiras, ou são muito pequenas e pouco numerosas;
- Poucas: presença de algumas clareiras na formação;
- Médias: presença de clareiras relativamente numerosas ou grandes;
- Grandes: presença de clareiras numerosas e grandes o suficiente para expor extensas áreas de solo.

Dessa forma, cada fitofisionomia proposta representa uma combinação de parâmetros de cada critério. Estruturou-se uma chave de interpretação das características acima apresentadas para cada área de estudo, com o objetivo de sintetizar os parâmetros caracterizadores das fitofisionomias identificadas. A Tabela 11-1 apresenta o exemplo de chave de identificação utilizado para a área de estudo Baía de Turiaçu (MA), na segunda campanha realizada nessa área (TUR#2), em que 10 fitofisionomias foram identificadas.

Tabela 11-1: Exemplo de chave de interpretação de fitofisionomias, Baía de Turiaçu, MA.

Fisionomia	Densidade de indivíduos	Rugosidade do Dossel	Alturas dos indivíduos	Tonalidades	Clareiras
1	Alta	Baixa/Baixíssima	Muito pequenos	Claras	Inexistência
2	Alta	Baixa	Pequenas	Escuras	Inexistência/Poucas
3	Média/Alta	Média	Misturadas	Misturadas	Poucas
4	Alta	Baixa	Pequenas	Claras	Inexistência/Poucas
5	Média/Alta	Baixa	Pequenas	Claras	Médias/Grandes
6	Média	Média/Alta	Altas	Claras	Médias/Grandes
7	Média/Baixa	Alta	Altas	Misturadas	Médias/Grandes
8	Média/Alta	Média	Misturadas	Claras	Inexistência
9	Média	Média/alta	Misturada/Alta	Claras	Poucas
10	Alta	Baixa	Pequenos	Claras	Inexistência

Complementarmente, foi elaborado um pequeno manual interpretativo das fitofisionomias e suas características, com exemplos devidamente ilustrados. Esse procedimento é importante para auxiliar a padronização da interpretação visual pelas equipes. A Tabela 11-2 apresenta as 10 fitofisionomias definidas inicialmente para a área de estudo Baía de Turiaçu (MA).

Tabela 11-2: Manual interpretativo de fitofisionomias dos manguezais, elaborado para a área de estudo Baía de Turiaçu (MA), com descrição e ilustração de cada fitofisionomia, primeira parte. Fonte das imagens utilizadas: BING.

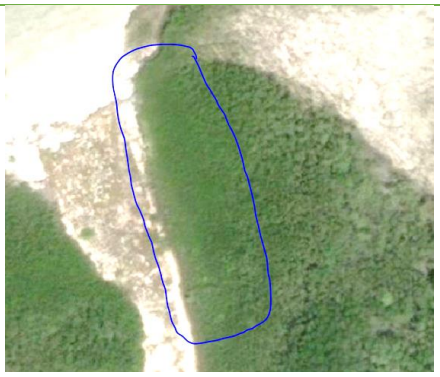
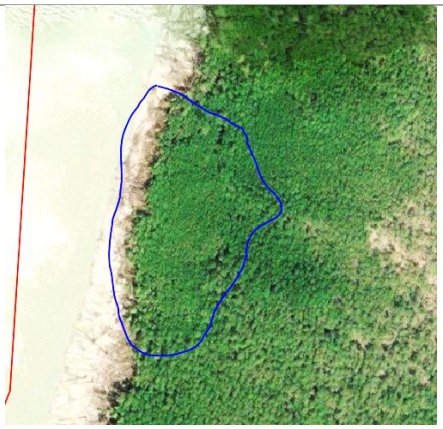
Fitofisionomia	Descrição	Imagem BING
FITO 1	Pouca ou nenhuma rugosidade. Tonalidade clara e homogênea. Localização próxima da franja. Aparenta porte pequeno/baixo desenvolvimento.	
FITO 2	Dossel com elevada densidade de indivíduos com mais ou menos a mesma altura. Ausência ou clareiras pouco numerosas. Dominância de tonalidades mais escuras, indicando possível condição de umidade ou diferentes espécies. Apresenta copas mais claras de forma esparsa, indicando a presença de outras espécies. Sua localização é mais interiorana.	
FITO 3	Dossel com médio desenvolvimento, com presença de indivíduos mais altos/proeminentes. As tonalidades são misturadas entre verdes claros e escuros, e a proporção parece ser meio a meio.	
FITO 4	Semelhante à Fitofisionomia 2, porém a tonalidade é mais clara. Porém, outras características se mantém: alta densidade de indivíduos, as alturas das árvores são bastante uniformes etc.	

Tabela 11-2: Continuação

Fitofisionomia	Descrição	Imagem BING
FITO 5	Tonalidades claras e indivíduos numerosos, com as alturas mais ou menos iguais. Há presença de grandes e numerosas clareiras.	
FITO 6	Mangue mais estratificado – é possível notar indivíduos de várias alturas. As tonalidades são claras e há presença de clareiras. Parece uma floresta mais madura e desenvolvida.	
FITO 7	Manguezal mais desenvolvido, com copas mais largas e estratificadas. Há numerosas clareiras. As tonalidades são misturadas.	

Tabela 11-2 : Continuação

Fitofisionomia	Descrição	Imagem BING
FITO 8	Semelhante às Fitofisionomias 2 e 4, ou seja, árvores pequenas, com poucas ou nenhuma clareira etc, porém elas se encontram ao longo dos canais, quase que em um padrão. Formam espécies de barras.	
FITO 9	Mangue desenvolvido, com a copa relativamente uniforme, porém arranjado ao longo de perfis horizontais. Parece ter um formato de copa diferenciado, “pontuda”. Talvez seja parecida com a Fitofisionomia 8, mas o arranjo espacial não parece ser o mesmo.	
FITO 10	Ocorre em um padrão espacial semelhante à Fitofisionomia 8, mas a copa parece ser diferente – menor e mais arredondada, de forma bastante evidente.	

A indicação das áreas a serem visitadas se deu a partir da seleção de pontos ou polígonos, utilizando como base as imagens *Rapideye*. Quando necessário, recorreu-se ao auxílio das imagens das plataformas *online Google Earth, Esri Imagery* e *Bing*.

Um dos critérios considerados na indicação das estações foi a possibilidade de estabelecer estações alternativas com a mesma característica visual e bem próximo à estação original, para que houvesse possibilidade de substituição da estação original quando constatada a necessidade em campo. A estação alternativa precisa apresentar acesso viável e a mesma fitofisionomia que a estação original. Exemplos de estações alternativas podem ser observados na Figura 11-7 e na Figura 11-8, representadas pelas letras após os números de identificação das estações.

Por fim, um segundo critério considerado para a indicação das estações foi a facilidade de acesso. Devido às dificuldades de acesso às áreas de florestas de mangue, os pontos, ou polígonos, em sua maioria foram indicados próximos a canais, rios principais ou áreas visivelmente possíveis de serem acessadas. Esse critério precisou ser considerado para que a amostragem em campo, nas áreas indicadas, fosse exequível. Na Figura 11-7 e na Figura 11-8, os acessos indicados podem ser observados pelas linhas que ligam os corpos hídricos às estações. O método de indicação das estações de medição foi usado nas áreas de estudo do estuário de São Caetano de Odivelas (PA), sistema costeiro de Soure (PA), e sistema costeiro de Sucuriju (AP).

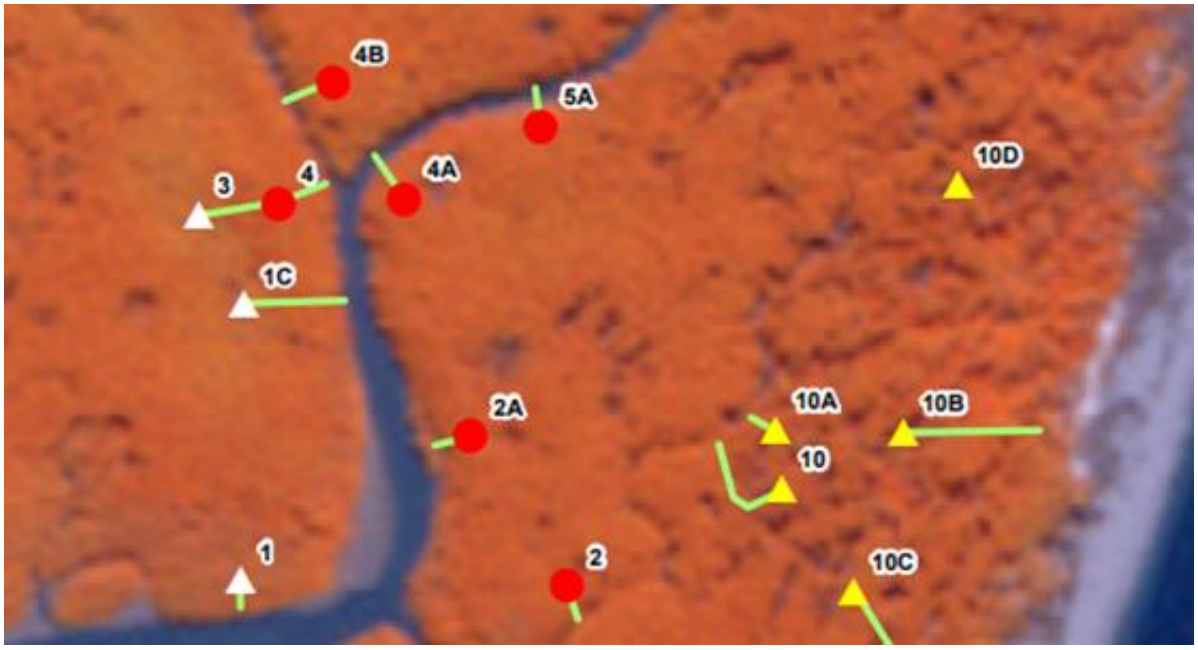


Figura 11-7: Estratégia de indicação de estações de medição e vistoria, adotada nas áreas de estudo estuário de São Caetano de Odivelas (PA); sistema costeiro de Soure (PA) e sistema costeiro de Sucuriju (AP). As formas geométricas representam as estações e as linhas representam os acessos. Cada número indica uma estação de medição e as letras indicam as estações alternativas.

A análise para indicação das estações de medição ou vistoria na área de estudo Baía de Turiaçu (MA), demandou alguns ajustes metodológicos, pois essa área de estudo apresenta alta complexidade de vegetação e grande magnitude espacial. Nesse caso, o método de delimitação de pontos foi substituído pela criação de polígonos que abrangiam a área a ser visitada (Figura 11-8). Dessa forma, a equipe de campo encontrava maior flexibilidade para decidir o local da estação de medição, podendo avaliar as condições de acesso no momento da campanha, se necessário. Além disso, as imagens das plataformas digitais foram usadas como base de visualização nos Cadernos de Campo, em substituição às imagens *Rapideye* utilizadas nos Cadernos de Campo anteriores.

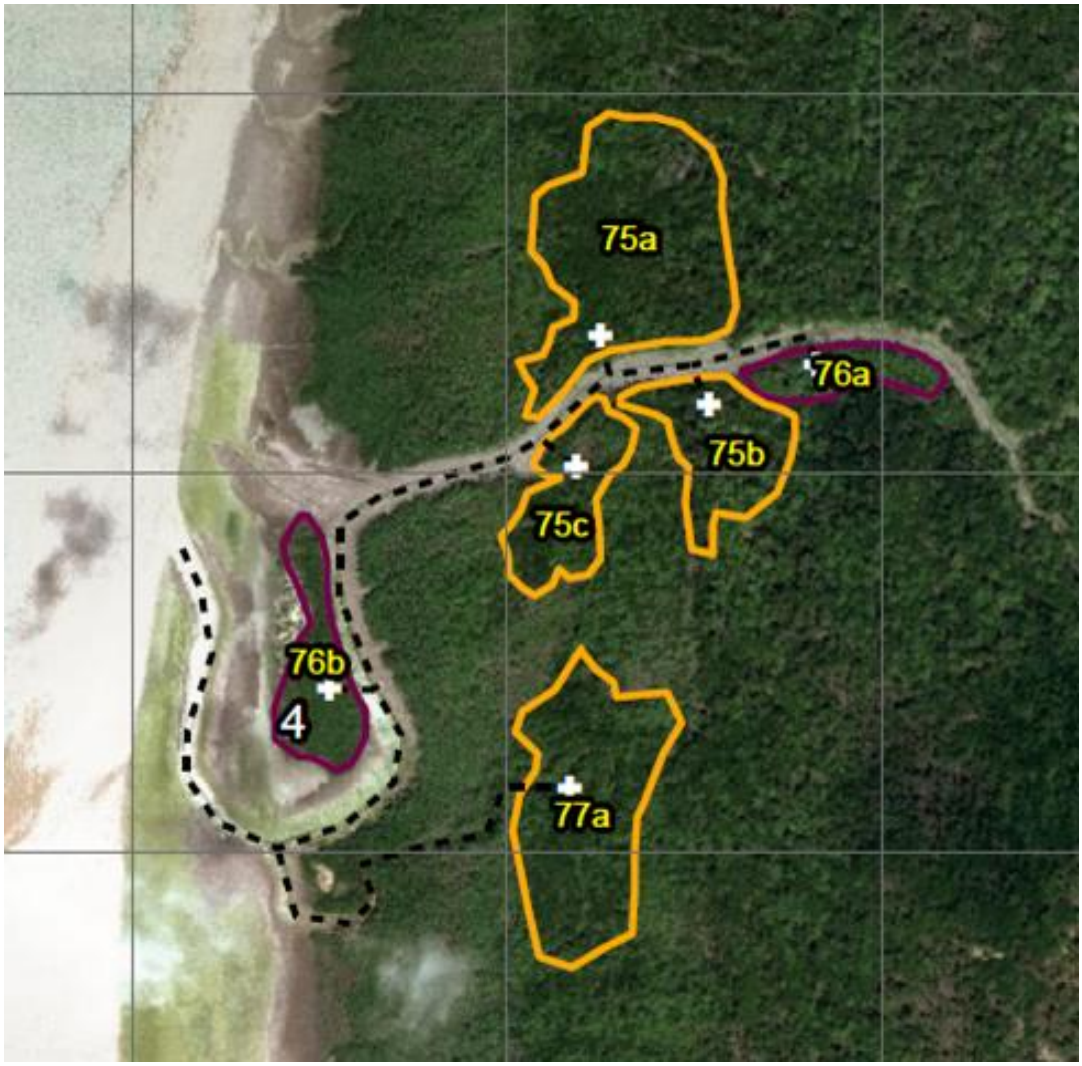


Figura 11-8: Estratégia de seleção de polígonos, adotada na área de estudo Baía de Turiaçu (MA). As formas geométricas representam os polígonos de amostragem e as linhas tracejadas representam os acessos. Cada número indica um polígono de amostragem e as letras indicam os polígonos alternativos.

A seleção das estações para a coleta de dados tomou por base as fitofisionomias indicadas no Caderno de Campo, desenvolvidas a partir dos métodos apresentados acima. Assim, o posicionamento das estações foi orientado pelas informações espectrais que podem estar associadas a diferenças estruturais da floresta, ao conhecimento das estruturas vegetais típicas de manguezais e às condições de acessibilidade.

Uma finalidade adicional do Caderno de Campo foi apoiar a necessidade da equipe de campo de estabelecer, previamente à realização das campanhas, as estações a serem visitadas e as opções de trajetos a serem percorridos nos estuários até esses locais. Os Cadernos de Campo mostraram-se ainda indispensáveis durante a execução das campanhas, pois foram instrumentos importantes no planejamento da estratégia diária de campo, na localização da equipe, identificação de acessos e facilitaram a comunicação com os pilotos e guias de campo, além de permitirem a tomada rápida de decisão em caso de imprevistos e necessidades de alteração do planejamento da amostragem em curso. Na Figura 11-9, está ilustrado o aspecto geral do Caderno de Campo elaborado para área de estudo estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

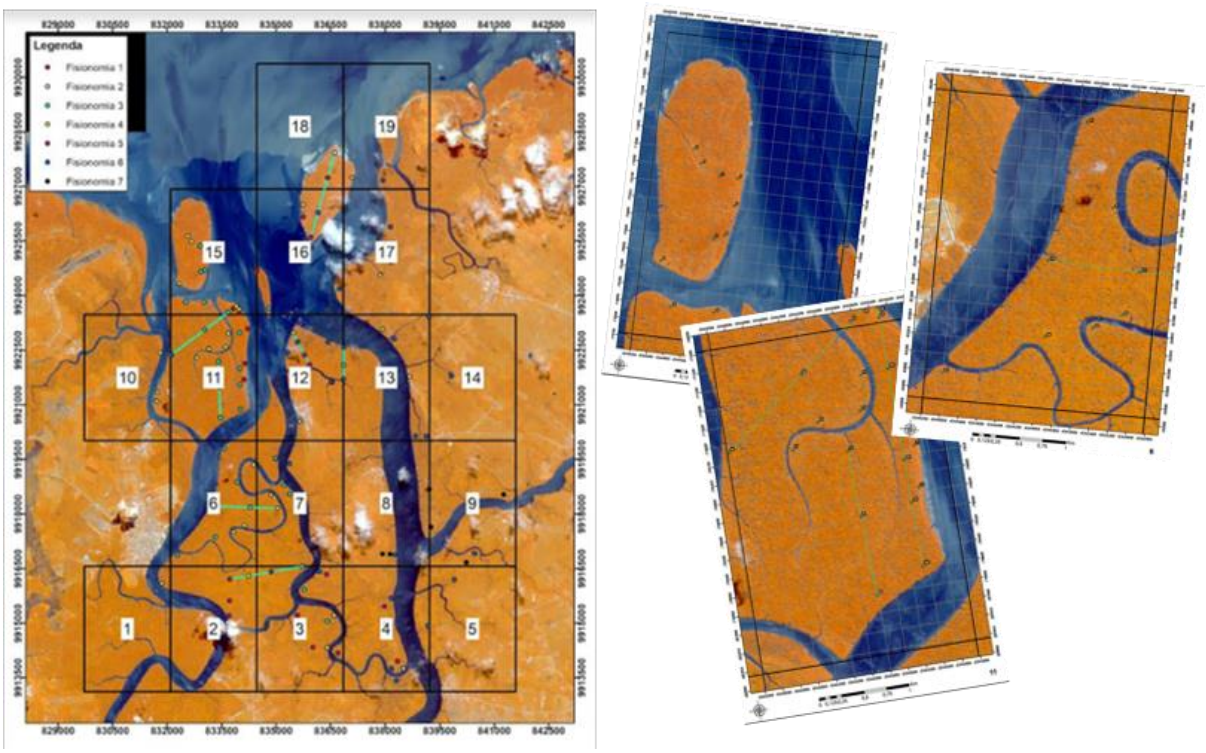


Figura 11-9: Caderno de Campo, usado para apoio na localização durante as campanhas de campo no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). À esquerda, visão completa do estuário, à direita, detalhe de três articulações.

Esta atividade foi iniciada na primeira campanha de coleta de dados realizada em maio de 2017, e seguiu sendo constantemente reformulada, aperfeiçoada e atualizada conforme a experiência adquirida em cada campanha, fato que certamente garantiu o aprimoramento tanto no planejamento quanto na execução das campanhas.

11.3.1.2. Tipos de estações de coleta de dados

Diante da amplitude espacial das áreas de estudo, foram definidos dois tipos de estações a serem indicadas nos Cadernos de Campo: estações de medição e estações de vistoria.

Nas estações selecionadas para medição, são realizadas as medidas para caracterização da estrutura vegetal da floresta e físico-química do sedimento, conforme metodologia descrita no item Coleta de Dados. A quantidade de estações a serem medidas é um equilíbrio entre o tempo disponível para realização das campanhas e a representatividade de amostragem das fitofisionomias preliminarmente identificadas e da área do estuário.

As estações de vistoria surgiram como uma alternativa ao fato de que não seria possível realizar uma extensiva medição nas florestas de mangue. As vistorias são uma forma eficiente de ampliar a abrangência da descrição das fitofisionomias apontadas no Caderno de Campo, considerando que a realização de vistorias é relativamente rápida e permite ampla distribuição espacial e de grande utilidade na confirmação de características das florestas de mangue na fase de mapeamento das fitofisionomias com base em técnicas de sensoriamento remoto. Durante as vistorias, foi realizada a descrição da estrutura vegetal de forma visual, observando-se a composição e proporção de espécies no dossel e sub-bosque e a presença de espécies associadas; essa descrição pode ser complementada com estimativas gerais da altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e densidade do fragmento de floresta descrito. Posteriormente, os dados obtidos nas vistorias foram utilizados para a validação do mapeamento a partir das imagens de satélite.

11.3.1.3. Identificação de campanhas e estações de coleta

As campanhas de medição de dados estruturais receberam uma sigla de identificação composta pelas iniciais das áreas de estudo – SCO, estuário de São Caetano de Odivelas; SOU, sistema costeiro de Soure; SUC, sistema costeiro de Sucuriju; e TUR, Baía de Turiaçu – e o símbolo "#" seguido de um número sequencial, iniciado em 1, referente ao número da campanha realizada. Por exemplo, a segunda campanha de medição no estuário de São Caetano de Odivelas recebeu a identificação de SCO#2.

As campanhas realizadas com a finalidade de reconhecimento, instalação e retirada de equipamentos receberam denominações específicas, porém sempre composta pelas iniciais da área de estudo.

A identificação das campanhas por siglas colaborou com o alinhamento de informações entre as diferentes equipes envolvidas e na integração dos dados coletados em cada área de estudo. Permitiu ainda o rápido acesso à sequência temporal de aquisição de dados em uma dada área de estudo, sem que fosse necessário recuperar a data de execução das campanhas.

Na elaboração dos Cadernos de Campo, foram sugeridas inúmeras estações de coleta – medição e vistoria-, com a intenção de proporcionar à equipe de campo a possibilidade de escolher a melhor opção em termos de acessibilidade. Essas estações foram identificadas por números sequenciais. No entanto, na execução das campanhas, como nem todas as estações foram visitadas, a numeração do conjunto de estações efetivamente medidas e vistoriadas em uma área de estudo não é sequencial.

11.3.2. Execução de Campanhas e Coleta de Dados

Em cada uma das áreas de estudo, a execução das campanhas consistiu na realização das medições dos parâmetros de estrutura da vegetação nas estações de medição, medição dos fatores abióticos e vistorias. A seleção das estações baseou-se na representação das fitofisionomias identificadas previamente por sensoriamento remoto e indicadas no Caderno de Campo. Durante as campanhas, o Caderno de Campo foi instrumento imprescindível para localização das estações de medição e vistoria, para orientação do deslocamento da equipe e para o controle das estações já medidas ou vistoriadas.

11.3.2.1. Campanhas realizadas

Foram realizadas 13 campanhas para a coleta de dados; sendo três campanhas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA); três, no sistema costeiro de Soure (PA); cinco, na Baía de Turiaçu (MA); e duas no sistema costeiro de Sucuriju (AP) (Tabela 11-3). Em cada campanha, foram dedicados, no mínimo, cinco dias às atividades de medição e vistoria. Assim, entre deslocamentos e preparação da logística para o campo, uma campanha completa durou, no mínimo, sete dias. As equipes foram normalmente compostas por quatro pessoas. No total, foram 138 dias em campo, quando foram realizadas medições em 179 estações e vistorias em 231 estações.

Tabela 11-3: Local, a identificação da campanha e o período de execução da campanha.

Local	Campanha	Período
Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)	*SCO#1*	31/05/2017 a 06/06/2017
Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)	*SCO#2*	10/08/2017 a 16/08/2017
Sistema Costeiro de Soure (PA)	*SOU#1*	22/09/2017 a 03/10/2017
Sistema Costeiro de Soure (PA)	*SOU#2*	24/11/2017 a 01/12/2017
Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)	*SCO#3*	17/06/2018 a 24/06/2018
Sistema Costeiro de Sucuriju (AP)	*SUC#1*	01/08/2018 a 15/08/2018
Sistema Costeiro de Soure (PA)	*SOU#3*	13/10/2018 a 22/10/2018
Baía de Turiaçu (MA)	*TUR#1*	12/10/2018 a 23/10/2018
Sistema Costeiro de Sucuriju (AP)	*SUC#2*	24/11/2018 a 05/12/2018
Baía de Turiaçu (MA)	*TUR#2*	21/06/2019 a 02/07/2019
Baía de Turiaçu (MA)	*TUR#3*	04/08/2019 a 14/08/2019
Baía de Turiaçu (MA)	*TUR#4*	18/08/2019 a 27/08/2019
Baía de Turiaçu (MA)	*TUR#5*	14/11/2019 a 25/11/2019

11.3.2.2. Coleta de dados

A metodologia seguida para a caracterização estrutural das florestas de mangue baseou-se, com algumas modificações e complementações, em Cintrón e Schaeffer-Novelli (1984) e Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986). Todavia, como pode-se observar a seguir, algumas análises mais aprofundadas foram realizadas.

11.3.2.2.1. Parâmetros de estrutura vegetal

As parcelas de amostragem foram delimitadas em cada uma das estações de medição. A área de cada parcela foi definida de acordo com a densidade da floresta, de forma a ser amostrado um número representativo de indivíduos (árvores), considerando-se ainda a homogeneidade em termos de características estruturais da vegetação (composição de espécies e desenvolvimento estrutural dos indivíduos) dentro da área delimitada para a parcela.

Em cada parcela, cada indivíduo foi identificado quanto ao gênero e espécie, quando possível; e registrada sua condição, se vivo ou morto. Os parâmetros de estrutura da vegetação foram medidos em todos os indivíduos vivos, a saber: altura da árvore e diâmetro à altura do peito (DAP) de cada tronco.

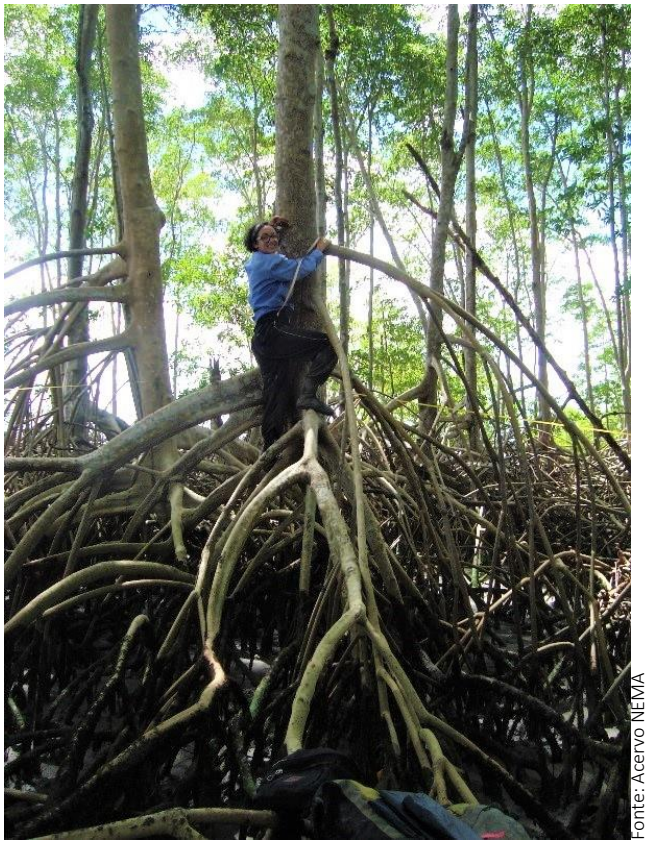
Quanto à identificação de espécies, não foi possível distinguir as três espécies de *Rhizophora* típicas da região Norte do Brasil, devido à grande semelhança entre indivíduos dessas espécies e necessidade de análise da inflorescência para sua distinção. No entanto, para os objetivos do Projeto Costa Norte, tal distinção não se mostra imprescindível, tendo em vista as similaridades ecológicas existentes entre as espécies desse gênero. Por outro lado, *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans* apresentam distinções reconhecíveis em campo e, na maioria das vezes puderam ser identificadas. No caso das áreas de estudo estuário de São Caetano de Odivelas e sistema costeiro de Soure (Ilha de Marajó), não foram observados indivíduos de *A. schaueriana*, estando, portanto, presente apenas *A. germinans*.

Diante dessas particularidades, o tratamento de dados foi realizado, para *Rhizophora* no nível de gênero. Tratamento similar foi dado à *Avicennia* em Sucuriju (AP) e Turiaçu (MA). Assim, as referências no texto às espécies de mangue são *Rhizophora* spp., *Avicennia* spp., *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*. *Laguncularia racemosa* por ser a única espécie desse gênero, foi tratada referindo-se ao nível específico.

A altura dos indivíduos foi medida utilizando-se um hipsômetro Haglöf Sweden, modelo Vertex (Figura 11-10); o diâmetro à altura do peito (DAP), isto é, a 1,30 m de altura do solo, dos troncos vivos e mortos é medido por uma trena graduada em unidades de π(3,14159), que fornece medidas diretas do diâmetro (Figura 11-11).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-10: Medição de altura de árvore; a distância necessária para que a medida seja tomada não permite visualizar o indivíduo medido; ao fundo floresta de *Rhizophora* spp. e *Avicennia* spp. no sistema costeiro de Sucuriju (AP).



Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-11: Medição de diâmetro à altura do peito - DAP - de um indivíduo de *Rhizophora* spp., acima do rizóforo mais alto, para evitar medição em áreas deformadas do tronco, conforme orienta o Protocolo de Campo.

11.3.2.2.2. Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos medidos no sedimento foram Eh, pH e salinidade na água intersticial, em cinco pontos em cada estação de medição. A medição de Eh e pH foi realizada em duas profundidades, superficial e a 15 cm, através da introdução dos eletrodos conectados aos medidores portáteis (modelo ORION STAR™ A221) no sedimento (Figura 11-12). A salinidade foi medida utilizando-se um refratômetro portátil (RTS 101 ATC) (Figura 11-13), a partir de amostras de água intersticial, coletadas em furos realizados no substrato até o nível em que se observa a presença e acúmulo de água.

Em algumas estações, a medição da salinidade não pode ser realizada devido à condição muito seca do sedimento, o que torna inviável a coleta da água intersticial. Essa situação costuma ocorrer em áreas de baixa disponibilidade hídrica e ou áreas de topografia um pouco mais elevada. Em casos mais raros, a situação contrária, o alagamento da área da estação em situações de preamar, também inviabilizou a medição. Em ambos os casos, a impossibilidade de medição foi devidamente registrada nas planilhas de campo.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-12: Medição de Eh e pH em sedimento da floresta de mangue. Equipamentos de medição de pH e Eh, no detalhe.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-13: Medição da salinidade da água intersticial através de refratômetro.

11.3.3. Tratamento e Análise dos Dados

11.3.3.1. Tratamento dos dados de estrutura vegetal

Os dados medidos nas campanhas foram digitados em planilhas específicas para sua organização e registro. Os dados obtidos, após essa primeira fase, foram avaliados quanto à sua consistência e qualidade. Assim, qualquer falha na transcrição dos registros em campo foi prontamente identificada e corrigida ou eliminada.

A partir dos dados medidos em campo, foram calculados os parâmetros de estrutura vegetal para cada estação: altura média e altura média do dossel, área basal, DAP (diâmetro à altura do peito) médio, densidade de troncos vivos e mortos de cada espécie, e dominância em área basal por espécie e condição (vivo ou morto).

11.3.3.1.1. Altura média e altura média do dossel

Os dados de altura foram abordados como altura média de todos os indivíduos medidos em uma estação; e a altura média dos dez indivíduos mais altos dessa mesma estação, denominada altura do dossel. Foi feito um refinamento na estimativa de altura do dossel, de modo que nem sempre o dossel é composto por dez indivíduos, podendo este número variar para cada estação, de acordo com o número de indivíduos que efetivamente estejam ocupando o estrato mais alto da floresta.

A altura média é obtida a partir da média aritmética da altura de todas as árvores vivas de cada estação. A altura média do dossel, é a média aritmética da altura dos dez indivíduos mais altos.

11.3.3.1.2. Área basal

A área basal representa a contribuição de madeira em cada floresta, ou seja, é a área de troncos por área de terreno. Esta medida é um ótimo índice do grau de desenvolvimento estrutural, como também indicadora de possíveis impactos ocorridos na estrutura vegetal. A área basal é calculada pela fórmula:

$$g = 0{,}00007854\ (DAP)^2$$

Onde,

g = área basal do tronco (em m²)

DAP = diâmetro à altura do peito (em cm).

11.3.3.1.3. DAP médio

DAP médio é uma medida de estrutura da vegetação que representa o diâmetro da árvore de área basal média, portanto de grande importância para a caracterização das florestas, pois nos permite a comparação entre florestas. O DAP médio é calculado utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{DAP médio} = \frac{[\,(g)\ (12732{,}39) / n]^{1/2}}{n}$$

Onde,

g= área basal por hectare;

n = número de troncos por hectare.

11.3.3.1.4. Densidade de troncos

A densidade de troncos por espécie e por condição (vivo/morto) foi calculada para cada uma das estações de medição. Em cada parcela, de área conhecida, foi contabilizado o número de troncos. Considerando a área de cada parcela, os resultados obtidos foram convertidos para hectare, permitindo a comparação entre parcelas com diferentes áreas. A unidade de medida utilizada foi o número de troncos por hectare ($tr.ha^{-1}$).

11.3.3.1.5. Dominância relativa

Dominância relativa foi calculada para cada estação de medição, tendo como base a contribuição em área basal. Foram consideradas como categorias as combinações de espécies e condição do tronco (vivo/morto), por exemplo, categoria Rh viva e Rh morta. A dominância relativa foi calculada para cada estação pela seguinte fórmula:

$$\text{Dominância relativa} = \frac{\text{área basal de uma dada categoria} \times 100}{\text{área basal total}}$$

A dominância relativa da área de estudo foi calculada a partir da média aritmética da contribuição relativa em área basal viva de cada espécie considerando todas as estações de medição, conforme a equação a seguir.

$$\text{Dominância relativa da espécie X na área de estudo} = \frac{\sum \text{AB viva relativa da spp. X}}{\sum \text{estações de medição}}$$

Onde,

$\sum$AB = Somatório da contribuição em área basal viva da spp. X na área de estudo.

A dominância relativa é usada na classificação das florestas como mistas, dominadas ou monoespecíficas. As florestas monoespecíficas apresentam dominância relativa de 100% por uma única espécie, na condição vivo. As florestas são classificadas como dominadas por uma das espécies, quando esta apresenta dominância relativa superior a 70%, na condição vivo. As florestas onde a dominância relativa de duas ou três espécies se equivalem são consideradas mistas.

11.3.3.2. Tratamento dos dados de físico-química e salinidade

Os dados de físico-química, pH e Eh, e de salinidade foram medidos e registrados nas planilhas de campo. No laboratório, esses dados foram digitados e avaliados quanto à sua consistência e qualidade. A partir dos dados medidos em campo, foram calculadas as médias com desvio padrão dos dados de pH, Eh e salinidade para cada estação. No caso da salinidade, a médias dos valores agrupados por fitofisionomia foram calculadas para subsidiar a análise dos padrões de vegetação encontrados.

As medidas de pH e Eh nas estações foram realizadas de forma pontual e a variabilidade dos valores medidos nas estações foi muito alta. Essas condições impossibilitaram a análise consistente de tais dados, por isso, optou-se por não apresentá-los.

Informações como composição do sedimento, através de análise visual, e condição de maré também foram registradas nas planilhas de campo com a finalidade de subsidiarem futuras análise dos dados e resultados.

11.3.3.3. Análise dos dados de estrutura vegetal

Os resultados dos parâmetros que permitem descrever a estrutura da vegetação – altura média, altura média do dossel, DAP médio, área basal e densidade de troncos vivos – que caracteriza as florestas de mangue foram organizados e representados na forma gráfica e em tabelas.

A representação gráfica adotada foi na forma de linhas rotuladas, colunas; linhas rotuladas e círculos; e "pizza", conforme o caso, tendo sempre como unidade de descrição a estação de medição. As representações gráficas foram elaboradas no programa Microsoft Excel utilizando a planilha de consolidação dos dados gerados em campo.

Os dados de altura foram tratados como altura média de todos os indivíduos medidos em uma estação; e altura do dossel, altura média dos dez indivíduos mais altos ou média do número de indivíduos efetivamente mais altos de uma dada estação, se este for menor que dez. Esses resultados foram representados por linhas rotuladas e linhas rotuladas e círculos, respectivamente.

A dominância relativa, representada pela porcentagem de área basal ocupada por cada espécie, foi apresentada para cada estação na forma de um gráfico de "pizza". Estes gráficos, elaborados para cada estação, foram plotados, em um mapa temático para cada área de estudo, na localização das respectivas estações de coleta. Essa representação permite uma visualização espacial da distribuição da dominância de espécie em cada estação de cada área de estudo.

Adicionalmente, a dominância relativa é apresentada por estações de coleta em gráficos de barras, conforme a contribuição percentual em área basal de cada espécie e da condição (vivos/mortos).

A densidade é representada por gráficos de barras, pizza e também por mapa temático, que indica a densidade de troncos nos locais das estações de coleta.

Após a definição das fitofisionomias (descrita no item 11.2.3.2), os resultados apresentados em gráficos de barras, valores e valores e pontos (dominância relativa, DAP médio, densidade, área basal, altura média e altura do dossel) foram rearranjados para permitir a visualização dos resultados agrupados por fitofisionomias, facilitando a comparação das estações de uma fitofisionomia e a comparação entre as fitofisionomias. A frequência de distribuição dos indivíduos por classes de altura e de DAP é apresentada em histogramas para cada estação, com indicação das espécies.

Os mapas temáticos gerados com a finalidade de informar a localização das estações de medição e permitir uma visualização espacial dos resultados obtidos são ilustrativos. Isto porque observa-se um desalinhamento entre a base de dados utilizada como base cartográfica e a base de dados utilizada para gerar a localização das estações de medição, muito provavelmente relacionado à temporalidade e à escala de representação. Esse desalinhamento provoca um efeito de que algumas estações de medição estariam localizadas na água. Seu posicionamento, no entanto, está correto. Isso ocorre sobretudo na região mais externa dos sistemas costeiros, onde há forte dinâmica sedimentar e áreas de mangue são constantemente formadas ou erodidas.

11.3.3.3.1. Análise do Desenvolvimento Estrutural das Florestas

As classes de desenvolvimento estrutural das florestas de mangue estudadas no Projeto Costa Norte foram definidas com base na análise integrada dos resultados obtidos para os parâmetros DAP médio, altura do dossel e densidade, para cada um dos quais foram definidas as classes baixa, intermediária e alta.

A definição das classes de DAP médio utilizou como base a curva de correlação da densidade com DAP médio, proposta por Jimenez *et al.* (1985), plotada utilizando o intervalo de dados medidos em campo para os manguezais da MEB. Com base nessa curva, identificou-se os pontos de inflexão da curva para os níveis

de densidade (alta/intermediária e intermediária/baixa) e foram identificados os valores de DAP médio onde os níveis de densidade ocorrem. Esses valores foram posteriormente validados pela comparação com os dados reais medidos em campo.

Para definição das classes de altura do dossel, foram primeiramente definidas as relações entre o DAP médio e a altura do dossel para o conjunto de dados de cada uma das áreas de estudo e para o total dos dados levantados em campo. Em seguida, foram estimadas as alturas de dossel correspondentes aos limites obtidos para o DAP médio, aplicando-se os modelos obtidos. Com base nessa análise e na comparação com os dados medidos em campo, foram adotados os limites entre as classes de altura do dossel. Esses dados foram ainda comparados com as classes obtidas através do levantamento por LiDAR para as quatro áreas de estudo, com a finalidade de avaliar a coerência da estimativa realizada.

A definição das classes de densidade utilizou o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985), conforme segue:

$$\text{Densidade} = 74960 \times (\text{DAP Médio})^{-1,493}$$

Com base nesse modelo, foram estimadas as densidades correspondentes aos limites previamente definidos para o DAP médio. Portanto, com base em todas as determinações anteriormente descritas, foram definidos os limites para discriminação das classes de desenvolvimento estrutural das florestas de mangue da Margem Equatorial Brasileira.

Na Tabela 11-4, são apresentadas as classes de desenvolvimento estrutural estabelecidas no âmbito do Projeto Costa Norte para florestas de mangue, conforme os limites de valores de DAP médio, altura do dossel e densidade. Ressalta-se que as classes e o procedimento foram definidos a partir da análise dos dados da estrutura da vegetação obtidos nas quatro áreas de estudo do presente Projeto. Dessa forma, a definição das classes de desenvolvimento estrutural consiste em um importante resultado de desenvolvimento metodológico do Projeto Costa Norte e avanço para a ecologia de manguezais, informação até então indisponível na literatura sobre o assunto.

Tabela 11-4: Classes de desenvolvimento estrutural das florestas de mangue estudadas no Projeto Costa Norte conforme os limites dos valores de DAP médio, altura do dossel e densidade.

Desenvolvimento Estrutural	DAP Médio (cm)	Altura do Dossel (m)	Densidade ($tr.ha^{-1}$)
Baixo	< 9,0	< 11,0	≥ 2.820
Intermediário	9,0 a 18,0	11,0 a 22,0	1.000 a 2.820
Alto	≥ 18,0	≥ 22,0	< 1.000

É importante destacar que o procedimento para definição do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue, com base nos limites aqui definidos, teve como base a experiência do NEMA/UERJ (Núcleo de Estudos em Manguezais) de observações, medições e estudos dos manguezais de toda a costa do Brasil ao longo dos últimos 35 anos.

Com base nessa experiência e na análise de dados de estrutura vegetal de centenas de florestas de mangue, estabelecemos como ponto de partida para a classificação do desenvolvimento estrutural de florestas de mangue a faixa de DAP médio e, secundariamente, a altura do dossel e, por fim, a densidade de troncos. Essa definição – em que há uma hierarquização das variáveis utilizados para a classificação do

desenvolvimento estrutural – tem como base o entendimento de que apesar da forte relação existente entre essas três variáveis estruturais, a altura e a densidade são mais suscetíveis a alterações impostas por tensores e distúrbios, mascarando muitas vezes o efeito do processo de amadurecimento/ desenvolvimento estrutural da floresta.

De forma a ilustrar a questão posta sobre a hierarquização das variáveis, apresentamos dois exemplos de como as variáveis altura do dossel e densidade podem responder às alterações impostas por tensores e distúrbios:

I. Sabemos que o desenvolvimento estrutural é diretamente proporcional ao DAP médio e à altura do dossel e inversamente proporcional à densidade. Todavia, podem haver florestas com DAP médio e altura de dossel compatíveis com determinado grau de desenvolvimento estrutural, porém com densidade abaixo do esperado (compatível com desenvolvimento estrutural mais elevado), simplesmente pela ocorrência de algum distúrbio que levou à abertura de clareiras. Esse processo não implica em redução da densidade pelo aumento do desenvolvimento estrutural (amadurecimento) da floresta e reflete a maior fragilidade de tal classificação baseada principalmente na densidade.
II. De forma similar, uma floresta submetida a alguma forma de tensor físico-quimico (como baixa frequência de inundação pelas marés) ou físico (exposição à energia das marés e ventos na franja de florestas de mangue), como descrito por Pellegrini *et al.* (2009) para Garapuá (BA), que apresenta DAP médio compatível com desenvolvimento estrutural intermediário, pode apresentar uma estrutura retorcida com altura de dossel compatível com floresta de baixo desenvolvimento estrutural. Todavia, essa distorção acontece por efeito de tensores sobre a arquitetura da floresta, que apresenta, na verdade, um desenvolvimento estrutural intermediário, apesar da redução da altura. Deve-se ter cautela para não confundir esse efeito com florestas altamente ramificadas, de porte anão/arbustivo, que apresentam desenvolvimento estrutural realmente baixo, como as descritas por Soares *et al.* (2017) na interface da floresta de mangue com planícies hipersalinas em Guaratiba (RJ).

Os exemplos acima expostos ilustram que apesar das três variáveis estruturais (DAP médio, altura do dossel e densidade de troncos) terem relação com o nível de desenvolvimento estrutural e, portanto, serem utilizadas na determinação do desenvolvimento estrutural, as mesmas devem ser utilizadas de forma hierarquizada e complementar, com uma primeira aproximação baseada no DAP médio e tendo a relação DAP médio/altura do dossel como auxiliar e, de forma complementar, uma aproximação baseada na relação DAP médio/densidade de troncos.

Na sequência, apresentamos as etapas propostas para classificação das florestas de mangue segundo o desenvolvimento estrutural e que foram utilizadas no presente estudo:

Nível 1 de avaliação: classificar o desenvolvimento estrutural das estações segundo o DAP médio e a Altura do dossel. Se as classificações segundo o DAP médio e a altura do dossel forem as mesmas, essa será a classificação definida para o desenvolvimento estrutural da floresta. Se as classificações segundo o DAP médio e a altura do dossel forem distintas, deve procede-se à classificação segundo a densidade;

Nível 2 de avaliação: se a classificação segundo a densidade coincidir com a classificação segundo o DAP médio, essa será a classificação definida para o desenvolvimento estrutural da floresta;

Nível 3 de avaliação: se a classificação segundo a densidade não coincidir com a classificação segundo DAP médio, mas coincidir com a classificação segundo a altura do dossel, essa será a classificação definida para o desenvolvimento estrutural da floresta;

Nível 4 de avaliação: caso nenhum dos casos acima ocorra, ou seja, as classificações segundo os três parâmetros sejam distintas entre si, a classificação definida para o desenvolvimento estrutural da floresta deve ser baseada na classificação segundo o DAP médio.

Por fim, a classificação das diferentes estações de medição segundo o nível de desenvolvimento estrutural foi realizada conforme procedimento acima descrito. Complementarmente, a curva de dispersão da relação entre os resultados de densidade e DAP médio das estações foi elaborada para cada área de estudo e comparada ao modelo apresentado por Jimenez *et al.* (1985). Essa análise complementou a avaliação do desenvolvimento estrutural das florestas, permitindo analisar o estado de amadurecimento e conservação das florestas de mangue estudadas.

11.3.3.3.2. Identificação das Fitofisionomias

A identificação das fitofisionomias tem como objetivo discriminar, no universo amostral, que tipos de florestas são representados pelas estações de medição, considerando-se as características estruturais, tais como composição de espécies, altura média, altura do dossel, DAP médio, densidade e distribuição dos indivíduos em classes de tamanho (DAP e altura).

A identificação de fitofisionomias utilizou dois métodos de análise dos dados, que foram aplicados em conjunto e de forma complementar: A análise exploratória dos dados e a análise de agrupamento.

11.3.3.3.2.1. Análise exploratória

A análise exploratória consistiu em uma análise criteriosa dos principais parâmetros descritores da estrutura da comunidade em cada estação de medição, geralmente, na seguinte ordem de importância: dominância relativa das espécies, altura média e altura média do dossel, DAP médio, densidade de troncos vivos e distribuição dos indivíduos em classes de tamanho (DAP e altura).Com essa abordagem, adquire-se um conhecimento aprofundado das características da estrutura da vegetação em cada estação de medição e um melhor conhecimento de como se distribuem essas características nas florestas de mangue que ocupam as áreas estudadas. Uma identificação preliminar das fitofisionomias é o resultado dessa primeira abordagem dos dados.

Complementarmente, é necessário avaliar como se apresenta a distribuição dos indivíduos em classes de desenvolvimento estrutural em uma determinada estação. Essa análise permite inferir processos ecológicos em curso em determinada floresta/fitofisionomia, como fase de amadurecimento, substituição de espécies, regeneração ou sucessão secundária, para citar apenas alguns. Nesse sentido, foi analisada a distribuição dos indivíduos de cada uma das estações de medição em classes de altura e DAP, considerando-se ainda as espécies. Destaca-se a importância da análise dessa representação gráfica de resultados, principalmente quando há heterogeneidade das árvores encontradas em determinada estação. Por exemplo, em determinada estação, havendo um grupo com baixo e outro com alto desenvolvimento estrutural, indicado pela altura dos indivíduos, os parâmetros DAP médio, altura média, densidade e área basal tendem a apresentar valores intermediários, mascarando a complexidade da floresta exemplificada.

Adicionalmente, a arquitetura das árvores nas estações foi avaliada através da forma de crescimento das árvores (ereta ou retorcida); da relação entre o DAP médio e a altura média; e da ramificação das árvores, indicada pelo número de troncos por indivíduo. Essas características auxiliam a interpretação das condições ambientais e seus efeitos sobre a vegetação.

11.3.3.3.2.2. Análise de agrupamento

A análise de agrupamento é uma técnica estatística usada para classificar, por similaridade, elementos em grupos. Essa análise foi utilizada com o propósito de identificar similaridades entre as estações, agrupando as mais semelhantes em conjuntos. A análise foi realizada no programa *Statistica*.

A análise pode ser realizada com métodos hierárquicos e não hierárquicos. Neste estudo, o modo de agrupamento utilizado foi do tipo "hierarquizado" e "árvore", que estabelece similaridade entre duas estações de modo a gerar pares, que por sua vez podem ser agrupadas com outros grupos, formando grupos maiores.

Uma função de distância é usada para definir a semelhança ou diferença entre os elementos. O método utilizado neste estudo foi o UPGMA (*Unweighted Pair-Group Mean Average*), que agrupa objetos com menor distância entre si e recalcula as médias das distâncias quando compara o agrupamento formado e os objetos restantes. A unidade de distância utilizada nesta análise é denominada "Distância Euclidiana" por se tratar da forma mais usual de unidade utilizada em estudos de ecologia vegetal e por não existir uma razão, a priori, para considerar outras unidades mais complexas.

As variáveis analisadas para compor cada elemento (estação) foram as seguintes:

- Dominância de *Avicennia* spp.: Valores percentuais (0 – 100) da proporção da Área Basal Viva pertencente a espécies de *Avicennia*.
- Dominância de *Laguncularia racemosa*: Valores percentuais (0 – 100) da proporção da Área Basal Viva pertencente à espécie *Laguncularia racemosa*.
- Dominância de *Rhizophora* spp.: Valores percentuais (0 – 100) da proporção da Área Basal Viva pertencente a espécies de *Rhizophora*.
- DAP médio: Valores absolutos do DAP médio (cm) de cada estação de medição.
- Altura do Dossel: Média aritmética dos dez indivíduos mais altos de cada estação de medição (m).

Os grupos de estações formados pela análise de agrupamento tendem a apresentar características ecológicas comuns, resultando em indicações preliminares de fisionomias, que são posteriormente avaliadas de forma combinada com outros dados pela equipe.

A distância selecionada para estabelecer o corte para separação das fitofisionomias (agrupamentos de estações com características similares) em cada uma das áreas de estudo foi selecionada e ajustada a partir da análise das características dos grupos formados com cortes a diferentes distâncias. A uma distância maior, os grupos são formados principalmente conforme a dominância relativa, mas não há separação dos grupos de estações com características de estrutura da vegetação diferentes, assim o nível de detalhamento das características dos grupos formados é insuficiente para identificar as fitofisionomias. Por outro lado, a uma distância menor, haveria um detalhamento excessivo dos grupos, por separar estações com florestas de características ecológicas semelhantes. Assim, a distância selecionada para corte reflete um equilíbrio entre a distinção das diferenças entre os grupos formados e o agrupamento de estações com características ecológicas semelhantes.

Cabe destacar que a dominância relativa, conforme mencionado acima, é uma variável considerada três vezes no cálculo da análise de agrupamento, pois para cada espécie há uma entrada de dado de dominância. Essa característica em relação às variáveis consideradas na análise, pode criar um viés colocando a dominância como a variável determinante da semelhança entre os grupos, seguida das duas outras, altura do dossel e DAP médio. Essa abordagem se justifica, pois a característica base pela qual se inicia a diferenciação das fitofisionomias é a composição de espécies da fitofisionomia, sendo em seguida

considerado o desenvolvimento estrutural dessas florestas (representado na análise de agrupamento pela altura do dossel e o DAP médio).

Para a definição final e descrição das fitofisionomias presentes em cada uma das áreas de estudo, os resultados das análises de agrupamento foram cruzados com a análise exploratória e com a análise do desenvolvimento estrutural das florestas, considerando-se ainda a distribuição dos indivíduos de cada espécie presente na fitofisionomia em classes de desenvolvimento estrutural (DAP e altura). Com isso, além da validação dos agrupamentos identificados, foi possível identificar e descrever particularidades observadas em determinados agrupamentos. Em casos específicos, diferenças relevantes dentro de um mesmo grupo podem ser identificadas, como por exemplo a ocorrência de arquitetura diferenciada, que não são captadas pela análise de agrupamento realizada. Nesses casos, a fitofisionomia é dividida em tipos (subgrupos) e as características e diferenças são apontadas na descrição e análise da fitofisionomia.

11.4. Campanhas de Coleta de Dados

Um relato das campanhas realizadas em cada área de estudo é apresentado a seguir. Estão destacadas informações sobre a localização e quantidade de estações de medição, peculiaridades das áreas de estudo e da logística envolvida na realização destas campanhas.

11.4.1. Baía de Turiaçu (MA)

A Baía de Turiaçu também foi uma área de estudo onde não havia qualquer informação anterior sobre condições de infraestrutura e logística. Considerando a amplitude dessa, que é a maior dentre as áreas de estudo – cerca de 700 km^2, foram necessárias duas campanhas de reconhecimento para identificar parceiros locais, condições de deslocamento pelo estuário, tipos de embarcações disponíveis, custos com deslocamento, possibilidades de hospedagem em lugarejos na área de estudo, dentre outras informações de relevante interesse para o melhor planejamento da logística das campanhas de coleta de dados. Nesse contexto, diversas cidades e comunidades podem ser destacadas: Turiaçu, Apicum-Açu, Sababa, Santa Barbara, Cunhã-Coema, Ponta Seca (Figura 11-14).

Diante da dimensão desse estuário, os reconhecimentos foram realizados em duas fases. O primeiro reconhecimento coincidiu com a instalação dos equipamentos de medição de maré e ocupou-se do setor oeste do estuário, partindo da cidade de Turiaçu e indo até a comunidade de Cunhã-Coema, localizada a 3 horas de barco de Turiaçu na porção noroeste do estuário (ver Figura 11-14).

O segundo reconhecimento ocorreu entre as fases de campanha no lado oeste e leste do estuário e coincidiu com a retirada dos equipamentos de medição de maré. Ambas as campanhas de reconhecimento nesta área foram determinantes para as campanhas de medição que foram realizadas posteriormente. Na verdade, pode-se afirmar que todas as campanhas realizadas nessa região foram também de reconhecimento. Em todas elas, novas prospecções foram realizadas, novas parcerias estabelecidas e estratégias de campo redesenhadas.

A dimensão da área de estudo, a grande amplitude de maré (nos períodos das campanhas as amplitudes variaram entre 2,5 m a 4,5 m) e a variabilidade das fitofisionomias demandaram um planejamento especialmente cuidadoso do desenho amostral relacionado à sequência de estações de medição e vistoria a serem realizadas.

A grande dimensão dessa área de estudo determinou que fossem realizadas cinco campanhas para levantamento da estrutura vegetal (fitossociologia) das florestas de mangue, de forma a garantir uma boa espacialização das amostragens e representatividade das fitofisionomias indicadas no Caderno de Campo. Duas campanhas ocuparam-se do setor leste do estuário, duas do setor oeste e uma, a última, percorreu

praticamente todo o estuário, de forma a complementar a espacialização e a representatividade de algumas fitofisionomias.

Figura 11-14: Localidades importantes para apoio à realização das campanhas na Baía de Turiaçu (MA).

O Caderno de Campo atingiu seu aperfeiçoamento máximo no suporte ao planejamento das campanhas em Turiaçu, pois a equipe do ESPAÇO/UFRJ, mais familiarizada com as respostas espectrais da vegetação, conseguiu individualizar melhor as fitofisionomias dessa área. Diante disso, as avaliações dos resultados obtidos em cada campanha foram permitindo avaliar as campanhas em termos de espacialização e representatividade e, com isso, com segurança decidiu-se pela realização dessas cinco campanhas, duas a mais do que nas áreas de estudo no estuário de São Caetano de Odivelas e no sistema costeiro de Soure, ambas no Pará.

Na primeira campanha – TUR#1, 12 estações foram medidas e 21 vistoriadas (Figura 11-15), no período de 12 a 23 de outubro de 2018. Os aprendizados obtidos na primeira experiência em campo nesta área de estudo foram devidamente registrados com a finalidade de fornecer subsídios relevantes para o planejamento das próximas campanhas a serem realizadas nesta área de estudo. Para essa campanha, a

cidade de Turiaçu e a vila de pescadores de Cunhã-Coema foram estabelecidas como bases de apoio durante os dias de campo.

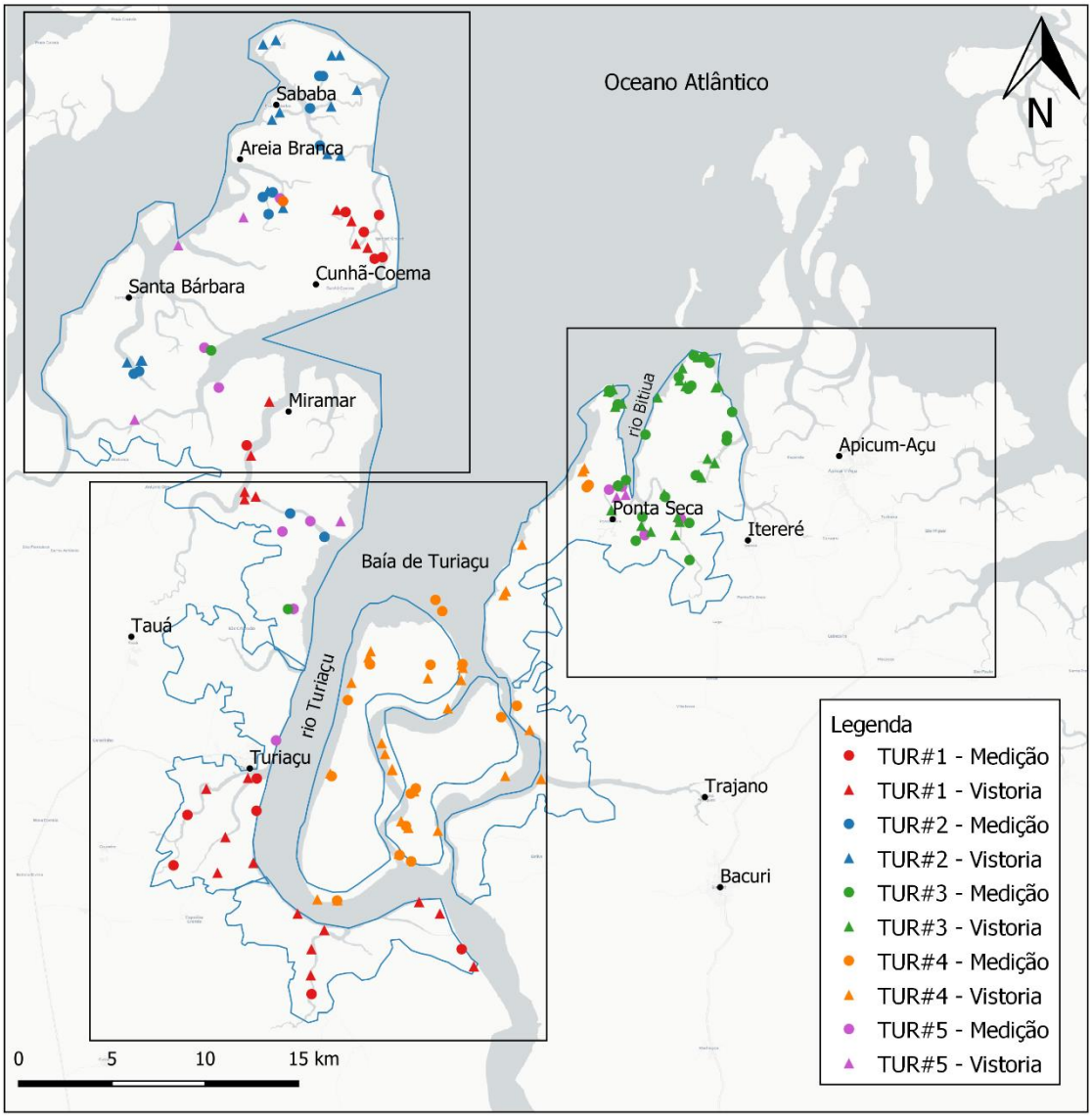


Figura 11-15: Estações medidas e vistoriadas nas cinco campanhas realizadas na Baía de Turiaçu (MA).

A segunda campanha – TUR#2 – foi realizada no período de 21 de junho a 02 de julho de 2019, quando 11 estações foram medidas e 16 estações vistoriadas (ver Figura 11-15). Para essa campanha, as bases de campo foram estabelecidas nas vilas de pescadores de Sababa (Figura 11-16) e Santa Bárbara. Essas vilas de pescadores estão localizadas na porção noroeste da área de estudo, acessíveis apenas por embarcação, a aproximadamente 4 horas de Turiaçu, e foram selecionadas como bases pela proximidade das estações planejadas para medição nessa campanha.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-16: Rua principal do povoado de Sababa, Baía de Turiaçu (MA).

Nas vilas, a equipe recebeu apoio inestimável de comunidades pesqueiras. Os moradores locais forneceram hospedagem (Figura 11-17 e Figura 11-18), prepararam as refeições para equipe técnica e forneceram transporte em lancha e rabeta. A mobilização para acessar locais distantes representou um desafio à equipe, que precisou levar água potável, mantimentos, combustível, além de todo material de campo normalmente necessário à realização das medições.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-17: Descanso nas redes em locais gentilmente disponibilizados pelos moradores de Cunhã-Coema, Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-18: Casa onde a equipe foi acolhida em Sababa, Baía de Turiaçu (MA).

A terceira campanha nessa área de estudo seria realizada na porção leste da Baía de Turiaçu. Com isso, ao final da segunda campanha, a equipe realizou uma grande investigação das condições da região do outro lado do estuário, visando avaliar a existência e condição de portos, condições de navegabilidade nos trechos de acesso às estações de medição, serviço de hospedagem, alimentação, postos de saúde e combustível. Foram visitadas as cidades de Apicum-Açu e Bacuri (distrito Portugal e Ponta Seca) e algumas menores localizadas ao longo do percurso até essas duas cidades (ver Figura 11-14).

A terceira campanha para coleta de dados – TUR#3 – foi realizada na porção leste da Baía de Turiaçu, no período de 04 a 14 de agosto de 2019, quando 20 estações foram medidas e 21 estações, vistoriadas (ver Figura 11-15). As informações obtidas durante a expedição anterior (TUR#2) forneceram uma base sólida para a execução das atividades de TUR#3.

Apicum-Açu foi a cidade onde a equipe ficou hospedada e fez uso do porto nos primeiros dias (Figura 11-19). A variação de maré representou novamente um desafio para a equipe que precisou deixar de utilizar o porto da cidade de Apicum-Açu, pois na área do porto, na maré baixa, o rio se transformava em um canal muito estreito e raso, o que impedia a navegação nessas condições.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-19: Porto em Apicum Açu (MA), onde foi feito contato com proprietários e pilotos de um dos barcos usados nas campanhas, Baía de Turiaçu (MA).

Com isso, o porto de Ponta Seca (Distrito de Bacuri) foi o porto escolhido para ser o local de embarque e desembarque da equipe nos dias de campanha (ver Figura 11-14). Embora mais distante da cidade onde a equipe estava hospedada e de acesso mais restrito, esse porto se mostrou mais eficiente, pois nele há pouca limitação pela maré ao embarque, desembarque e navegação. Moradores locais de Ponta Seca auxiliaram a equipe fornecendo local para armazenar os equipamentos pesados durante os dias de campanha, enquanto os funcionários da Pousada em Apicum-Açu apoiaram o preparo dos lanches de campo. As estações medidas nesta campanha estavam localizadas ao longo dos rios Bitiua (Figura 11-20), Iperara e região, a nordeste da área de estudo (ver Figura 11-14).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-20: Meandros do rio Bitiua, margeado pela extensa floresta de mangue, baía de Turiaçu (MA).

Na quarta campanha – TUR#4, também realizada na porção leste da baía de Turiaçu, foram medidas 17 estações e vistoriadas outras 28. Esta campanha ocorreu no período de 18 a 27 de agosto de 2019 e teve Bacuri como base de campo (ver Figura 11-14). Novamente, a equipe contou com o apoio de moradores locais para o armazenamento dos materiais mais pesados nas proximidades do local de embarque e desembarque. A preparação dos lanches de campo também teve o importante apoio do comércio local e da pousada onde a equipe ficou hospedada.

Cabe ressaltar o importante apoio da comunidade pesqueira de Bacuri, dos funcionários da pousada Emely e do restaurante local, que se dispuseram a auxiliar na logística cotidiana de retirada dos materiais da embarcação em maré baixa e na preparação de refeições para consumo em campo e pós-campo, respectivamente. Destaca-se também a atuação do piloto, experiente na condução da embarcação e conhecedor das condições de navegação pelo estuário, do comportamento da maré e dos acessos às diferentes localidades visitadas durante a campanha. Foram muitos os auxílios no decorrer do campo, o que certamente teve grande relevância na condução das atividades e no sucesso da campanha.

A quinta e última campanha no estuário da baía de Turiaçu – TUR#5 – foi a campanha de maior abrangência espacial realizada durante o Projeto Costa Norte. A equipe deslocou-se por embarcação por todo o estuário, de leste a oeste. As bases de campo foram estabelecidas em Santa Bárbara, Turiaçu e Apicum Açu (ver Figura 11-14). Foram 15 estações medidas e 7 vistoriadas (ver Figura 11-15), entre os dias 14 e 25 de novembro de 2019. O planejamento das estações medidas baseou-se em garantir a espacialização e representatividade das fitofisionomias ao longo do estuário, considerando algumas lacunas que permaneceram após as campanhas anteriores. A estratégia de campo, como nas outras campanhas nesse estuário, foi planejada de acordo com a dinâmica da maré.

Devido ao acesso a áreas muito remotas, as campanhas realizadas na porção oeste do estuário contaram com o transporte entre localidades em embarcação de médio porte (Figura 11-21). Quando disponíveis, embarcações menores foram usadas para deslocamentos diários para acesso às estações de medição.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-21: Embarcação usada em transporte entre localidades na porção oeste da Baía de Turiaçu (MA).

A Baía de Turiaçu destaca-se pela amplitude das paisagens (Figura 11-22 e Figura 11-23) e a vegetação da região (Figura 11-24), com características particulares associadas ao ambiente hipersalino (Figura 11-25) encontrado nessa área de estudo pela equipe (Figura 11-26).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-22: Caminhada em praia próxima ao Bitiua, para acessar a embarcação, em sedimento exposto durante maré baixa, Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-23: Pôr do sol sobre os manguezais na Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-24: Medição de DAP em floresta retorcida de *Rhizophora* spp., tipo de arquitetura comumente encontrada na região da Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-25: Planície hipersalina rodeada por florestas de mangue na região da Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-26: Equipe técnica da campanha TUR#5, Baía de Turiaçu (MA).

11.4.2. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)

As campanhas para obtenção de dados tiveram início no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). Esta área de estudo foi escolhida como ponto de partida para as campanhas de coleta de dados de estrutura da vegetação por ser uma área onde os pesquisadores possuíam experiência prévia, por ser área de estudo tanto do NEGEMC/UERJ, como da equipe da UFPA. Com isso, a equipe teve a oportunidade de confirmar a

logística prevista, promover o alinhamento entre a equipe e o aprimoramento dos procedimentos de campo.

A cidade de São Caetano de Odivelas, cuja principal atividade econômica é a pesca, serviu como base durante os dias de atividades de campo no estuário. Na Figura 11-27 é possível observar o porto do mercado de peixe da cidade, importante local de comercialização da pesca realizada no estuário. Destaca-se durante as campanhas o uso dos pequenos canais pela equipe (Figura 11-28 a Figura 11-30), geralmente pouco acessados pelos pescadores locais.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-27: Pequeno porto do mercado de peixe na margem do rio Mojuim, rio que margeia a cidade de São Caetano de Odivelas (PA). Na margem oposta é possível observar uma exuberante floresta de mangue.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-28: Equipe técnica no barco atracado na margem do rio para acessar as áreas de manguezal, estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-29: Emaranhado de rizóforos à beira do canal, estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-30: Equipe técnica da primeira campanha (SCO#1) no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

O Prof. Marcelo Rollnic (UFPA) concedeu apoio logístico inestimável pelo seu profundo conhecimento do estuário de São Caetano de Odivelas, por ceder e, algumas vezes, pilotar a embarcação que permitiu o transporte da equipe pelo estuário e acesso às estações de coleta. Sua participação ativa em mais de uma campanha foi muito importante para promover o conhecimento do estuário pela equipe de campo e para orientar a estratégia de campo, considerando a dinâmica da maré nesse estuário.

O estuário de São Caetano de Odivelas se destaca como um local com extensas florestas de mangue margeando a costa, as ilhas, os canais e os rios (Figura 11-31).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-31: Franja da floresta de mangue em curva de rio, estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Nessa área de estudo, foram realizadas, no total, três campanhas para coleta de dados de estrutura vegetal. A Figura 11-32 apresenta as estações medidas e vistoriadas nas 3 campanhas realizadas nesse estuário. Adicionalmente, estão destacadas as vistorias que puderam ser realizadas na campanha de instalação do marégrafo (identificadas na legenda da figura por SCO#Vistoria).

A primeira campanha – SCO#1 – ocorreu no período de 31 de maio a 06 de junho de 2017, quando as estações medidas (19) e vistoriadas (9) somaram 28. Esta campanha foi importante para o reconhecimento geral do estuário e das florestas de mangue no entorno de São Caetano de Odivelas e para aprimoramento do planejamento e logística para as futuras campanhas nas quatro áreas de estudo.

A segunda campanha – SCO#2, realizada no período de 10 a 16 de agosto de 2017, resultou em um relevante avanço na obtenção de dados, 21 estações foram medidas e 19 vistoriadas. O conhecimento do estuário, adquirido durante a primeira campanha, possibilitou a definição da estratégia diária de campo e a identificação de acessos às estações por imagens de satélite antes da viagem, ações que conferiram grande agilidade à execução da campanha.

A terceira e última campanha de coleta de dados estruturais em São Caetano de Odivelas, SCO#3, totalizou 12 estações medidas e 22 estações vistoriadas, no período de 17 a 24 de junho de 2018.

Em todas as campanhas, a consistência dos dados obtidos foi avaliada ainda em campo e foram registradas as principais características observadas (com croqui das parcelas, observações das condições ambientais e sobre a fitofisionomia, entre outras observações aplicáveis). Esse procedimento foi adotado em todas as campanhas realizadas no âmbito do Projeto, considerando a grande dificuldade e recursos envolvidos para refazer uma campanha, esse procedimento garantiu a qualidade dos dados e o sucesso da campanha.

As atividades de coletas de dados estruturais das florestas de mangue de São Caetano de Odivelas foram concluídas em junho de 2018, uma resposta positiva ao planejamento e um avanço importante para o projeto.

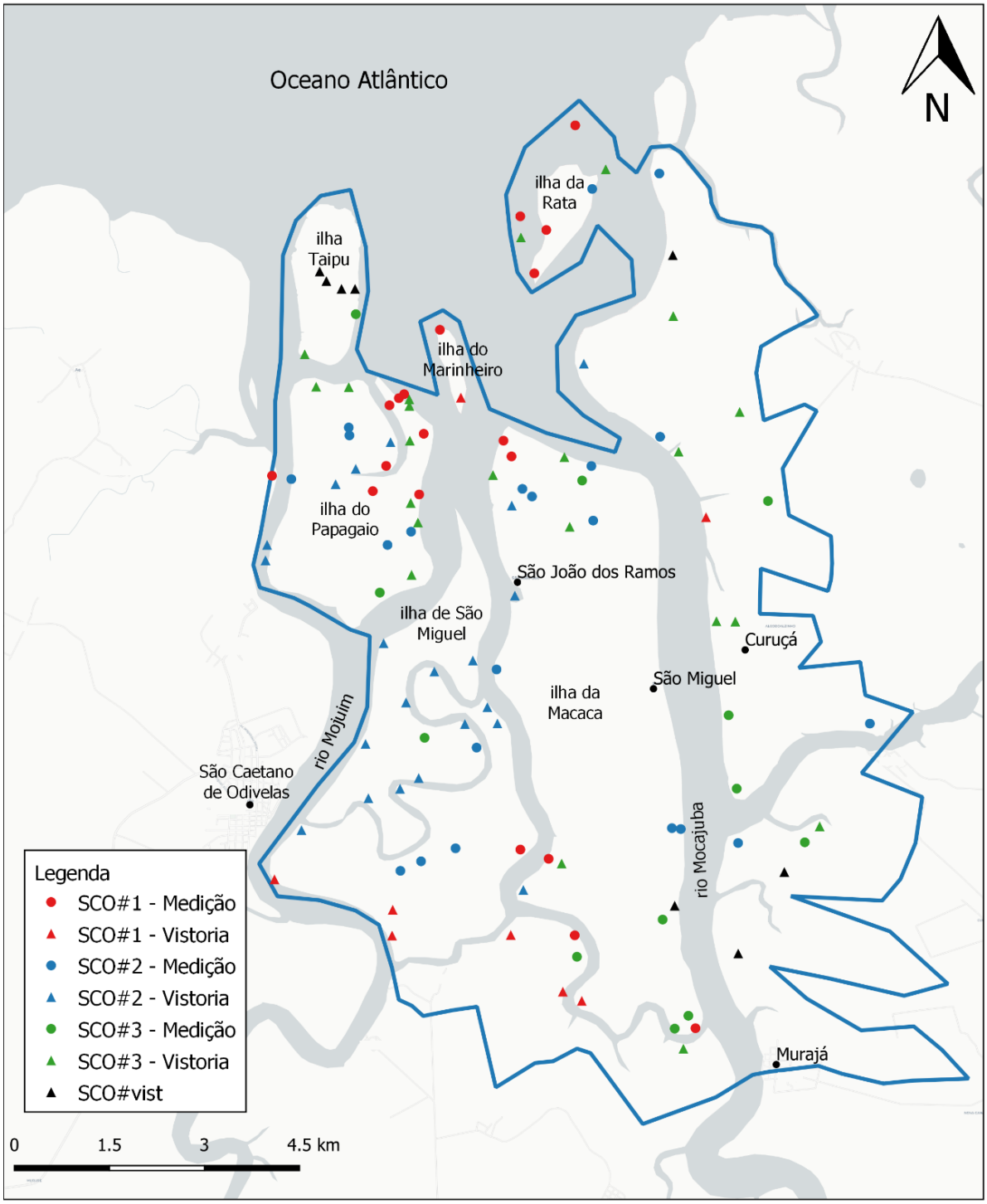


Figura 11-32: Estações medidas e vistoriadas nas três campanhas realizadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA) e na campanha de instalação do marégrafo (SCO#vist).

11.4.3. Sistema Costeiro de Soure (PA)

As duas primeiras campanhas realizadas em Soure foram campanhas de reconhecimento da região e das áreas de coleta previamente definidas no Caderno de Campo. O reconhecimento foi necessário devido à complexidade ambiental e definição da logística de acesso as áreas de coleta a serem visitadas, considerando características como a geomorfologia, o clima da região, as grandes amplitudes de maré e a distância do centro urbano de Soure.

Na primeira campanha de reconhecimento, SOU#REC1, foram realizadas importantes atividades, destacando-se visitas e o reconhecimento de importantes parceiros locais para orinetações de acessos aos pontos em campo. Entre esses parceiros, destacam-se os técnicos do ICMBio, RESEX Marinha de Soure; fazendeiros; pescadores, lideranças locais e servidores do município. Essa atividade permitiu o planejamento das formas mais adequadas de acesso às estações de coleta, pois possibilitou reunir informações sobre a logística de hospedagem, deslocamento na região, tipos de transporte mais adequados (barcos, motos, veículos 4x4); identificação de os melhores períodos para realização das campanhas (chuvoso x seco) de acordo com as fisiografias a serem visitadas; observações e encaminhamentos sobre os roteiros das atividades em campo, considerando a época do ano (clima predominate), o tempo de deslocamento e acesso; além do diagnóstico das condições de segurança relevantes para a realização do trabalho pretendido na região. Foram ainda realizadas algumas incursões a alguns sistemas (igarapés) onde seriam realizadas as amostragens, com destaque ao reconhecimento pela costa em direção ao norte até as proximidades da ponta Maguari (Figura 11-33).

Figura 11-33: Região próxima à Ponta do Maguari, onde foi realizada a campanha de reconhecimento. A linha amarela marca o trajeto do deslocamento da equipe registrado no GPS, sistema costeiro de Soure (PA).

Assim, o reconhecimento prévio foi condição fundamental e indispensável para planejamento e o sucesso das campanhas futuras de obtenção de dados e tornou a estratégia das campanhas mais acurada. Sem as informações levantadas e contatos estabelecidos nessas ocasiões, a execução das campanhas poderiam não ter a eficiência desejada ou mesmo serem inviabilizadas.

Dentre as informações mais importantes obtidas nessa campanha está o diagnóstico das condições de segurança nessa área de estudo. Diversos parceiros contactados relataram que o extremo nordeste da ilha de Marajó é uma área de intensos conflitos e que atividades nesta parte de ilha poderia colocar em risco à equipe de campo naquela região. Devido a esses e alertas e de modo a controlar a exposição aos riscos, a área não foi visitada para a medição dos parâmetros de estrutura da vegetação e as estações que haviam sido estabelecidas para esse trecho da área de estudo foram deslocadas para as áreas mais ao sul ou mais a oeste, respeitando-se a representatividade das fitofisionomias identificadas para a citada região no Caderno de Campo (Figura 11-34).

Figura 11-34: Mapa da Realocação das estações a nordeste do sistema costeiro de Soure (PA), em virtude das condições de insegurança. À esquerda (A), planejamento inicial; à direita (B), estações realocadas. As setas indicam a realocação das estações.

Esses aprendizados foram registrados no Plano de Saúde e Segurança – PSS (documento que norteia as principais orientações de segurança durante a execução das atividades de campo do Projeto Costa Norte) para orientar as medidas de segurança quanto à circulação em igarapés específicos, fazendas ou áreas desconhecidas, valorização das informações sobre segurança fornecidas pelos parceiros locais, estratégia de comunicação além de orientar sobre os riscos no contato com fauna e flora local.

A segunda campanha de reconhecimento, SOU#REC2, foi realizada no trecho norte da área de estudo em Soure. Nessa campanha, a equipe contou com o apoio oferecido pela Sra. Cláudia Jaqueline Gonçalves Sarmento, Gerente de Educação Ambiental da SEMA/Soure, que gentilmente providenciou hospedagem e apoio logístico no caminho até a localidade de Araraquara, norte da ilha de Marajó, possibilitando a visita e reconhecimento geral do local além da vegetação nesse trecho da área de estudo. A localização das estações vistoriadas nessa campanha pode ser observada na Figura 11-47. Essa campanha de reconhecimento permitiu conhecer e avaliar a infraestrutura disponível para o deslocamento futuro da equipe até o norte da ilha de Marajó e contou com um grande apoio gentilmente oferecido pelos parceiros locais.

A logística necessária para a realização do reconhecimento em Araraquara foi extremamente complexa, devido à precariedade de infraestrutura no local como vias de acesso, hospedagem e obtenção de insumos diversos. Foi necessário alugar um veículo com tração 4x4, para que fosse possível transportar todo material como água potável, mantimentos diversos, combustível da embarcação, além do material normalmente necessário à realização dos trabalhos de campo (Figura 11-35).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-35: Preparação do pickup 4X4 para início do deslocamento até Araraquara, sistema costeiro de Soure (PA).

O reconhecimento também foi importante para a identificação dos acessos à localidade e estações de coleta além da época do ano e transporte mais adequados para alcançá-la. De acordo com as possibilidades de acesso algumas estações indicadas no Caderno de Campo foram visitadas para confirmação da ocorrência de manguezais ou somente espécies de mangue na área de estudo, visto que o norte da ilha de Marajó é uma região com uma configuração ambiental própria onde está diretamente exposta ao mar e, ao mesmo tempo, com forte influência da descarga do rio Amazonas.

No sistema costeiro de Soure, foram realizadas, no total, três campanhas para medição dos dados de estrutura vegetal. A primeira campanha para coleta de dados – SOU#1 –ocorreu no período de 27 de setembro a 03 de outubro de 2017. Esta campanha, além realizar as primeiras medições, também foi importante para avaliar, de forma mais detalhada, o tipo de vegetação encontrada. A maior influência de água doce neste trecho da costa leva à ocorrência de florestas de composição mista, com ocorrência de espécies vegetais de várzea ou terrestres (Figura 11-36, Figura 11-37 e Figura 11-38). Este fato dificultou o estabelecimento de coordenadas precisas para as estações de coleta de dados por sensoriamento remoto. Por essa razão, foi necessário realizar em campo um ajuste do posicionamento das estações de acordo com classificação das fitofisionomias desejada.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-36: Toboca (*Guadua spp.*), vegetação terrestre associada ao mangue, relacionada à presença de água doce no sistema. Igarapé Araraquara, sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-37: Margem de canal com destacada presença de aninga (*Montrichardia arborescens*), vegetação de várzea, sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-38: Floresta de *Rhizophora* spp., com vegetação terrestre ao fundo, sistema costeiro de Soure (PA).

A segunda campanha em Soure – SOU#2, foi realizada entre os dias 24 de novembro e 01 de dezembro de 2017. Esta campanha resultou em 18 estações medidas e 20 vistoriadas. Nesta campanha, destacou-se a importância do acompanhamento das atividades de campo por parceiros locais todo tempo, que conhecem bem a região, os moradores e os acessos aos igarapés e canais (Figura 11-39), conferindo agilidade à campanha e segurança aos integrantes da equipe.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-39: Floresta de *Rhizophora* spp. margeando um igarapé, sistema costeiro de Soure (PA).

Os aprendizados obtidos na campanha anterior sobre a complexidade da logística e acesso às áreas de coleta propiciaram o planejamento de acordo com tais condições. A estratégia diária de campo refere-se à ordem das estações selecionadas para medição e vistoria em determinado dia. Essa estratégia foi estabelecida conforme a possibilidade de acesso aos igarapés das estações a serem medidas, considerando a localização e a condição de maré de cada igarapé, que resultou em melhoria substanciais do aproveitamento do tempo quando comparado à campanha anterior (SOU#1) na mesma localidade.

Na terceira e última campanha em Soure – SOU#3, realizada entre 13 e 22 de outubro de 2018, foram medidas 7 estações e 22 foram vistoriadas. Nessa campanha, o objetivo foi expandir a amostragem de estações em direção ao norte da área de estudo. O acesso a essa remota região é muito complexo e demorado, devido às condições precárias de manutenção das estradas de terra e identificação de pontos para a estadia. Por isso, o retorno da equipe a Soure para os pernoites após cada dia de campo não foi considerado. Nesse sentido, o apoio de parceiros locais foi fundamental para o bom andamento e sucesso da campanha. Foi possível contar mais uma vez com esses parceiros, como integrantes da equipe e como guia de campo, além de terem disponibilizado o retiro (um tipo de hospedagem local) em fazenda localizada na região próxima das estações visitadas.

Nessa área de estudo, destacam-se os desafios para acessar os igarapés onde as estações demandavam longas caminhadas e travessias de Igarapés (Figura 11-40 e Figura 11-41). Destaca-se também a diversidade dos tipos de florestas encontradas (Figura 11-42, Figura 11-43 e Figura 11-44) e a beleza das paisagens, que encantaram a equipe (Figura 11-45 e Figura 11-46).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-40: Caminhada ao longo da costa, carregando o equipamento de campo em uma bicicleta, e indivíduos de *Rhizophora* spp. em segundo plano. Sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-41: Acesso às áreas de medição, sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-42: Floresta de *Rhizophora* spp., sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-43: Floresta com presença de espécies associadas a manguezais, como tabocal (*Olyra* spp.), sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-44: Floresta com presença de espécies associadas a manguezais, como aninga (*Montrichardia arborescens*) em primeiro plano e tabocal (*Olyra* spp.) ao fundo, sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-45: Almoço da equipe à margem do igarapé, sistema costeiro de Soure (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-46: Equipe técnica da campanha SOU#2, sistema costeiro de Soure (PA).

Nos mapas da Figura 11-47 estão representadas as estações medidas e vistoriadas nas três campanhas para coleta de dados de estrutura e duas campanhas de reconhecimento realizadas no sistema costeiro de Soure (PA).

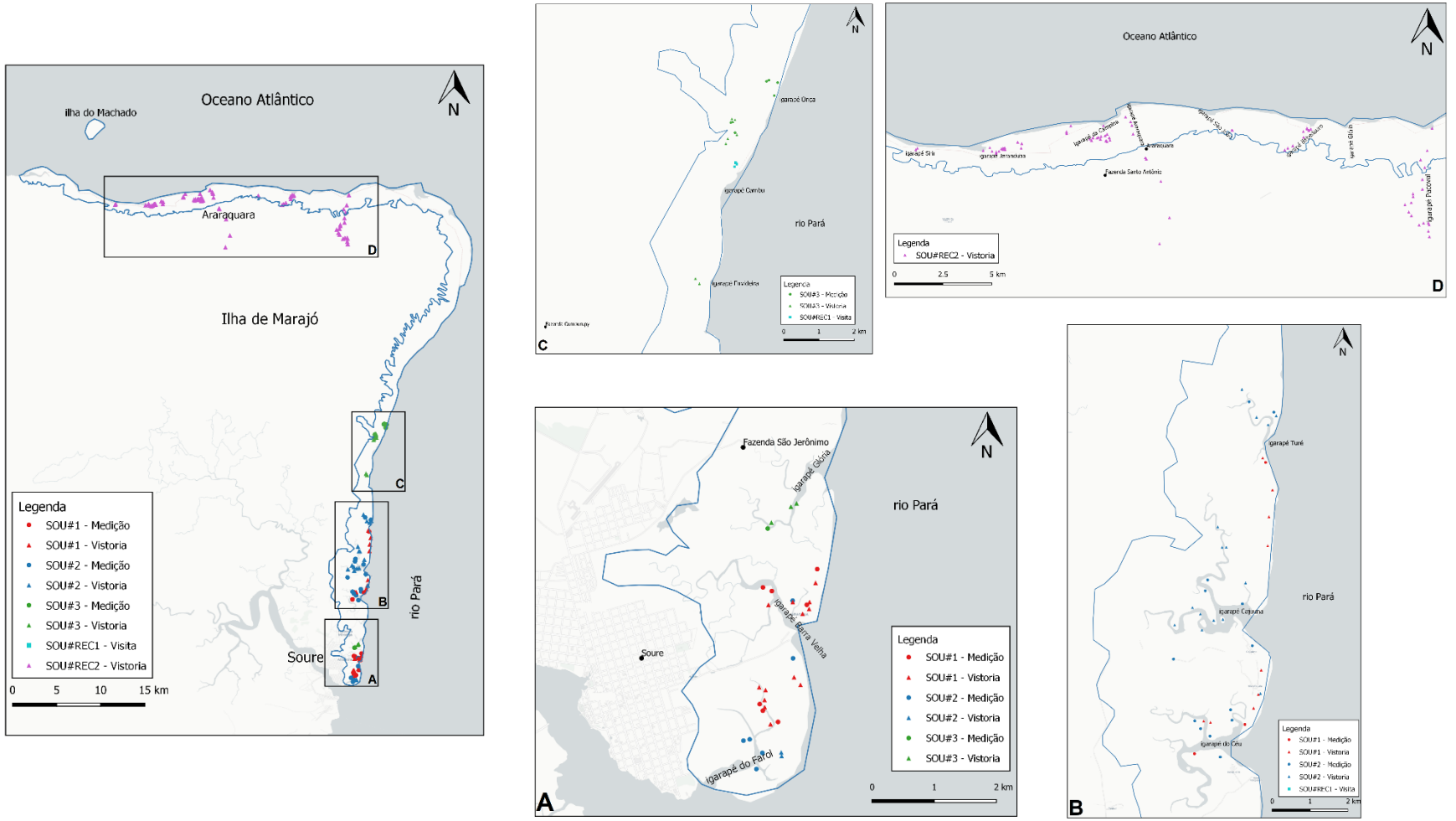


Figura 11-47: Estações medidas e vistoriadas nas três campanhas de medição e em duas campanhas de reconhecimento realizadas no sistema costeiro de Soure (PA).

11.4.4. Sistema Costeiro de Sucuriju (AP)

O sistema costeiro de Sucuriju está localizado em uma área bastante remota do Amapá cujo acesso somente é possível por embarcação. O percurso até Sucuriju dura, no mínimo, dois dias, partindo de Macapá, e envolve percorrer trechos de carro – até a cidade de Amapá – e de embarcação – da cidade de Amapá até a vila de Sucuriju. O deslocamento hidroviário entre a cidade do Amapá e a vila de Sucuriju só pode ser realizado em condições específicas de maré. Por isso, o trajeto é percorrido em dois momentos, e uma área próxima a ilha de Maracá é usada como um ponto de parada seguro para aguardar as condições favoráveis de maré para a navegação. Assim, inicialmente percorre-se o trecho Amapá-proximidades da ilha de Maracá e, em seguida, o trecho proximidades da ilha de Maracá-Sucuriju (Figura 11-48).

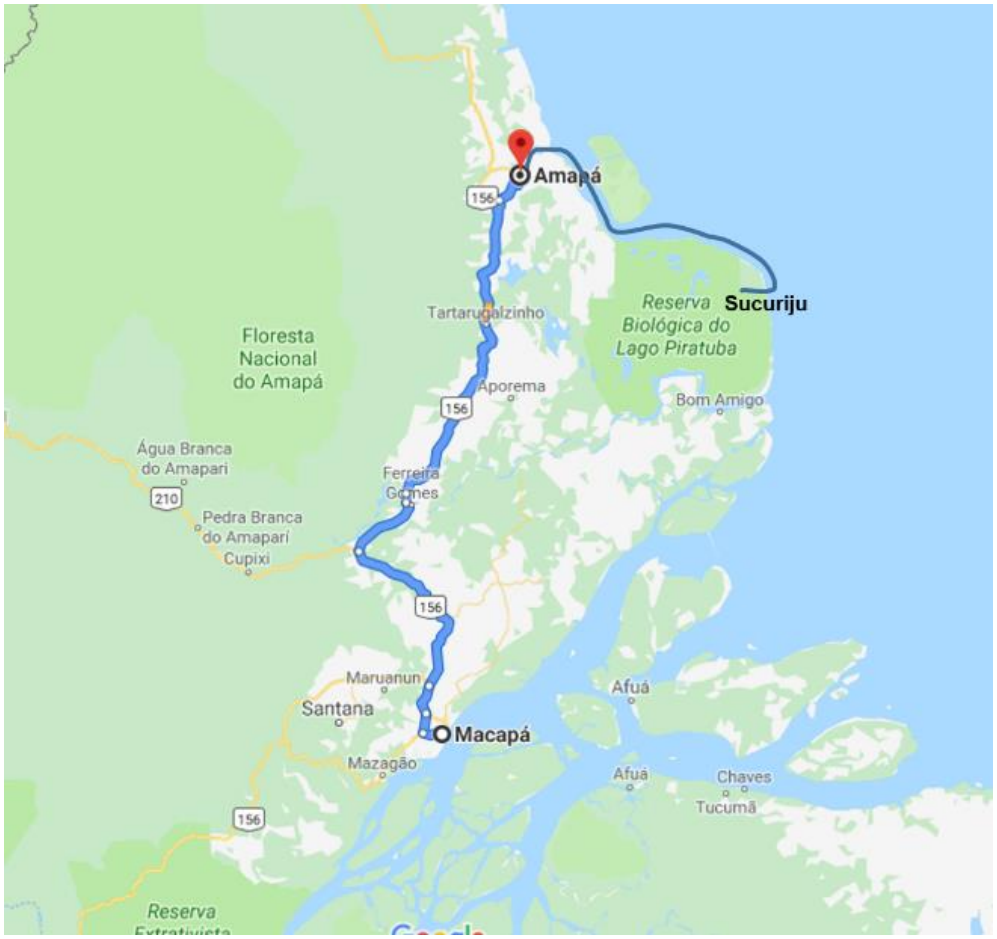


Figura 11-48: Trajeto entre Macapá e Amapá (terrestre) e entre Amapá e Sucuriju (hidroviário).

Cabe destacar que a viabilidade da expedição em Sucuriju teve um suporte inestimável da equipe do IEPA – NuPAq/LASA, nas pessoas de seus pesquisadores Valdenira Ferreira e Salustiano Costa Neto, ambos integrantes da equipe do Projeto Costa Norte no Amapá.

Eles intermediaram o contato com a gestora da REBIO do Lago Piratuba; forneceram veículo para transporte da equipe e do material necessário para realização das campanhas, motores de popa para o deslocamento nas áreas de floresta de mangue e, sobretudo, contribuíram com seu conhecimento sobre a área e toda infraestrutura logística necessária para que a campanha pudesse ser bem-sucedida. Destaca-se também a importância da estrutura disponibilizada pela REBIO do Lago Piratuba, que forneceu alojamento na base em Sucuriju (Figura 11-49), disponibilizou voadeiras e piloto para a realização da campanha e acolheu toda a equipe e as atividades relacionadas à execução das campanhas.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-49: Base do ICMBio na Vila de Sucuriju, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

A realização das campanhas em Sucuriju contou com o apoio fundamental dos técnicos do ICMBio da REBIO Lago Piratuba, especialmente da gestora Patrícia Pinha, que acolheu toda a equipe técnica e parceiros locais na base de apoio da REBIO, localizada na vila de Sucuriju, local de hospedagem nas duas campanhas realizadas nessa área de estudo.

A vila de Sucuriju é um lugarejo de infraestrutura bastante precária, sem comércio formal e apenas pequenas vendas pertencentes a moradores locais com alguns itens emergenciais. Com isso, foi necessário organizar um grande e complexo aparato logístico para as campanhas efetuadas nessa área de estudo. Essa logística incluiu levar água potável, mantimentos para todas as refeições, motores para as embarcações que seriam utilizadas, combustível para esses motores e para gerador, além de todo o material de campo normalmente necessário à realização das medições (Figura 11-50).

Destacam-se as dificuldades impostas pela maré nessa área de estudo, que apresenta amplitude de até 10 m (Figura 11-51). Devido a diversos fatores locais que influenciam o comportamento da maré, a previsibilidade para navegação é a mais baixa de todas as áreas de estudo. Nesse sentido, foi importante acompanhá-la por alguns dias e ter auxílio do guia de campo e dos pilotos experientes permanentemente, para entender um pouco sobre sua dinâmica e realizar o planejamento da estratégia de amostragem a ser adotada em campo. No período de maré de sizígia, no Rio Sucuriju diariamente formam-se pororocas, fortes ondas formadas a partir do encontro das águas do mar com as águas do rio.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-50: Embarcação utilizada no trajeto entre a cidade do Amapá e Sucuriju com as provisões acondicionadas em bombonas, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-51: Rio Sucuriju, em frente a vila, em condição de maré baixa, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Nas duas campanhas contamos com parceiros locais indispensáveis à realização dos trabalhos, pois atuaram na manutenção da segurança, definição da estratégia de campo e reconhecimento geral do estuário e dos manguezais, além de pilotarem as embarcações e serem os guias de campo.

A primeira campanha – SUC#1 – ocorreu entre os dias 01 e 15 de agosto de 2018, para coletas de dados de estrutura da vegetação e instalação dos equipamentos de medição de maré. Nessa campanha foram medidas 12 estações, e outras 12 estações foram vistoriadas (Figura 11-52). As atividades foram realizadas segundo o planejamento, com adaptações às limitações impostas pela dinâmica da maré na localidade.

Essa campanha buscou abranger a maior área possível do sistema e diversificar as fitofisionomias amostradas, usando as estações selecionadas para medição e vistoria com o objetivo de otimizar a amostragem nessa área de estudo. A grande amplitude de maré limitou de forma especialmente impactante o tempo disponível para navegação em segurança, determinando assim o tempo de atividades de campo. Como consequência, o número de estações medidas por dia foi reduzido e a localização das estações limitou-se, via de regra, às margens de rios e à costa.

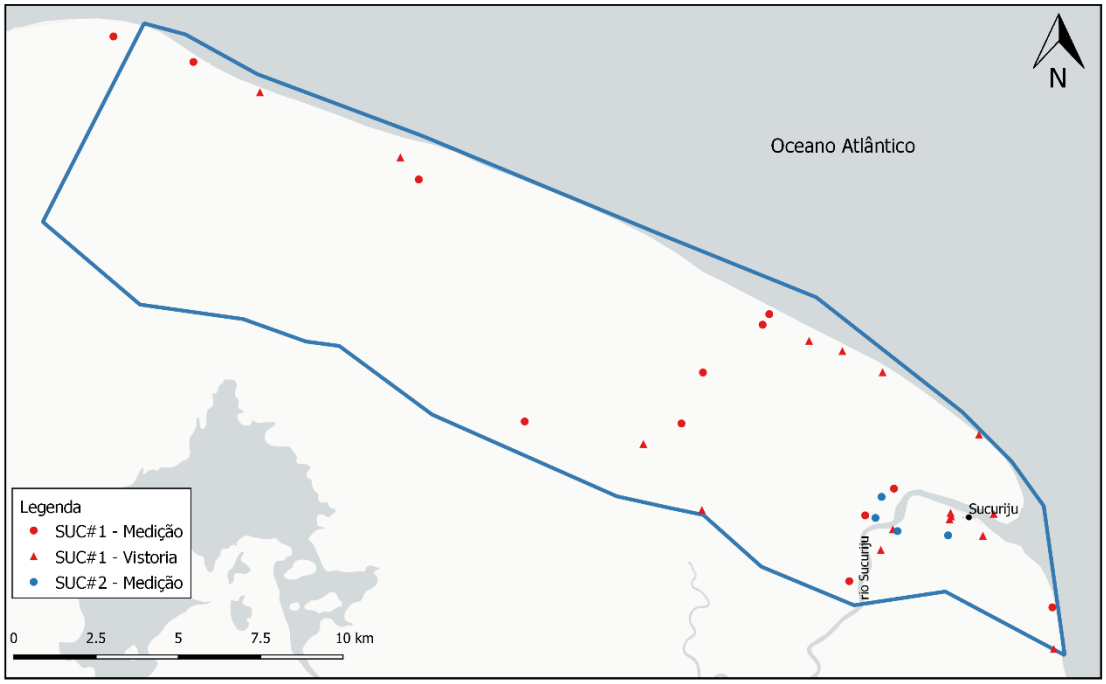


Figura 11-52: Estações medidas e vistoriadas nas duas campanhas realizadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

A equipe notou padrões de distribuição das florestas nos sentidos oeste-leste e costa-interior. A partir dessa informação, foi possível refinar a seleção das estações para medição e vistoria que representassem bem a diversidade dos ambientes. As observações realizadas nessa campanha levaram à decisão pela realização de apenas duas campanhas nessa área de estudo. Decisão que foi reforçada pelas dificuldades de deslocamento e de logística envolvidas nas campanhas.

Na segunda campanha – SUC#2, realizada entre os dias 24 de novembro e 05 de dezembro de 2018, a equipe (Figura 11-53) realizou medições em 4 estações (ver Figura 11-52). O planejamento das estações a serem medidas baseou-se em fitofisionomias pouco representadas durante a campanha SUC#1.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-53: Equipe de campo e de apoio da campanha SUC#2, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Destaca-se em Sucuriju a diversidade dos tipos de ambiente, principalmente quanto à presença de água doce, e as respostas das florestas a tais diferenças (Figura 11-54 e Figura 11-55).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-54: Floresta de *Avicennia* spp. de alto desenvolvimento estrutural na costa oeste da área de estudo, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-55: Área permanentemente alagada, onde *Rhizophora* spp. crescem juntas, formando ilhas, nas proximidades do Lago Piratuba, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

11.5. Fitossociologia

11.5.1. Florestas de Mangue na Baía de Turiaçu (MA)

11.5.1.1. Descrição geral

No Estado do Maranhão, os manguezais são típicos nas paisagens costeiras locais e são vistos como um dos ecossistemas mais representativos do Estado (ROCHA FILHO, 2010). O Maranhão possui cerca 36 % da área de manguezais do Brasil com aproximadamente 5.055 km² (ICMBio, 2018) e apresenta florestas com estrutura mais complexa, segundo Melo (2002). Esse ecossistema é encontrado ao longo dos 640 km da costa maranhense e ocupa toda faixa de terras abrangidas pela foz e as margens de rios, até o limite interno da influência de maré, nas Reentrâncias Maranhenses (MUEHE, 2006).

A área de estudo situa-se na Baía de Turiaçu, no Maranhão (No intervalo de coordenadas entre Lat. 1°359'5934.9040"S e Long. 45°1722'5548.5513"O e Lat. 1°18’33.31”s E Long. 45°17’.78”O). Conforme descrito no Cap. 2.1, a região da Baía de Turiaçu (MA) apresenta regime de maré semidiurno, com duas baixa-mares e duas preamares no período de 1 dia lunar, com a segunda maior maré do Brasil, com amplitudes que chegam a 6,65 m na sizígia e 5,24 m na quadratura (FEMAR, 1997). Muehe (2006) define esta região como litoral ocidental, que exibe importantes manguezais e profundos estuários devido às várias reentrâncias. Destaca-se nessa área de estudo a ocorrência de diversas planícies hipersalinas, ou apicuns. Esse tipo de feição é formado porque as partes mais internas das zonas entre-marés são atingidas apenas pelas marés de sizígia. A evaporação da água leva ao acúmulo de sais, ocasionando o aumento do rigor ambiental e dando origem às planícies hipersalinas (PELLEGRINI, 2000).

A caracterização das florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA) foi baseada na coleta de dados obtidos em 5 campanhas realizadas nessa área. No total, foram realizadas medições em 75 estações e vistorias em

outras 94 estações, com a intenção de ampliar espacialmente as áreas visitadas e a base de informações sobre as florestas de mangue que ocupam essa baía.

A Figura 11-56 apresenta a distribuição das estações de medição e vistoria na Baía de Turiaçu (MA). Tendo em vista a grande dimensão da área de estudo e a elevada quantidade de estações de medição e de vistoria, na Figura 11-56, são apresentados os recortes demarcados na Figura 11-57 de forma ampliada. As porções do estuário foram referidas como externa oeste, interna e externa leste, para localizar as estações e descrever os padrões identificados. Cabe destacar, conforme esclarecido nos “Métodos” (capítulo 11.2), que os mapas apresentados são ilustrativos e que há, em algumas áreas, um desalinhamento que faz com que algumas estações de medição apareçam representadas na água, em decorrência da diferença temporal e das escalas de representação das bases de dados utilizadas como base cartográfica e como base de dados para gerar a localização das estações de medição. Por tratar-se de ambiente com alta dinâmica sedimentar, sobretudo nas regiões mais externas do estuário, estas diferenças provocam esses desvios. No entanto, esclarecemos que o posicionamento das diversas estações, como apresentado nos mapas, está correto.

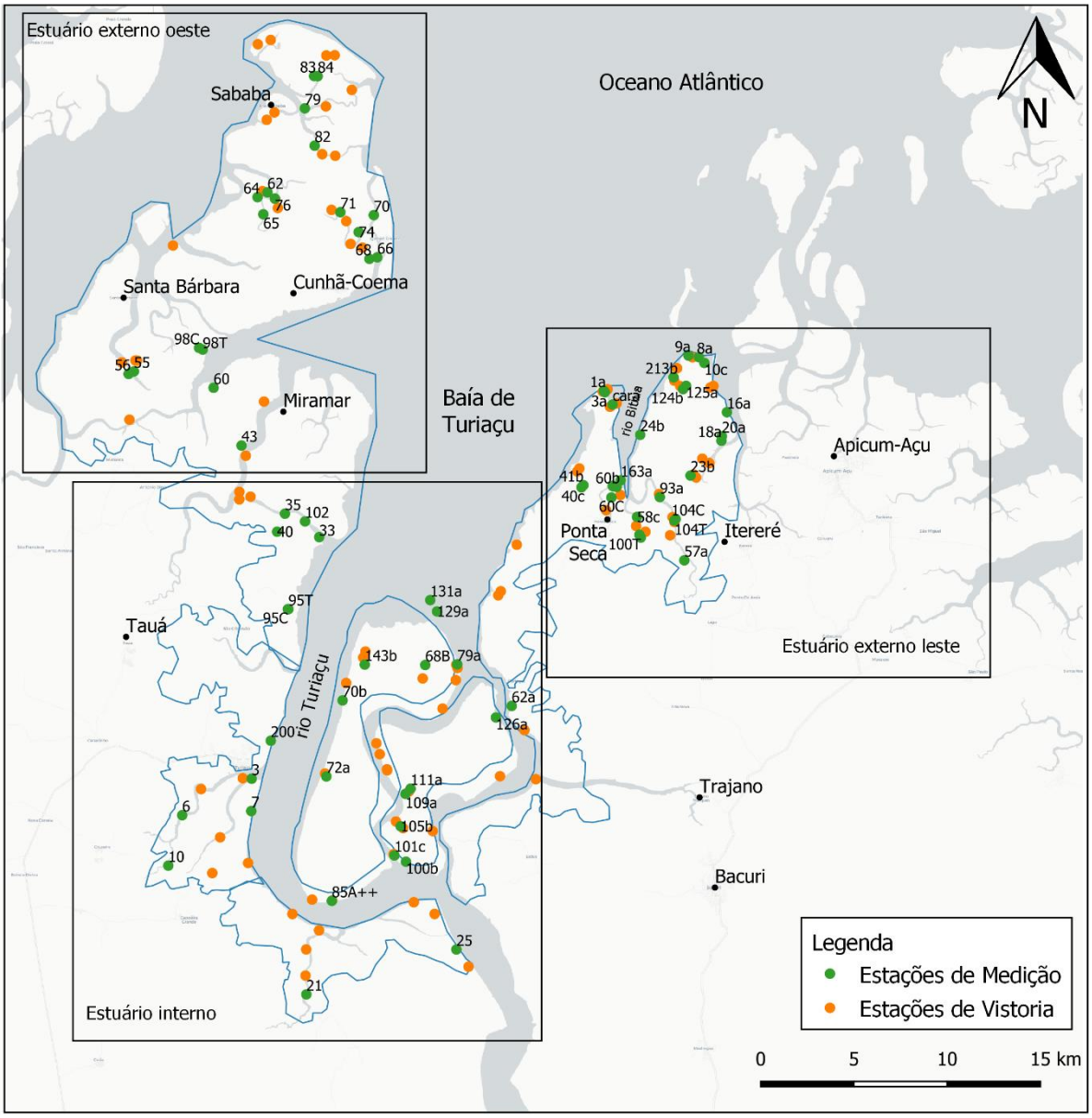


Figura 11-56: Estações de medição e vistoria da Baía de Turiaçu (MA). O polígono com contorno em azul indica os limites da área de estudo e os retângulos, as áreas que serão ampliadas para melhor visualização dos resultados: estuário externo oeste; estuário interno e estuário externo leste.

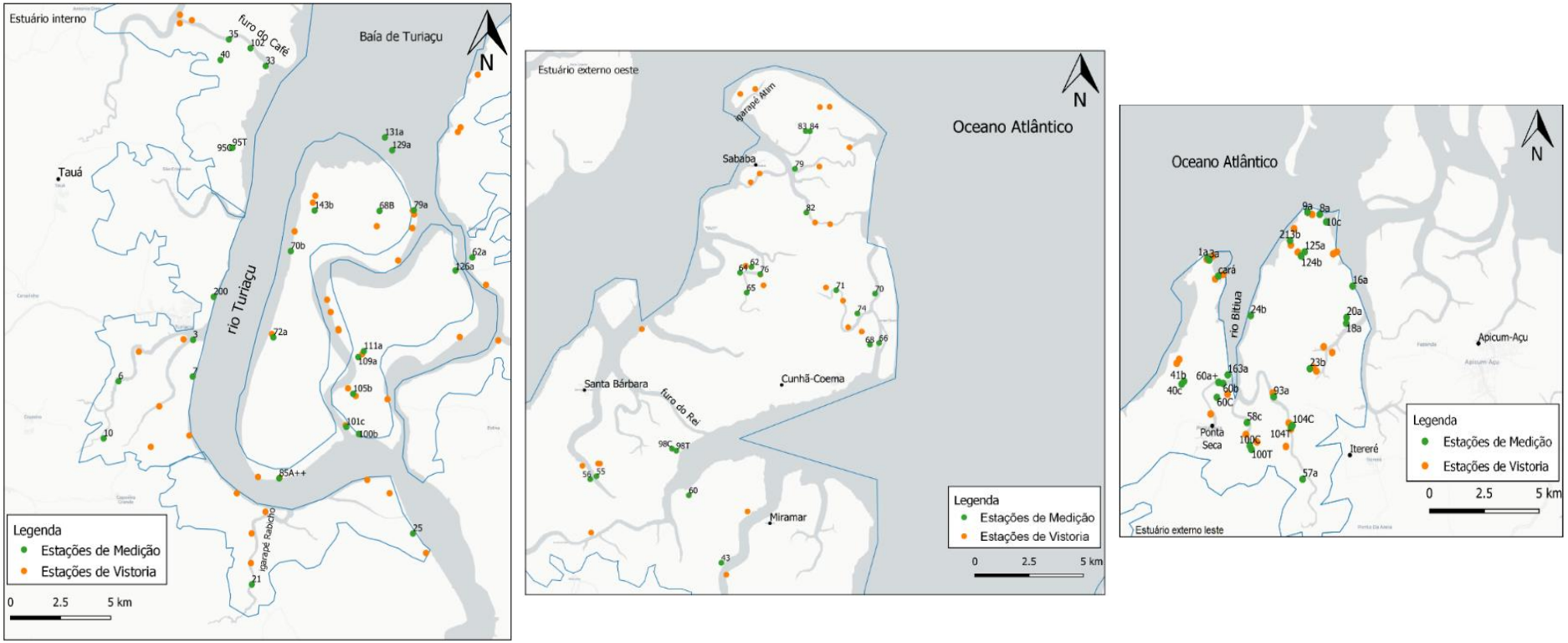


Figura 11-57: Estações de medição e vistoria no estuário interno, estuário externo oeste e estuário externo leste da Baía de Turiaçu (MA).

Os resultados dos parâmetros da estrutura da vegetação nas estações Baía de Turiaçu (MA), calculados a partir dos dados registrados em campo, estão apresentados na Tabela 11-5. Os parâmetros são: altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), DAP médio (cm), densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}), área basal total viva (m^2.ha^{-1}) e a área basal relativa (%) ocupadas pelas espécies encontradas nestas florestas e de acordo com a condição, se vivo ou morto.

Tabela 11-5: Dados da estrutura da vegetação nas estações de medição na Baía de Turiaçu (MA).
Av = *Avicennia* spp.; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp.

Estação	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	DAP médio (cm)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal viva (m^2.ha^{-1})	Área basal viva (%)			Área basal morta (%)		
						Av	*Lg*	*Rh*	*Av*	*Lg*	*Rh*
1A	4,0 ± 1,4	6,1	2,5	25.200	12,9	7,1	32,1	42,8	0	8,9	9,1
3	9,1 ± 5,5	16,1	11,2	2.917	28,7	81,0	12,6	0,3	5,9	0,3	0
3A	8,7 ± 3,9	14,0	7,9	4.015	19,7	0	0	99,0	0	0	1,0
6	16,4 ± 22,0	22,0	22,0	529	20,2	0	0	99,2	0	0	0,8
7	4,2 ± 1,4	5,9	4,0	11.667	14,3	67,4	0	0,0	32,6	0	0
8A	15,5 ± 4,1	19,3	12,8	1.857	23,8	0	13,0	78,1	0	4,1	4,7
9A	6,9 ± 2,8	10,4	6,9	4.667	17,5	0	0	94,7	0	0	5,3
10	13,8 ± 6,3	21,0	17,0	973	22,0	38,0	0	61,0	0,9	0	0
10c	7,0 ± 2,5	10,8	4,9	13.061	25,0	0	29,0	68,1	0	2,7	0,2
16A	9,2 ± 2,6	12,2	8,3	4.028	21,9	6,9	0	83,8	2,3	6,2	0,9
18A	9,0 ± 4,3	13,6	10,1	1.023	8,2	0	0	56,9	13,1	0	30,1
20A	4,7 ± 1,9	6,5	5,2	5.300	11,1	26,4	0	44,5	2,9	0	26,1
21	8,2 ± 5,2	15,4	7,4	8.571	37,1	63,1	21,7	0,1	8,7	6,5	0
23B	5,8 ± 4,8	14,7	9,2	1.761	11,8	18,4	< 0,01	56,4	21,6	0	3,5
24B	15,1 ± 5,0	18,4	20,1	674	21,4	0	0	98,8	0	0	1,2
25	12,8 ± 7,9	25,2	17,9	714	17,9	13,5	0,1	38,1	46,1	0	2,1
33	7,7 ± 4,3	14,3	6,4	6.444	20,6	0	10,8	74,1	0	4,2	10,9
35	8,4 ± 3,5	13,0	10,2	1.925	15,6	7,1	0	92,9	0	0	0
40	15,1 ± 7,3	22,2	17,5	1.042	25,1	15,3	0	83,6	0	0	1,2
40C	7,6 ± 2,4	9,9	10,7	2.277	20,5	3,1	0	77,8	8,1	0	10,9
41B	12,6 ± 5,1	17,7	20,5	652	21,5	0	0	100,0	0	0	0
43	6,6 ± 2,8	10,3	11,5	1.500	15,5	0	0	98,9	0	0	1,1
55	8,1 ± 2,7	10,6	10,3	1.789	14,8	0	0	94,8	0	0	5,2
56	9,7 ± 5,1	16,5	13,0	1.400	18,7	0	0	100,0	0	0	0
57A	9,9 ± 5,2	17,1	15,8	1.472	29,0	69,6	0	26,5	4,0	0	0
58C	11,4 ± 4,2	15,8	12,8	2.083	26,7	71,7	< 0,1	18,8	9,5	0	0
60	13,9 ± 4,8	19,4	14,6	1.500	25,2	16,2	0	78,2	5,6	0	0
60A ++	8,7 ± 3,4	13,6	9,5	3.316	23,5	54,8	2,1	35,8	7,2	0,1	0
60A+	4,5 ± 3,5	10,8	8,0	3.008	15,0	86,1	0,1	7,6	6,2	0	0
60B	11,6 ± 5,0	18,4	10,7	2.711	24,2	91,0	0,4	0,0	8,6	0	0
60C	4,0 ± 4,5	15,9	6,7	3.013	10,7	51,0	0	2,6	46,3	0	0
62	12,4 ± 7,8	21,9	19,3	935	27,3	0	0	91,0	0	0	9,0
62A	10,1 ± 4,1	14,9	12,4	1.344	16,4	12,3	0	69,6	14,8	0	3,3
64	10,3 ± 3,8	15,0	14,2	1.545	24,6	0	0	94,6	0	0	5,4
65	7,9 ± 4,1	13,2	10,0	3.750	29,5	74,1	0	25,0	0,9	0	0

Tabela 11-5: Continuação

Estação	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	DAP médio (cm)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal viva (m^2.ha^{-1})	Área basal viva (%)			Área basal morta (%)		
						Av	*Lg*	*Rh*	*Av*	*Lg*	*Rh*
66	8,8 ± 5,1	17,6	9,5	4.333	30,4	90,8	0	3,9	5,3	0	0
68	12,8 ± 6,9	21,1	16,1	1.574	32,1	7,7	0	88,0	0,4	0	3,9
68B	16,1 ± 7,0	25,1	20,6	768	25,7	20,6	0	79,1	0	0	0,3
70	13,1 ± 4,3	18,3	15,0	1.156	20,4	0	0	98,7	0	0	1,3
70B	19,7 ± 3,0	23,2	23,3	606	25,8	0	0	100,0	0	0	0
71	9,2 ± 3,0	12,7	11,2	2.118	20,9	46,0	0	28,4	25,6	0	0
72A	11,8 ± 4,9	18,9	15,0	1.200	21,1	59,9	0	32,5	0,6	0	6,9
74	14,4 ± 8,3	25,4	22,5	525	20,9	20,7	0	79,3	0	0	0
76	7,4 ± 2,2	10,0	9,4	2.556	17,8	14,2	0	79,2	4,6	0	2,0
79	6,7 ± 4,2	11,9	9,6	2.909	21,2	78,7	0,1	0,1	21,1	0	0
79A	11,4 ± 6,9	19,0	13,7	1.333	19,6	35,1	0	51,3	13,7	0	0
82	5,8 ± 3,2	9,9	7,3	4.786	20,2	0	0	99,5	0	0	0,5
83	7,1 ± 4,1	12,9	7,6	3.067	14,0	38,5	0	59,4	1,3	0	0,8
84	13,0 ± 4,7	19,1	10,2	2.933	23,8	5,9	0	91,1	0	0	3,0
85A++	5,2 ± 2,8	8,8	4,7	7.302	12,7	95,4	0	1,6	2,9	0	0
93A	8,4 ± 4,6	15,5	12,2	1.955	22,8	22,7	2,1	72,5	0,2	1,5	1,0
95C	2,9 ± 1,0	4,4	3,6	7.557	7,6	85,3	0	0	14,7	0	0
95T	5,1 ± 1,5	6,8	7,1	4.231	16,9	2,1	0	94,0	0	0	3,9
98C	2,2 ± 0,9	2,6	2,9	5.152	3,5	76,8	0,4	7,0	15,8	0	0
98T	5,2 ± 2,3	7,9	9,5	7.576	24,7	0,3	40,2	57,5	0	1,1	0,8
102	12,3 ± 7,1	22,9	17,1	867	19,9	0	0	93,2	0	0	6,8
109	8,3 ± 6,1	16,2	10,8	1.922	17,5	42,1	0	57,9	0	0	0
200	9,0 ± 4,3	14,5	13,1	1.467	19,7	56,1	32,1	0	8,9	2,8	0
100 B	12,0 ± 9,0	23,0	18,5	813	22,0	0	0	100,0	0	0	0
100C	2,4 ± 1,1	4,3	3,1	8.333	6,4	85,4	0	0	14,6	0	0
100T	7,8 ± 3,4	12,5	9,6	3.813	27,7	14,7	0	84,9	0,4	0	0
101C	8,2 ± 4,9	16,0	8,8	3.088	18,6	86,2	2,3	4,4	3,7	3,4	0
104C	4,0 ± 1,2	5,8	3,6	12.000	12,5	0,5	64,7	0	0	34,8	0
104T	6,3 ± 2,4	8,1	11,4	1.731	17,7	0	0	82,7	0	0	17,3
105B	10,5 ± 4,8	15,8	14,5	2.333	38,8	98,6	0	0,6	0,9	0	0
111A+	9,6 ± 5,2	16,9	11,5	2.269	23,7	5,4	0	93,8	0,4	0	0,4
124B	10,4 ± 3,4	14,1	14,3	2.833	45,2	0	0	98,7	0	0	1,3
125A	8,4 ± 3,6	11,7	17,2	1.377	32,1	5,9	1,7	89,0	2,7	0	0,7
126A	11,0 ± 6,4	19,4	14,8	906	15,7	0	0	85,2	0	0	14,8
129A	7,8 ± 2,8	11,2	6,4	8.776	28,6	97,7	0	0,9	1,4	0	0
131A	5,9 ± 2,9	10,5	5,0	9.500	18,9	76,0	3,2	11,9	8,8	0	0
143B	8,9 ± 6,0	16,3	11,4	1.391	14,2	5,1	0	76,0	18,9	0	0
163A	13,3 ± 7,8	22,7	18,8	653	18,1	15,2	0	82,5	0	0	2,3
213B	6,7 ± 3,5	10,1	7,9	2.456	12,1	0	0	96,1	0	0	3,9
Cara	5,8 ± 3,2	10,4	4,7	13.143	23,0	80	0	5,9	2,4	11,7	0

Nas florestas de mangue que ocupam a Baía de Turiaçu (MA), foram observados indivíduos de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora* spp., conforme mencionado no item 10.2 Métodos. Entre as espécies identificadas, *Rhizophora* spp. apresentou dominância relativa entre 0,1 e 100%, com valor médio de 63% (Figura 11-58), seguida por *A. germinans* com média de dominância relativa de 33% (oscilando entre 0,3 e 98,6%) e *L. racemosa*, com dominância relativa entre 0,1 e 64,7% (média de 4% - Figura 11-58).

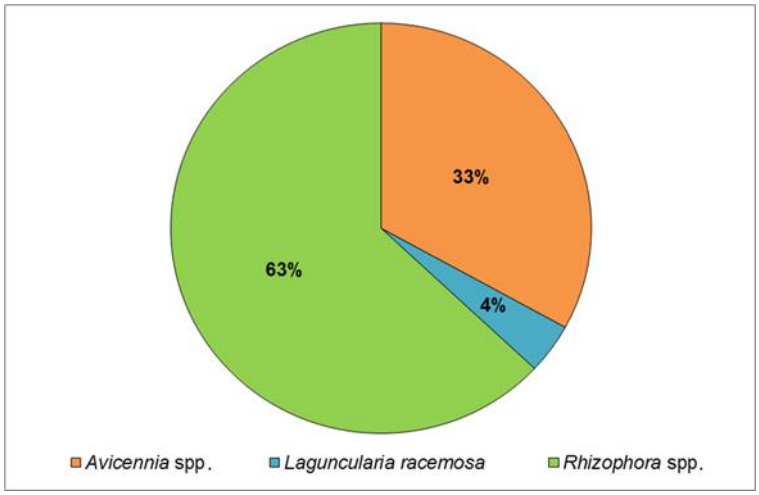


Figura 11-58: Dominância relativa das espécies de mangue na Baía de Turiaçu (MA).

A Figura 11-59 apresenta a distribuição espacial da dominância relativa de espécies de mangue – contribuição em área basal viva - por estação. Os recortes demarcados nessa figura são apresentados de forma ampliada na Figura 11-60. Espacialmente, é possível perceber a presença predominante de *Avicennia* spp. ao sul da baía, enquanto *Rhizophora* spp. é dominante em parte expressiva das estações localizadas mais ao norte. As florestas mistas ou dominadas, ou seja, estações que apresentam contribuição de duas ou três espécies, são representadas por 52 estações, enquanto há 20 estações monoespecíficas *de Rhizophora* spp. e três estações monoespecíficas de *Avicennia germinans,* mas nenhuma estação monoespecífica de *Laguncularia racemosa.*

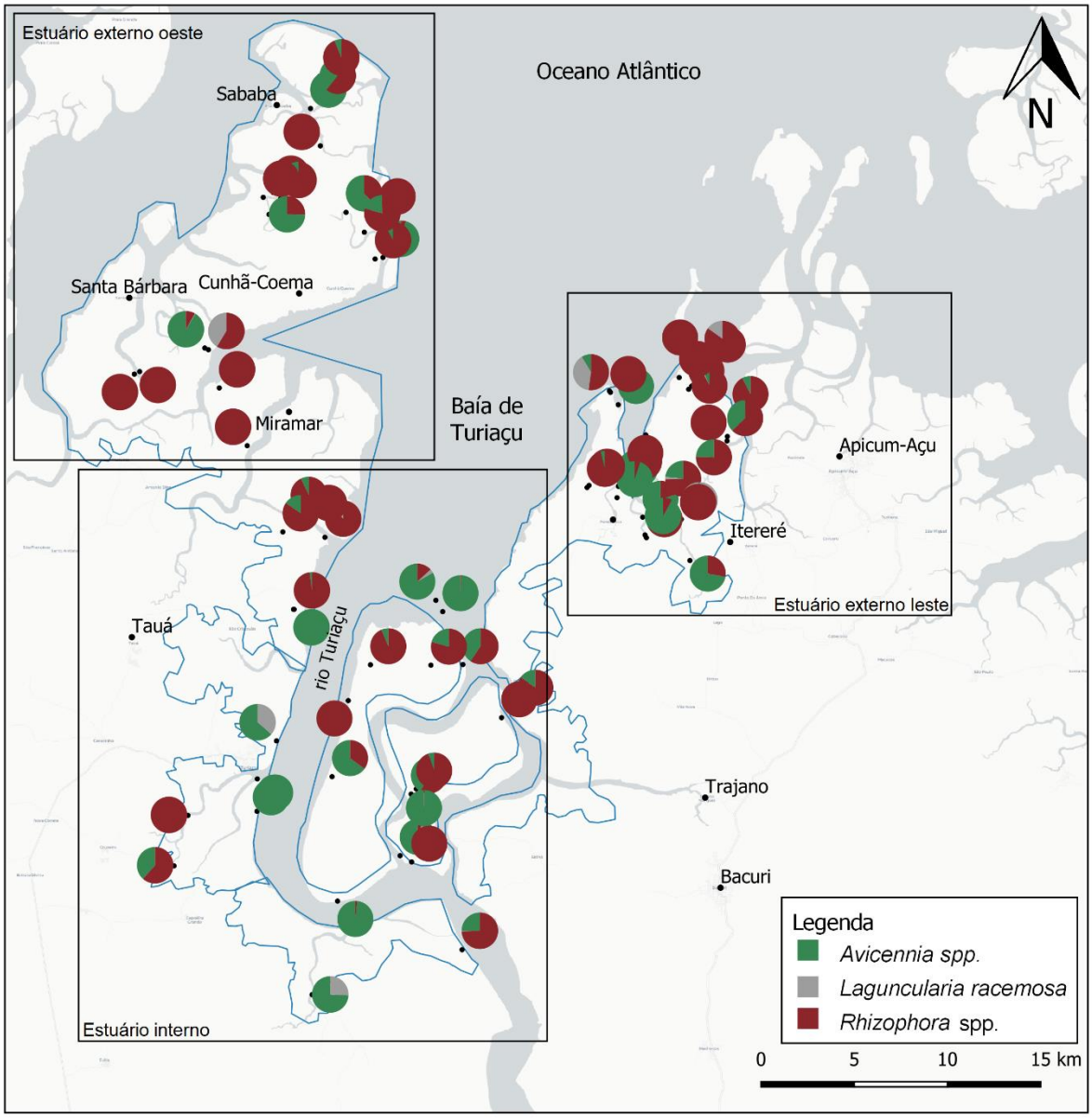


Figura 11-59: Dominância relativa das espécies de mangue (%) nas estações de medição da Baía de Turiaçu (MA).

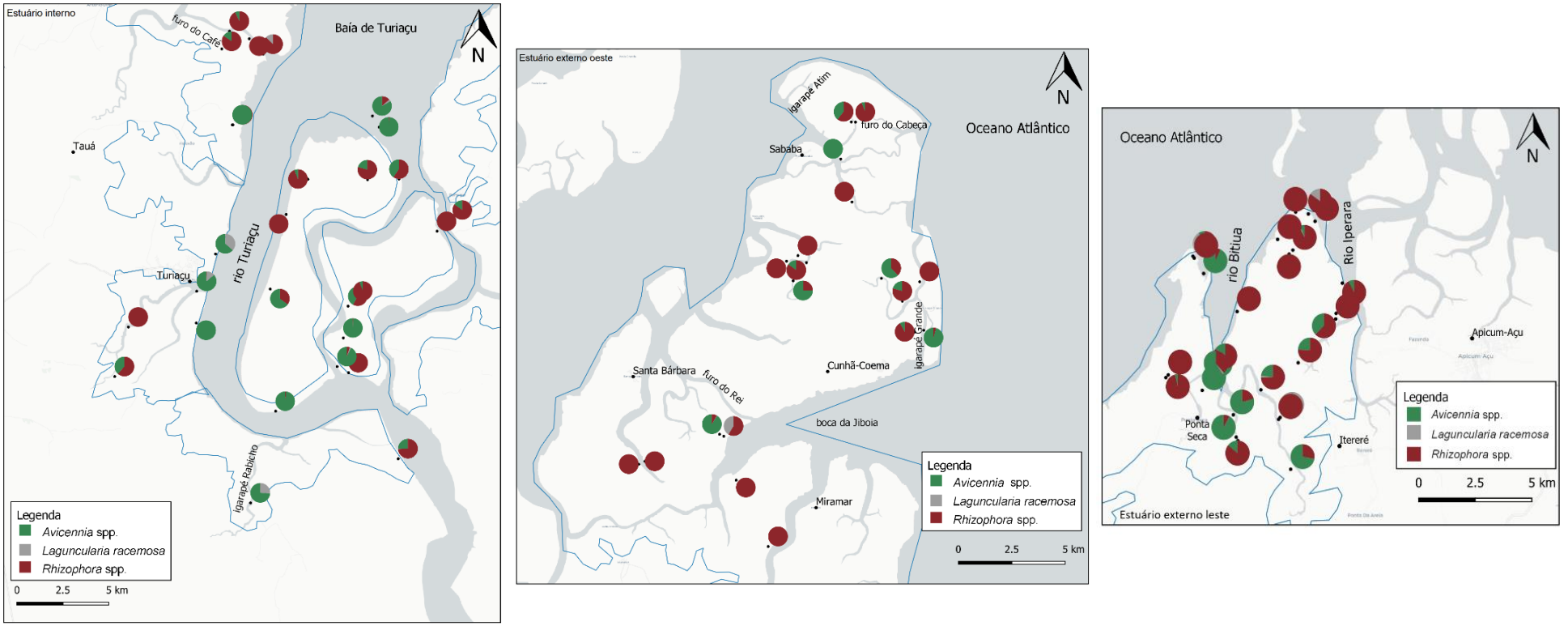


Figura 11-60: Dominância relativa das espécies de mangue (%) nas estações de medição no estuário interno, estuário externo oeste e estuário externo leste da Baía de Turiaçu (MA).

Na Figura 11-61, é apresentada a dominância relativa das espécies de mangue a partir da contribuição em área basal encontradas em cada estação de estudo, agregando-se a informação de condição – vivo ou morto – dos troncos registrados.

Rhizophora spp. está presente na maioria das estações (exceto as estações 7, 60B, 95C, 100C, 104C e 200) apresentando dominância com contribuição superior a 70% de área basal de indivíduos vivos em 38 estações, sendo que em 4 delas sua contribuição atinge 100%. *Avicennia* spp. está presente em 52 estações, com contribuição para área basal viva acima de 70% em 16 delas, se destacando nas estações 60B, 66, 85A++, 105B e 129A com valores acima de 90%. *Laguncularia racemosa* foi encontrada em 19 estações, e sua maior contribuição foi com 64,7% de área basal viva na estação 104C, uma das poucas estações dominadas por *Laguncularia racemosa* encontradas pelo presente Projeto. A contribuição da área basal morta supera 10% em 23 estações, principalmente pela contribuição de *Avicennia* spp. A Baía de Turiaçu, apesar de apresentar florestas de mangue fortemente dominadas por alguma das espécies presentes, apresenta-se, em linhas gerais, bem diversificada no que tange aos padrões de contribuição das diferentes espécies.

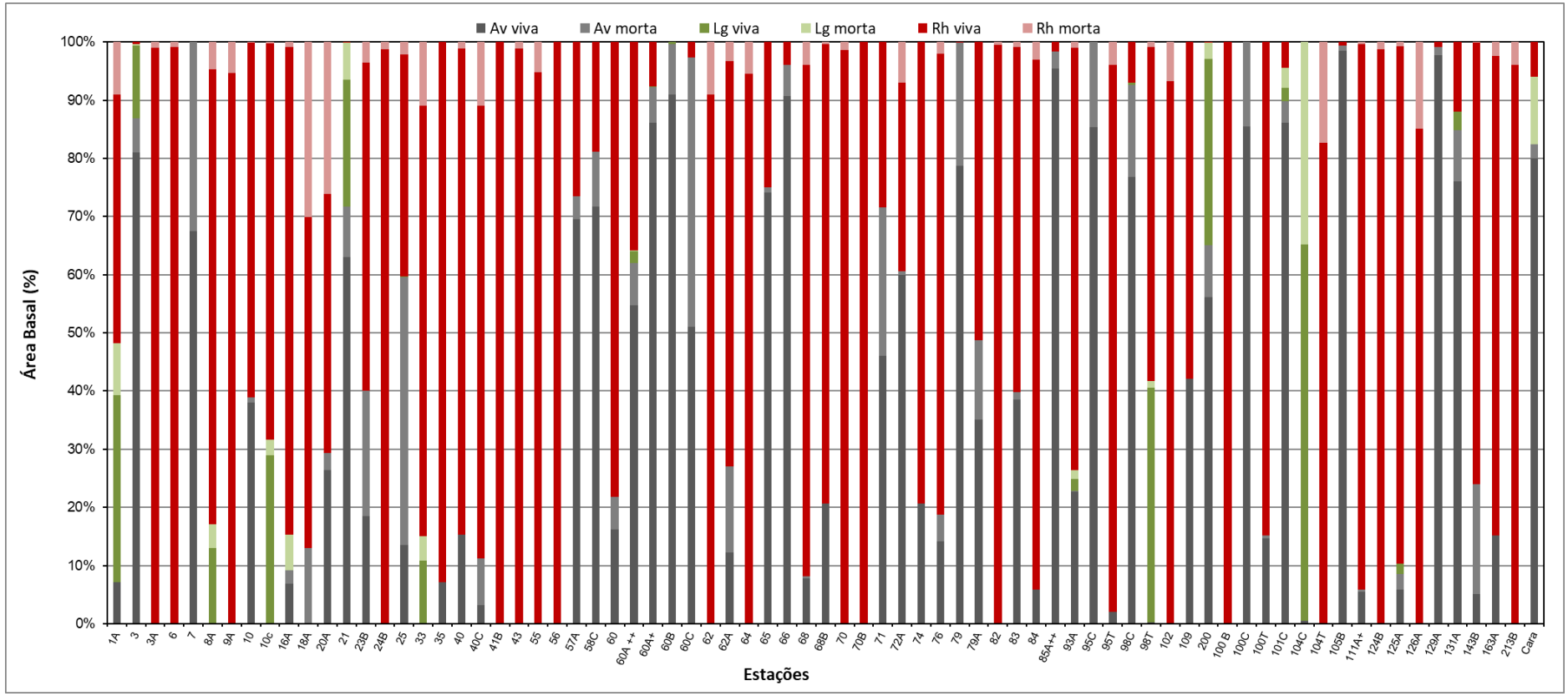


Figura 11-61: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição na Baía de Turiaçu (MA).

Av = *Avicennia* spp.; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

As principais características da estrutura da vegetação – altura média (m) e altura média do dossel (m), DAP médio (cm), área basal total viva ($m^2.ha^{-1}$) e densidade de troncos vivos ($tr.ha^{-1}$) – das florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA) estão apresentadas a seguir.

A altura média das árvores variou de 2,2 a 19,7 m e a altura média do dossel variou entre 2,6 e 25,8 m (Figura 11-62).

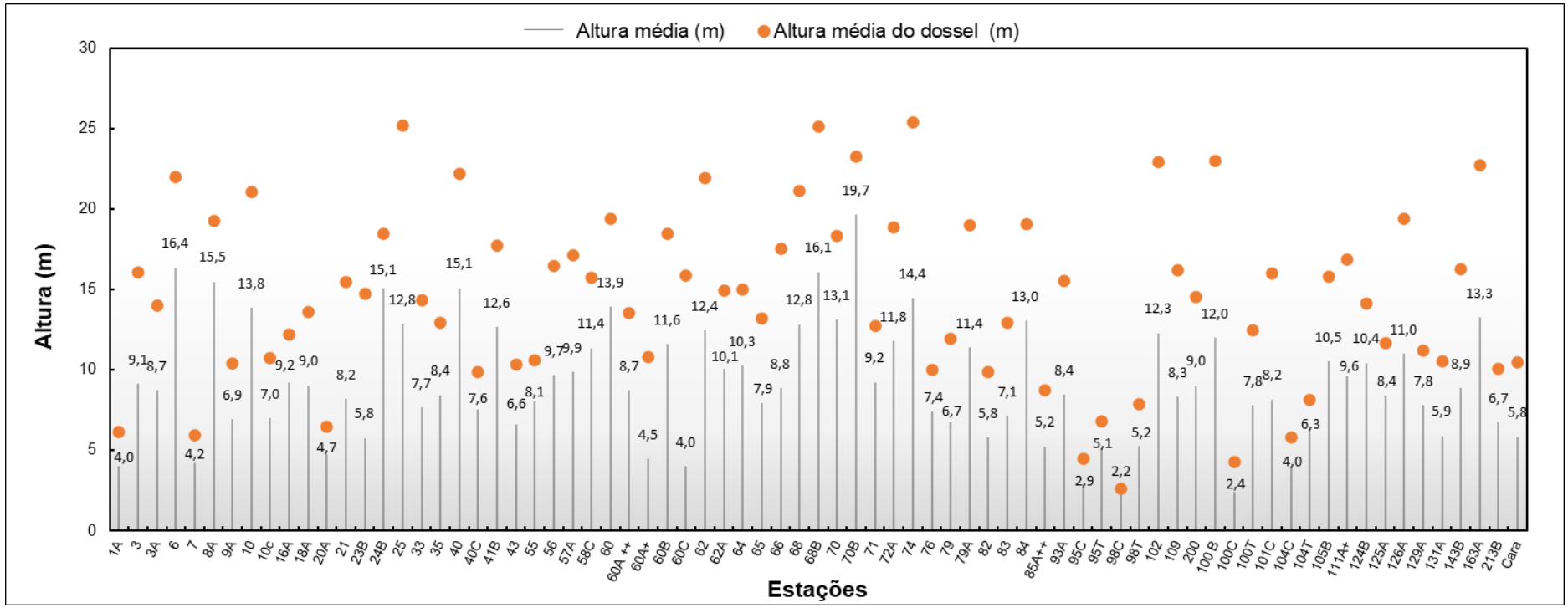


Figura 11-62: Altura média das florestas (m) e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA).

Considerando-se as classes de altura média do dossel estabelecidas para todas as áreas de estudo (ver Cap. 11.2 Métodos), a altura média do dossel nas estações de medição da Baía de Turiaçu (MA) está entre 11 e 22 m em 59% das estações. Em 29% das estações a altura média do dossel é inferior a 11 m e em 12% das estações o valor é superior a 22 m (Figura 11-63). Com isso, foi possível observar que a maior parte das estações se concentra na classe de altura correspondente ao nível intermediário de desenvolvimento estrutural, com importante contribuição da classe baixa, indicando que as florestas amostradas tendem a apresentar desenvolvimento estrutural intermediário e baixo nessa região.

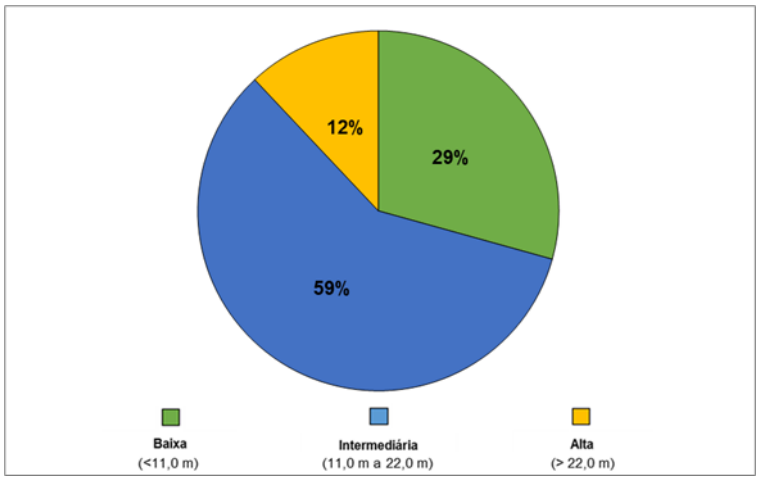


Figura 11-63: Distribuição relativa das estações de medição por classes de altura do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) na Baía de Turiaçu (MA).

Os valores de DAP médio das florestas estudadas variaram entre 2,5 cm e 23,3 cm (Figura 11-64) e a área basal das estações variou entre 3,5 $m^2.ha^{-1}$ e 45,2 $m^2.ha^{-1}$ (Figura 11-65). Conforme apresentado no Capítulo 11.2 Métodos, são classificados como representativos de baixo desenvolvimento estrutural, os valores de DAP médio inferiores a 9 cm, valores entre 9 e 18 cm são classificados como intermediários e valores de DAP médio superiores a 18 cm são classificados como altos. As estações apresentam valores de DAP médio e área basal viva predominantemente baixos e intermediários quando comparados às classes de DAP médio estabelecidas para todas as áreas de estudo.

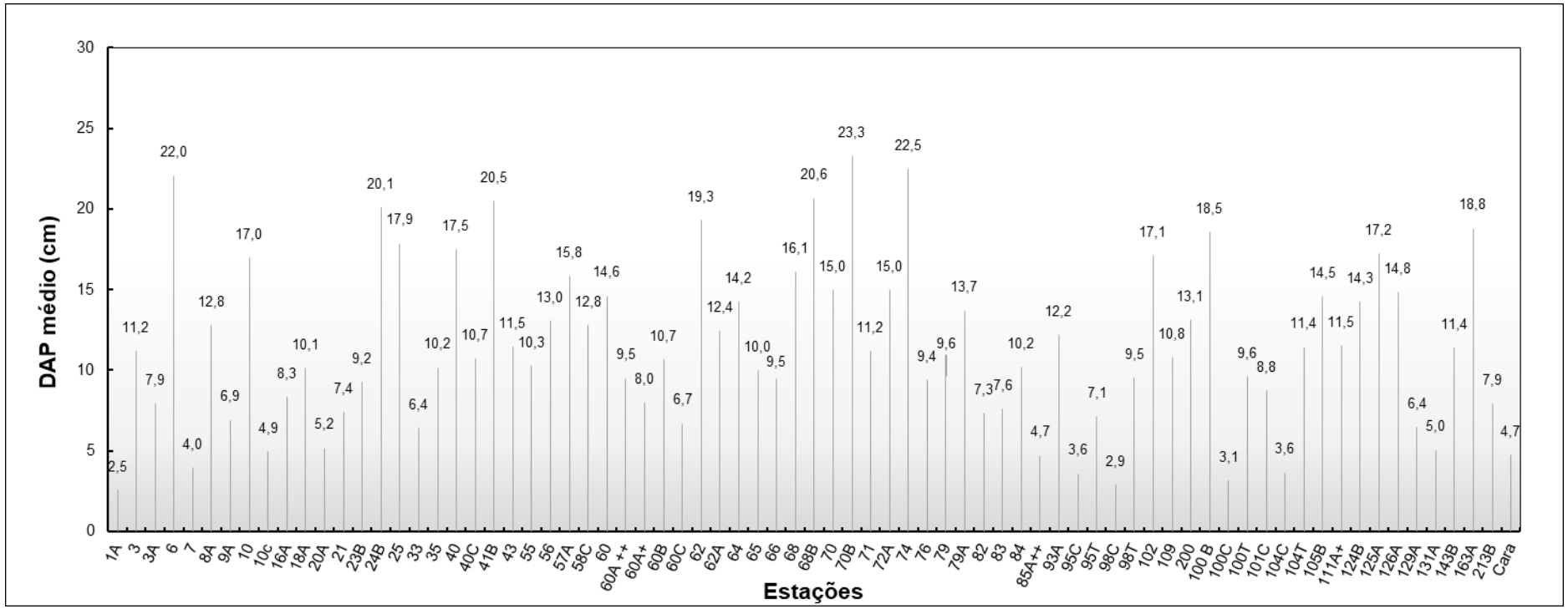


Figura 11-64: DAP médio (cm) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA).

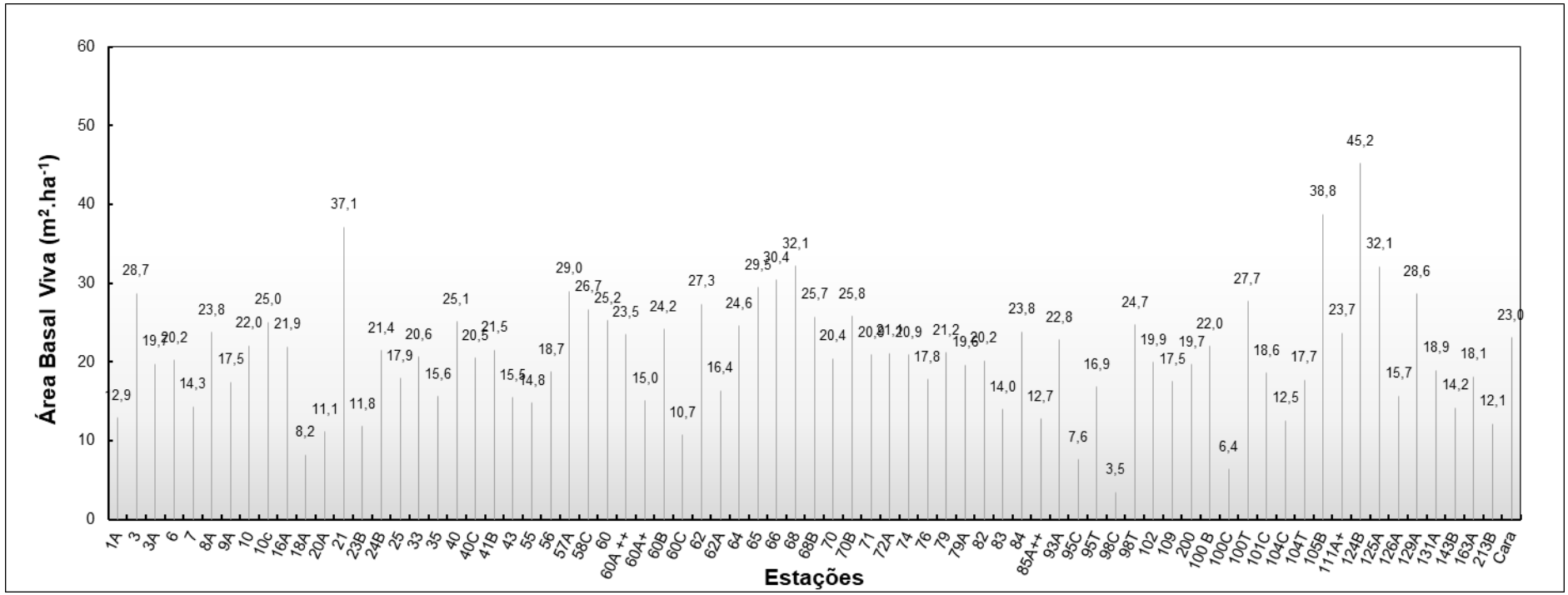


Figura 11-65: Área basal ($m^2.ha^{-1}$) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA).

Os valores de densidade variaram entre 525 e 25.200 tr.ha^{-1} (Figura 11-66). Conforme mencionado no Cap. 11.2 Métodos, os valores de densidade das estações foram classificados de acordo com as faixas estabelecidas para todas as áreas de estudo, sendo: baixa, até 1.000 tr.ha-1; intermediária, entre 1.000 e 2.820 tr.ha-1; e alta, acima de 2.820 tr.ha^{-1}. O mapa da Figura 11-67, apresenta a distribuição das estações de medição por classes de densidade. Em geral, as estações com as menores densidades encontram-se na faixa de 500 a 900 tr.ha^{-1} e distribuem-se por toda a baía. As estações com densidade mais elevadas apresentam valores acima de 4.000 tr.ha^{-1}, podem ser encontradas em todas as porções da Baía de Turiaçu (MA) e são mais abundantes em comparação com as outras áreas de estudo.

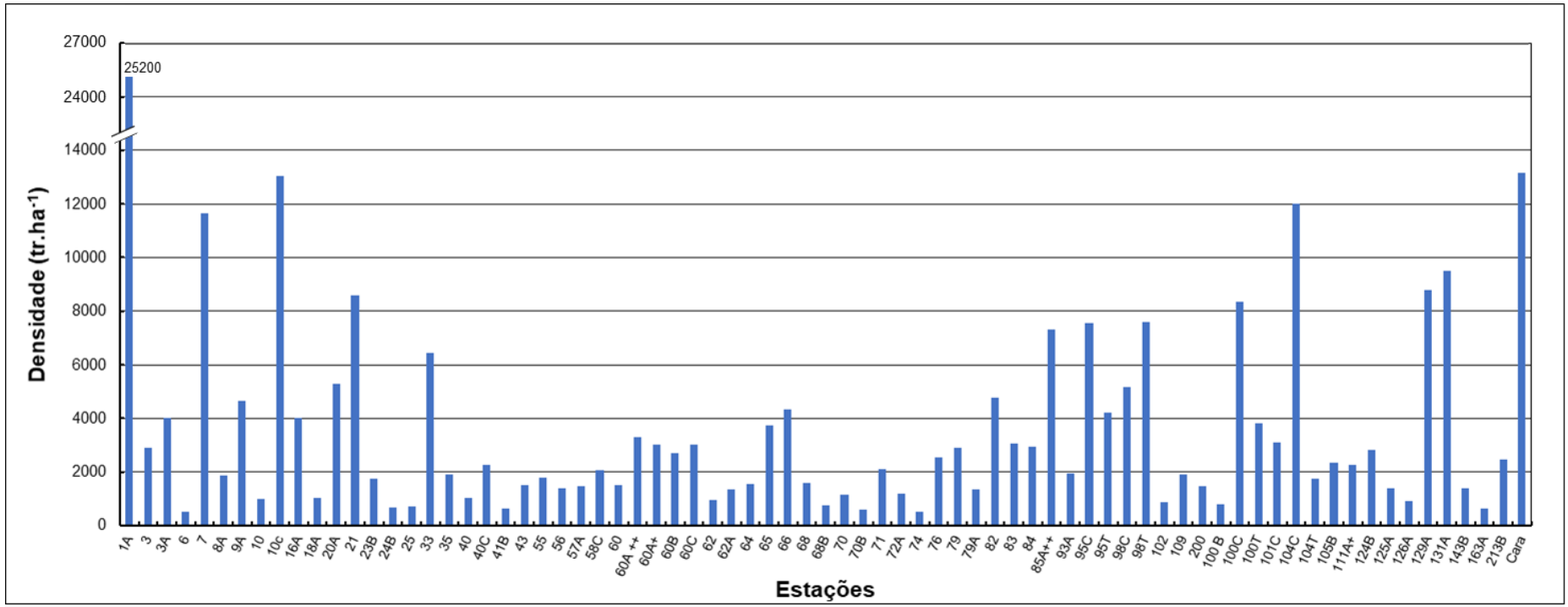


Figura 11-66: Densidade (tr.ha^{-1}) por estação de medição na Baía de Turiaçu (MA). As estações 1A,10C e Cara apresentam densidade muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessas estações está indicado logo acima das respectivas barras.

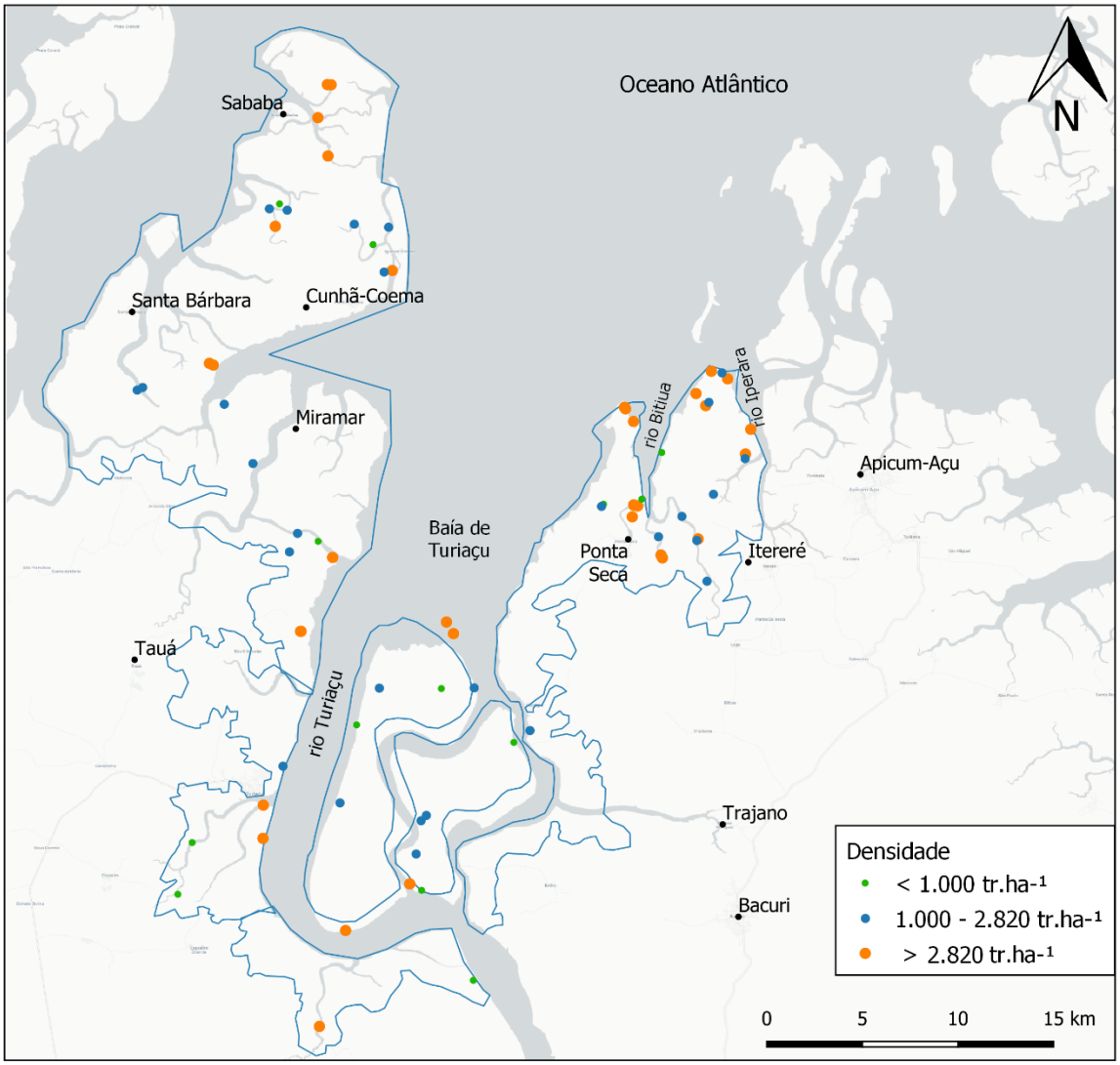


Figura 11-67: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição da Baía de Turiaçu (MA).

Na Figura 11-68 é apresentada a distribuição relativa das estações de medição por classes de densidade (tr.ha^{-1}), conforme estabelecidas para todas as áreas de estudo (ver Cap. 11-2 Métodos). Na Baía de Turiaçu (MA), a maior parte das estações se concentra nas classes de intermediária e alta densidade, 43% (32 estações) e 40% (30 estações) das estações, respectivamente. Apenas 17% (13 estações) das estações apresentaram baixa densidade de troncos. Esses resultados indicam que as florestas amostradas tendem a desenvolvimento estrutural de baixo a intermediário nesta região, característica também corroborada pelos dados de altura média do dossel e DAP médio.

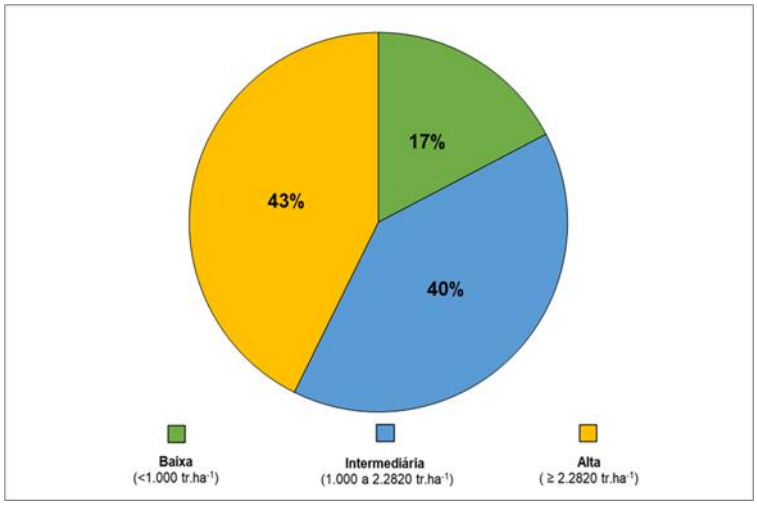


Figura 11-68: Distribuição relativa das estações de medição nas classes de densidade de troncos vivos na Baía de Turiaçu (MA).

A Figura 11-69 e a Figura 11-70 ilustram estações com densidades alta e intermediária, respectivamente.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-69: Floresta de mangue com alta densidade de troncos, exemplificada pela estação 1A, com 25.200 tr.ha^{-1}, na Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-70: Floresta de mangue com densidade intermediária de troncos, exemplificada pela estação 105B, com 2.333 tr.ha^{-1}, na Baía de Turiaçu (MA).

11.5.1.2. Desenvolvimento estrutural

A avaliação do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue é indispensável para a análise do seu estado de amadurecimento e conservação. Cada uma das estações de medição foi classificada quanto ao desenvolvimento estrutural conforme os critérios apresentados no item 11.2.3.1. Essa avaliação indicou que nas florestas amostradas na Baía de Turiaçu (MA), 39 estações apresentam desenvolvimento estrutural intermediário, 25 apresentam desenvolvimento estrutural baixo e apenas 11 estações podem ser consideradas de alto desenvolvimento estrutural.

A análise de correlação entre os resultados de densidade e de DAP médio das estações de medição foi uma das ferramentas usadas na integração desses importantes parâmetros descritores da estrutura da vegetação, e sua representação gráfica é uma forma objetiva e integrada de observar o desenvolvimento estrutural das florestas.

Jimenez *et al.* (1985) desenvolveram um modelo comparativo entre o DAP médio e a densidade de troncos, com o objetivo de estudar a mortalidade em florestas de mangue. Assim, também elucidaram a relação entre esses dois parâmetros, contribuindo para o entendimento sobre o desenvolvimento estrutural nos manguezais.

Na Figura 11-71 é apresentada a comparação entre o resultado da correlação da densidade e o DAP médio nas estações de medição da Baía de Turiaçu e o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985).

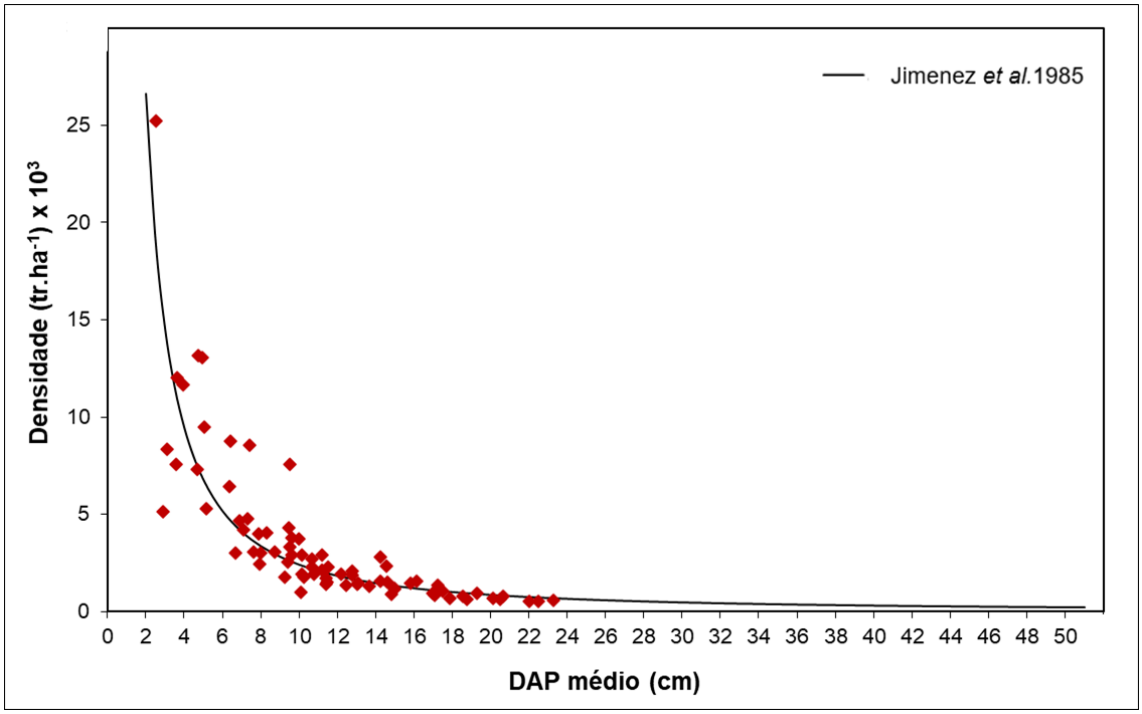


Figura 11-71: Densidade (tr.ha^{-1}) e DAP médio (cm) das estações medidas da Baía de Turiaçu (MA). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): y= 74960 x-^{1,493}.

O ajuste dos dados ao modelo pode ser observado pela proximidade entre os pontos, que representam as estações, e a curva do modelo. No caso das florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA), a comparação entre os resultados de densidade e DAP e a curva apresentada por Jimenez *et al.* (1985) mostram que a maior parte dos resultados da correlação apresentam consistência com o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985), ou seja, estão próximos à curva. Os resultados com baixo ajuste à curva, ou seja, distantes dela, podem ser justificados por características específicas das florestas da área de estudo que interferem na relação entre os parâmetros analisados, ou seja, no desenvolvimento estrutural.

As estações com baixo desenvolvimento (geralmente com DAP médio inferior a 9 cm) foram as que apresentaram o menor ajuste à curva do modelo. Parte das estações apresentou densidade observada mais alta que o esperado pelo modelo, como as estações Cara, 10C, 131A, 129A, 21, 33 e 98T. Por outro lado, algumas estações apresentaram densidade observada mais baixa que o esperado pelo modelo, como as estações 100C, 95C, 98C.

As estações com desenvolvimento intermediário (geralmente com DAP médio entre 9 e 18 cm) apresentaram ajuste melhor quando comparado às estações de baixo desenvolvimento. As exceções foram observadas na estação 124B, que apresentou densidade mais alta que o esperado pelo modelo, e nas estações 23B e 18A, em que o padrão oposto foi encontrado.

As estações com desenvolvimento alto (geralmente com DAP médio superior a 18 cm) apresentaram alto ajuste ao modelo, diferindo minimamente do esperado pelo modelo de Jimenez *et al.* (1985).

Assim, pode-se afirmar que o modelo de Jimenez *et al.* (1985) descreve com bastante alinhamento o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA), que se destacam pelo reduzido desenvolvimento estrutural.

Assim, pode-se afirmar que o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA) está bem representado pelo modelo de Jimenez *et al.* (1985) e indica uma floresta de reduzido a intermediário desenvolvimento estrutural. Essa condição é evidenciada pelo posicionamento da maioria das estações em duas porções da curva: a porção inicial, de transição entre o trecho em que a curva tende a ficar paralela ao eixo da densidade e o trecho em que tende a ficar paralela ao eixo do DAP médio (DAP médio inferior a 9 cm, densidades geralmente superiores a 2.800 $tr.ha^{-1}$); e no trecho inicial em que a curva tende a ficar paralela ao eixo do DAP médio, devido ao DAP intermediário e crescente (até 24 cm) combinado a baixas densidades (inferiores a 2.800 $tr.ha^{-1}$).

O ajuste relativamente elevado da maioria dos dados observados ao modelo de Jimenez *et al.* (1985) demonstra que a maior parte das florestas estudadas é controlada pelo processo natural de amadurecimento. No entanto, algumas florestas, em especial aquelas de desenvolvimento estrutural reduzido, apresentam baixo ajuste, que indica que tais florestas estejam sujeitas a distúrbios e tensores, que possam interferir na relação entre o DAP médio e a densidade, conforme observado por Soares *et al.* (2017).

11.5.1.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue

Os resultados encontrados no presente levantamento para a composição de espécies estão de acordo com o descrito por Mochel (2011), que em análise das florestas de mangue realizada na Baía de Turiaçu (MA) durante os anos de 1997 e 1998, definiu a região como de ocorrência de *Rhizophora, Avicennia* e *Laguncularia.* Essa autora indica que as espécies mais abundantes para a Baía de Turiaçu (MA) são *A. germinans*, seguida por *R. mangle* e que a espécie *L. racemosa* tem menor abundancia e desenvolvimento estrutural do que as demais, independentemente de sua localização. Entretanto, no presente estudo encontra-se maior abundancia de *Rhizophora* spp., seguido de *Avicennia* spp. Conforme encontrado pela autora citada, *Laguncularia racemosa* é pouco abundante.

Schaeffer-Novelli *et al* (1990) descrevem a região dos manguezais da MEB como sendo as florestas de mangue que apresentam o maior desenvolvimento estrutural do Brasil. Entretanto, cabe destacar, que entre esses manguezais há grandes diferenças estruturais. As estações de medição da Baía de Turiaçu (MA) apresentam desenvolvimento estrutural baixo a intermediário, considerando que a maior parte das estações de medição estudadas apresenta altura média do dossel e DAP médio nas classes intermediária e baixa, enquanto a densidade da maior parte das estações é considerada intermediária e alta. O DAP médio das estações é, em linhas gerais, inferior ao das demais áreas de estudo, o que faz das florestas desta região as de menor porte entre todas as áreas, de acordo com estes resultados.

O resultado da altura média das árvores encontrado no presente levantamento é bastante próximo ao descrito por Mochel (2011), que descreveu a altura das árvores variando de 2 a 20 m. A autora descreve para essa área, resultados de DAP médio variando de 3 a 35 cm, resultados compatíveis com os encontrados no presente estudo.

Os resultados da estrutura da vegetação na Baía de Turiaçu (MA) seguem o padrão geral esperado de relação entre os parâmetros analisados. Observa-se a relação positiva entre o desenvolvimento estrutural com o DAP médio, a altura média, a altura média de dossel e a área basal; enquanto a relação entre o desenvolvimento estrutural com a densidade é negativa. Todavia, conforme apresentado anteriormente, em algumas florestas desse sistema, observa-se influência de fatores diversos ao processo de amadurecimento, sobre as relações desses parâmetros estruturais. A ocorrência de florestas em diferentes

estágios de desenvolvimento estrutural é esperada e compatível com florestas saudáveis e bem conservadas.

Na Baía de Turiaçu (MA) observa-se o predomínio de florestas com desenvolvimento estrutural intermediário e baixo, muitas vezes com arquitetura particular, características das florestas de mangue que só podem ser compreendidas a partir das condições ambientais encontradas no sistema. Nessa área de estudo, a tendência ao baixo desenvolvimento estrutural pode, de maneira geral, indicar que as condições ambientais não são tão favoráveis ao desenvolvimento estrutural quanto nas outras áreas de estudo, impedindo que a maioria das florestas alcancem estrutura próxima ao potencial máximo da vegetação dessa região.

A ocorrência de planícies hipersalinas é uma particularidade dessa área de estudo que fornece indícios para o entendimento da resposta da vegetação às condições ambientais, tendo em vista que indica a existência de um gradiente de rigor ambiental no sentido franja – transição, que condiciona o grau de desenvolvimento estrutural das florestas, conforme constatado por Pellegrini (2000) e Soares *et al* (2017). Adicionalmente, destaca-se a relação entre as florestas de mangue e essas feições, onde foi possível observar a colonização da interface entre as florestas de mangue e as planícies hipersalinas, por espécies de mangue. Nas florestas associadas às planícies hipersalinas, a redução do desenvolvimento estrutural e a ocorrência de florestas com arquitetura retorcida são ainda mais drásticos, indicando que tais florestas estão realmente colonizando ambientes extremos, no que se refere ao rigor ambiental.

11.5.1.4. Fitofisionomias

As fitofisionomias representam um detalhamento da estrutura vegetal que revela a variabilidade que pode ser observada em uma floresta de mangue. Cada fitofisionomia reúne áreas de florestas que apresentem estrutura de vegetação semelhante entre si, ressaltando aspectos da vegetação que a diferencia de outras áreas – neste caso, outras fitofisionomias.

A identificação das fitofisionomias presentes nas florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA) foi realizada com base nos dados de estrutura vegetal medidos em expedições de campo, nos parâmetros calculados a partir desses dados e em análises e interpretação de dados, conforme descrito nos Métodos 11.2.3.

A análise de agrupamento foi utilizada com o propósito de identificar similaridades entre as estações, agrupando as mais semelhantes, que foram interpretadas como as fitofisionomias. As variáveis utilizadas nessa análise foram a dominância de cada uma das três espécies (% em área basal), o DAP médio e a altura média do dossel de cada estação. A Figura 11-72 apresenta o dendrograma resultante dessa análise, que permitiu identificar 23 fitofisionomias.

Adicionalmente, em algumas das fitofisionomias identificadas nos manguezais da Baía de Turiaçu (MA), foi realizada análise de parâmetros descritores da arquitetura das florestas, atributos esses não considerados na análise de agrupamento. Esse procedimento justifica-se por haver nessa região forte gradiente ambiental associado ao clima sazonalmente seco e ao gradiente de frequência de inundação pelas marés, que pode ser inferido pela presença de diversas planícies hipersalinas nas porções superiores da zona entre-marés. Conforme descrito por Soares *et al.* (2017), ao longo desse tipo de gradiente ambiental ocorre um aumento do estresse hídrico e salino em direção às áreas internas das florestas de mangue, que são atingidas com menor frequência pelas marés, que pode induzir alterações na arquitetura das florestas. Assim, observamos, no caso da Baía de Turiaçu, florestas de mangue submetidas a diferentes níveis de estresse, desde florestas que se desenvolvem em ambiente de salinidades intermediárias (14,0 a 20,0) e

portanto sob reduzido estresse hídrico e salino, até florestas submetidas à hipersalinidade e sob forte estresse hídrico e salino com salinidades superiores a 40,0, atingindo valor de salinidade de até 62 (Tabela 11-7).Nesse sentido, é comum observarmos florestas com arquitetura retorcida e arbustiva e compostas por indivíduos altamente ramificados, quando submetidas a maior estresse salino, ao passo que sob condições menos rigorosas predominam florestas de porte ereto, com alto desenvolvimento estrutural e compostas por indivíduos menos ramificados (SOARES *et al.*, 2017).

Portanto, para descrição da arquitetura em algumas das fitofisionomias identificadas, foram analisadas: (i) a posição da floresta em relação ao gradiente de inundação (franja, bacia e transição para planícies hipersalinas), conforme descrição apresentada por Estrada *et al.* (2013); (ii) o número médio de troncos por indivíduos; (iii) a relação DAP médio/altura média.

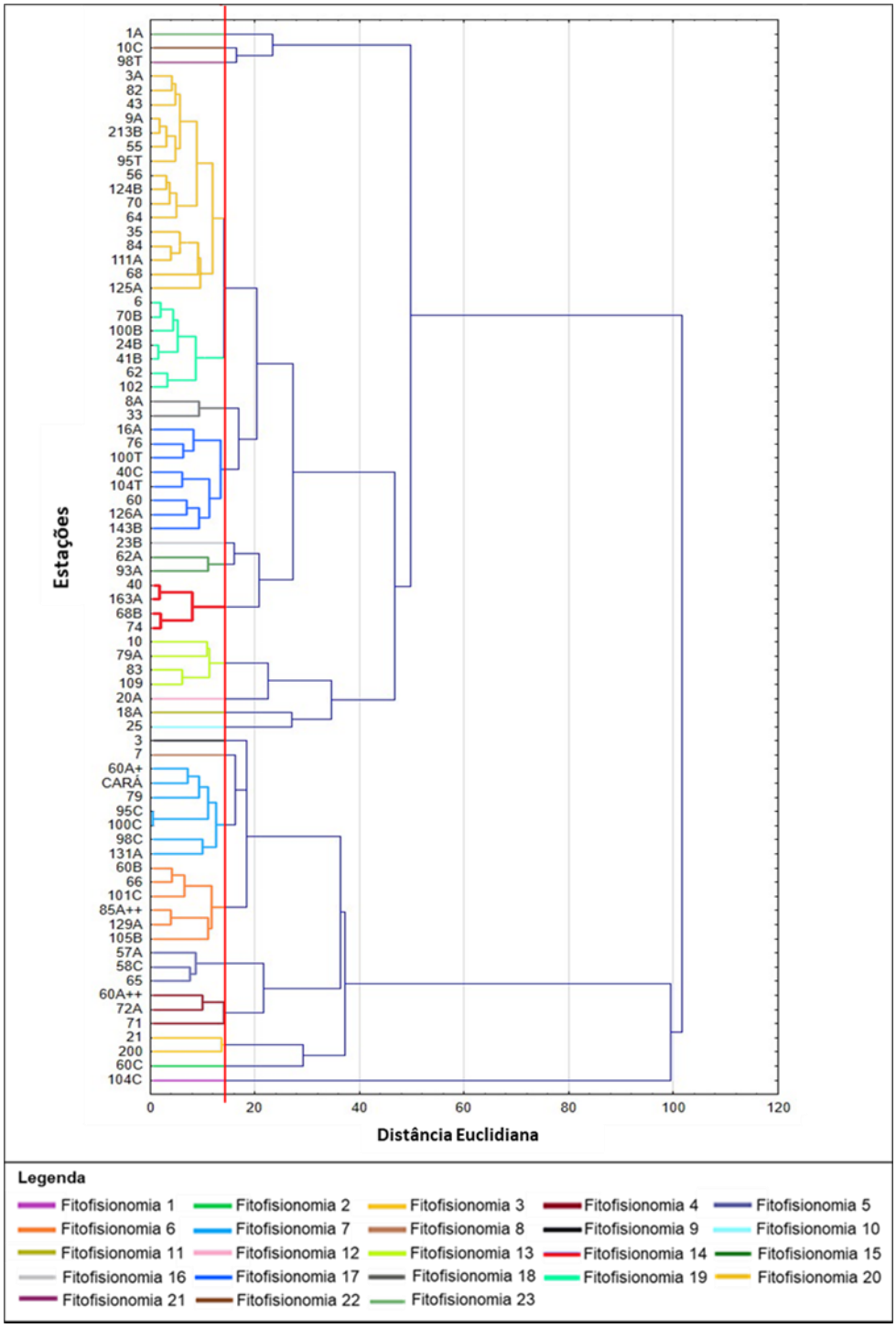


Figura 11-72: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA). Cada grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 15, como indicado pela linha vermelha vertical.

A distância selecionada para estabelecer o corte para separação das fitofisionomias (agrupamentos de estações com características similares) na Baía de Turiaçu (MA) foi a distância euclidiana de 15, como indicado pela linha vermelha na Figura 11-72. Reiterando, conforme descrito no Cap. 11.2 Métodos, essa distância foi selecionada e ajustada a partir da análise das características dos grupos formados com cortes a diferentes distâncias, de modo a refletir um equilíbrio entre a distinção das diferenças entre os grupos

formados e o agrupamento de estações com características ecológicas semelhantes. Em casos específicos, diferenças relevantes dentro de um mesmo grupo podem ser identificadas, como por exemplo a ocorrência de arquitetura diferenciada, que não são captadas pela análise de agrupamento realizada. Nesses casos, a fitofisionomia é dividida em tipos (subgrupos) e as características e diferenças são apontadas na descrição e análise da fitofisionomia.

A análise dos dados da estrutura das florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA) permitiu identificar 23 fitofisionomias cujas características gerais são descritas a seguir. Na Tabela 11-6 estão indicadas as fitofisionomias e as respectivas estações de medição. A Figura 11-73 apresenta a localização das estações e as fitofisionomias às quais pertencem, indicadas por diferentes cores. Os recortes demarcados nessa figura são apresentados de forma ampliada na Figura 11-74.

Tabela 11-6: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue da Baía de Turiaçu (MA) e as estações de medição que as representam.

Fitofisionomia	Estações
1	104C
2	60C
3	200, 21
4	71, 72A, 60A++
5	65, 58C, 57A
6	105B, 129A, 85A++,101C, 66, 60B
7	131A, 98C, 100C, 95C, 79, Cara, 60A+
8	7
9	3
10	25
11	18A
12	20A
13	109, 83, 79A, 10
14	74, 68B, 163A, 40
15	93A, 62A
16	23B
17	104T, 40C, 126A, 60, 143B, 16A, 100T, 76
18	33, 8A
19	102, 62, 41B, 24B, 100B, 70B, 6
20	125A, 68, 111A, 84, 35, 64, 70, 124B, 56, 95T, 55, 213B, 9A, 43, 82, 3A
21	98T
22	10C
23	1A

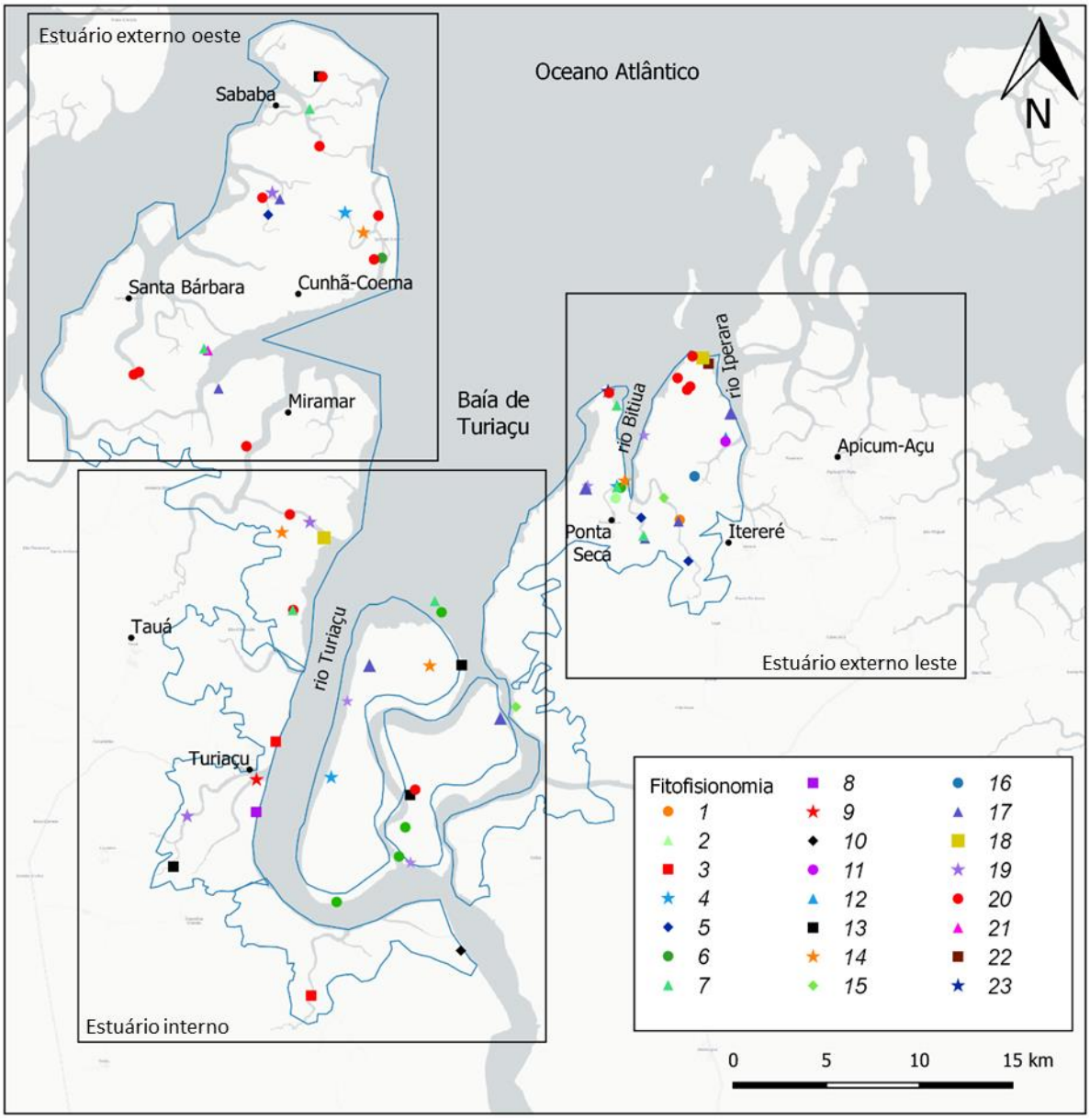


Figura 11-73: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue na Baía de Turiaçu (MA).

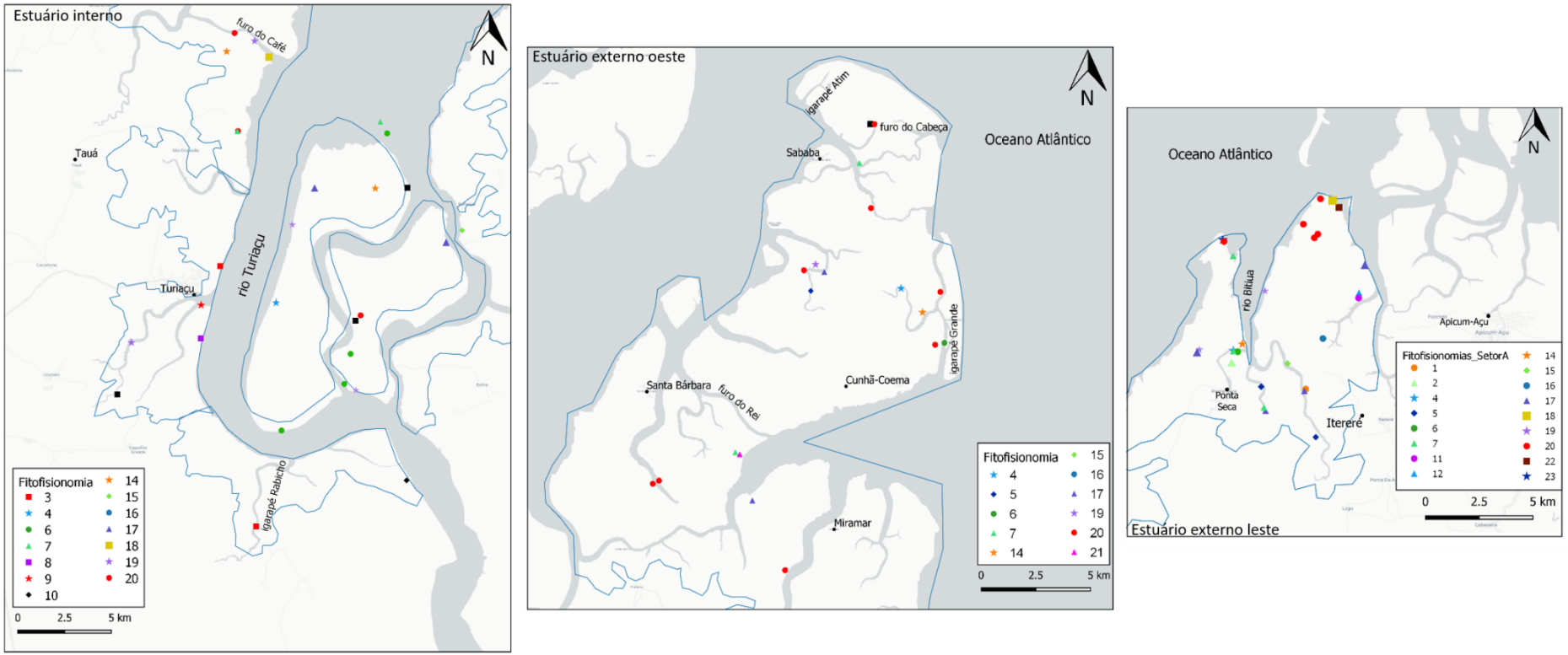


Figura 11-74: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue no estuário interno, estuário externo oeste e estuário externo leste da Baía de Turiaçu (MA).

11.5.1.4.1. Descrição das Fitofisionomias

Os critérios que permitiram separar as 23 fitofisionomias encontradas na Baía de Turiaçu (MA) foram, principalmente, a composição de espécies e a estrutura da vegetação (DAP médio, densidade, altura média e altura média do dossel). A composição de espécies pode ser observada na Figura 11-75, que apresenta os resultados da dominância relativa por espécies em cada estação de medição, estas ordenadas por fitofisionomias. Na interpretação dos resultados, área basal morta é um parâmetro apresentado sem distinção das espécies.

A estrutura da vegetação é analisada a partir de diferentes parâmetros: DAP médio (Figura 11-76), densidade (Figura 11-77), altura média e altura média do dossel (média da altura das 10 árvores mais altas) (Figura 11-78). Esses resultados também foram organizados por fitofisionomia, na intenção de proporcionar melhor visualização do conjunto de características que agruparam determinadas estações em uma mesma fitofisionomia. Tais descritores sintetizam informações sobre a estrutura da vegetação nas estações de medição de forma eficiente, permitindo sua comparação, principalmente para estações onde há homogeneidade na composição de espécies e na estrutura da vegetação.

A classificação do desenvolvimento estrutural das fitofisionomias em baixo, intermediário e alto foi descrita a partir do desenvolvimento estrutural das estações que compõe cada fitofisionomia, também nessas classes.

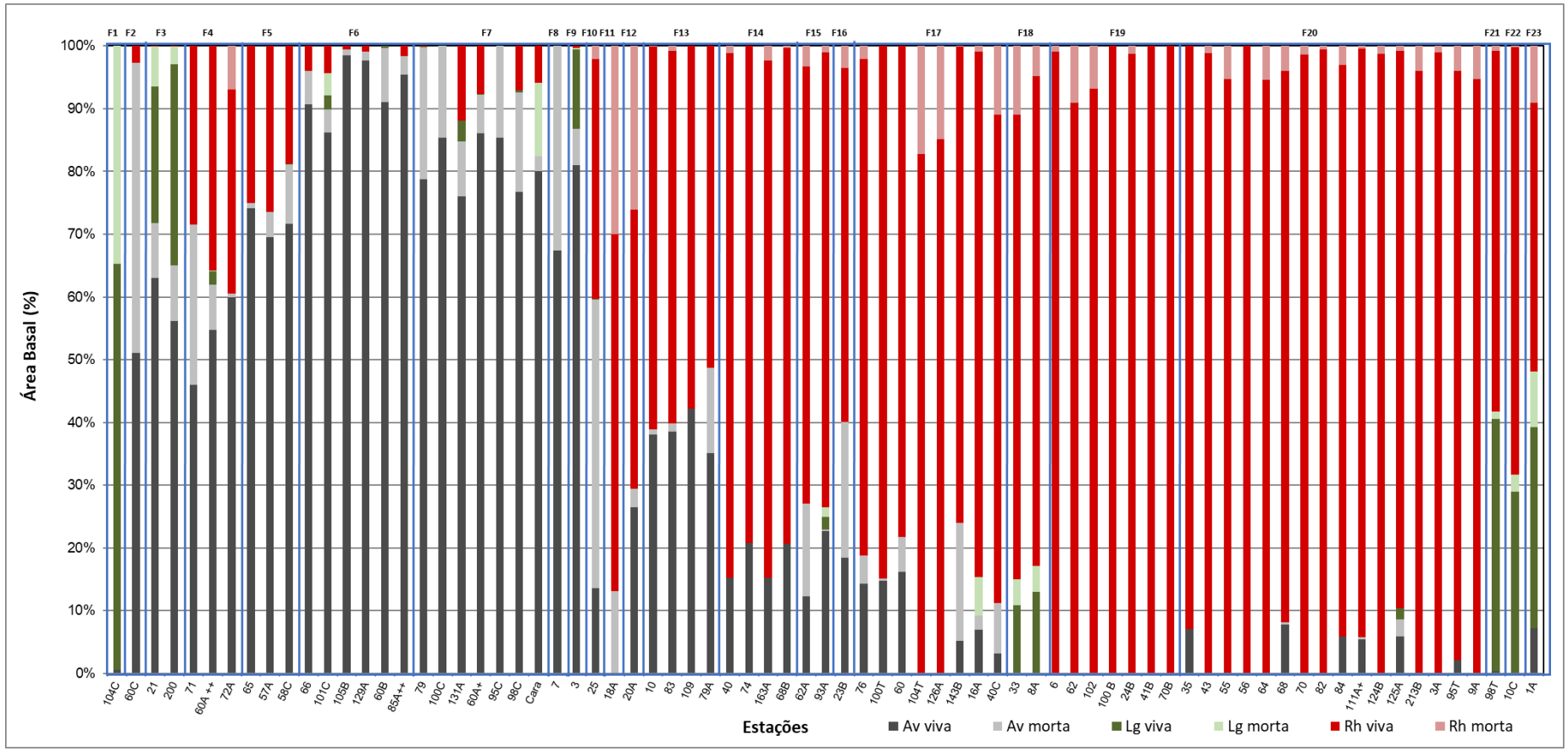


Figura 11-75: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição da Baía de Turiaçu, MA. Estações agrupadas por fitofisionomia. Av = *Avicennia* spp.*;* Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

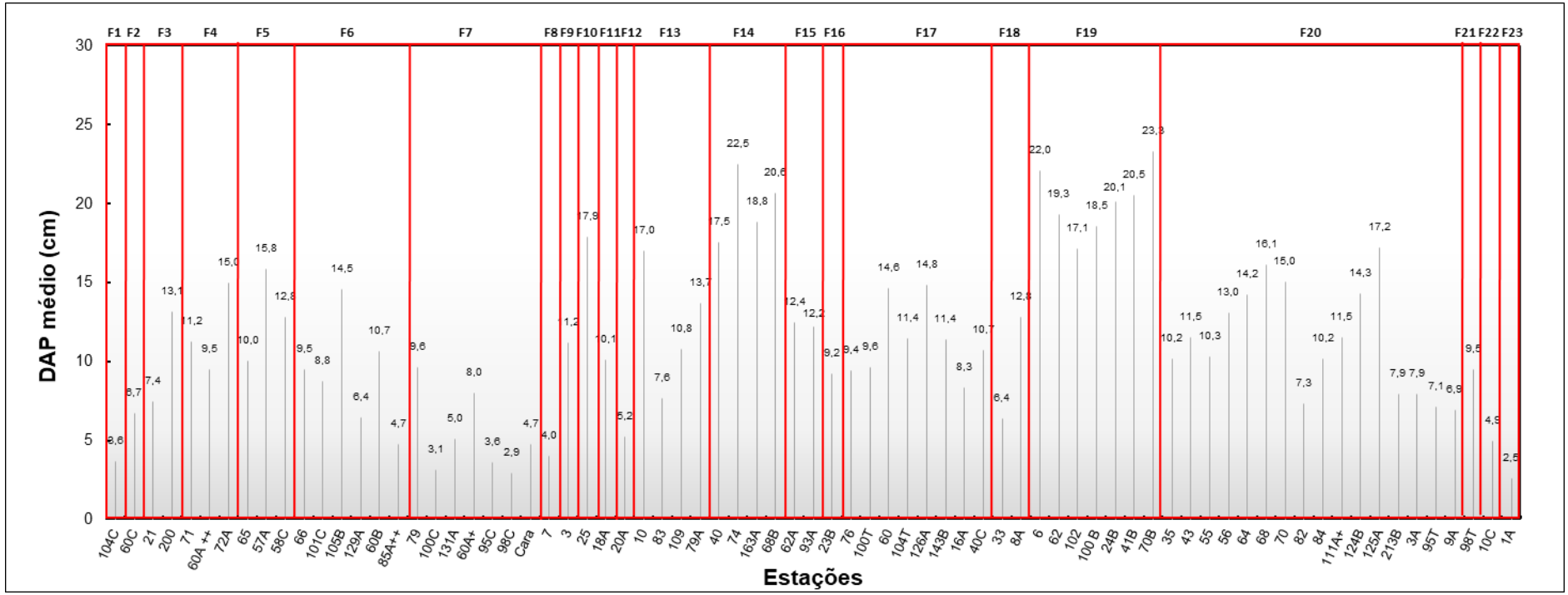


Figura 11-76: DAP médio por estação de medição da Baía de Turiaçu (MA) agrupadas por fitofisionomias.

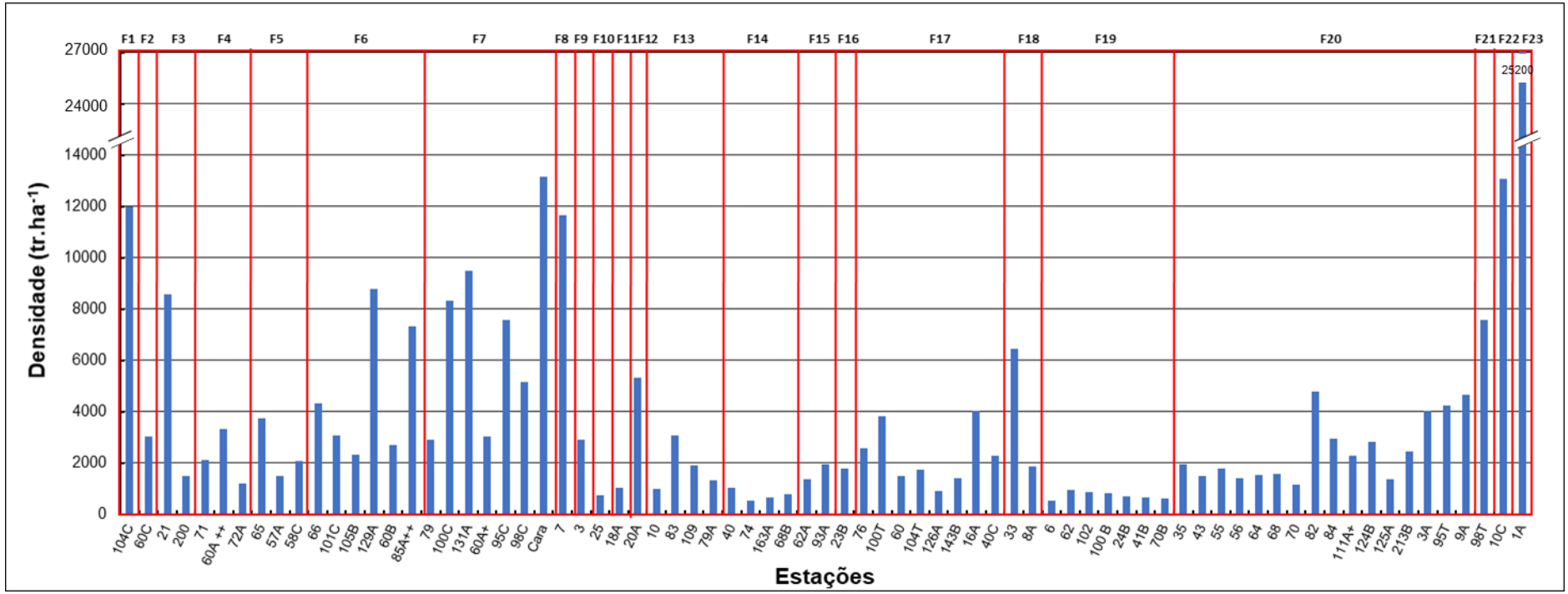


Figura 11-77: Densidade por estações de medição da Baía de Turiaçu (MA) agrupadas por fitofisionomia. As estações cara, 10C e 1A apresentam densidades muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessa estação está indicado logo acima da sua barra.

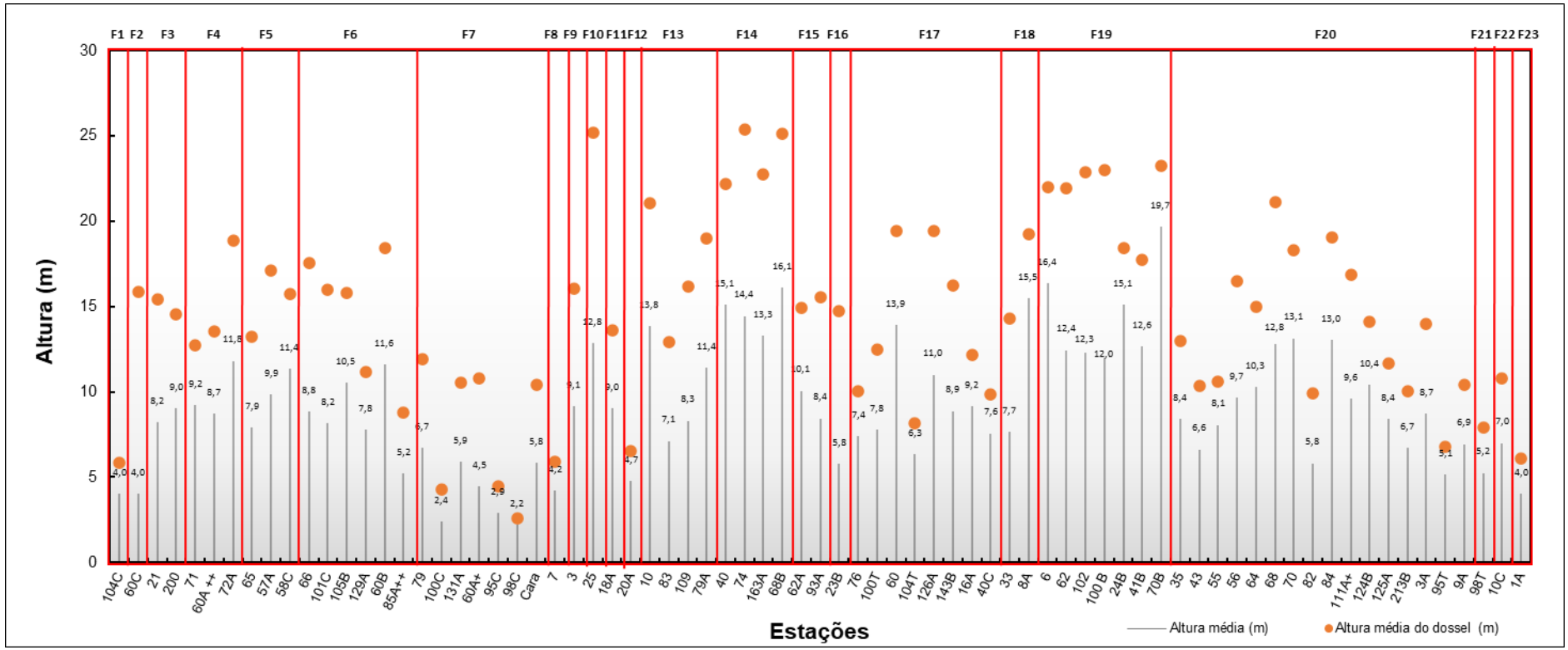


Figura 11-78: Altura média e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) por estação de medição da Baía de Turiaçu (MA) estações agrupadas por fitofisionomias.

Na Tabela 11-7, estão apresentados os valores de salinidade das estações e seus valores médios nas fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA). Os valores médios de salinidade das fitofisionomias variaram entre 16,3 e 62,0 (Tabela 11-7). Esses valores foram os mais altos de todas as áreas de estudo. Tais condições ambientais exigem da vegetação investimento em mecanismos de tolerância ao sal e comprometem o crescimento das árvores, que podem apresentar altura reduzida e menor produção de biomassa (SNEDAKER, 1982).

Tabela 11-7: Salinidade média nas estações e fitofisionomias da Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
1	104C	62,0 ± 0	62,0
2	60C	22,5 ± 3,5	22,5
3	21	-	-
	200	-	
4	71	-	25,3
	60A++	-	
	72A	25,3 ± 5,0	
5	65	24 ± 1,6	20,1
	57a	15 ± 0,8	
	58c	21,3 ± 3,2	
6	66	37,5 ± 2,9	24,7
	101C	13,5 ± 2,6	
	105B	21,3 ± 2,4	
	129A	-	
	60B	34,8 ± 3,4	
	85A++	16,4 ± 2,7	
7	79	29,8 ± 1,5	35,5
	100C	-	
	131A	24,8 ± 1,8	
	60A+	25,4 ± 1,7	
	95C	62 ± 9	
	98C	-	
	cara	-	
8	7	-	-
9	3	45 ± 7,1	45,0
10	25	29,5 ± 0,7	29,5
11	18A	24 ± 2,9	24,0
12	20A	30 ± 2,1	30,0

Tabela 11-7: Continuação.

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
13	10	34,6 ± 1,1	24,3
	83	28,8 ± 2,6	
	109	14 ± 1,7	
	79A	19,7 ± 0,6	
14	40	36,5 ± 1,3	31,8
	74	30 ± 2,8	
	163A	29 ± 1,0	
	68B		
15	62A	22 ± 2,0	22,0
	93a	-	
16	23B	27,6 ± 1,8	27,6
17	60	35,3 ± 0,6	30,8
	104T	47 ± 5,7	
	126A	20,6 ± 3,1	
	143b	18,7 ± 3,5	
	163a	25,4 ± 5,7	
	40C		
	76	37,8 ± 1,5	
	100T	-	
18	33	16,3 ± 1,5	16,3
	8a	-	
19	6	31,7 ± 2,9	27,3
	62	22,7 ± 2,5	
	102	41,4 ± 3,0	
	100B	16,2 ± 1,3	
	24b	29 ± 1,6	
	41B	25 ± 0	
	70B	25,2 ± 1,1	

Tabela 11-7: Continuação.

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
20	35	19 ± 5,4	25,3
	43	34,8 ± 1,8	
	55	21,4 ± 3,6	
	56	23,5 ± 1,9	
	64	26,6 ± 1,3	
	68	-	
	70	36 ± 2,1	
	82	27 ± 4,2	
	84	13,5 ± 0,7	
	111A+	26,4 ± 4	
	124b	-	
	125a	21,6 ± 1,5	
	213b	23 ± 0	
	3a	30,2 ± 4,0	
	95T	27,4 ± 5,6	
	9a	24,2 ± 1,8	
21	98T	-	-
22	10c	35 ± 0	35,0
23	1A	-	-

Ressalta-se que, em algumas estações, a medição da salinidade pode ter sido impedida pela condição muito seca do sedimento, que torna inviável a coleta de água intersticial. Essa situação costuma ocorrer em áreas de baixa disponibilidade hídrica. Em casos mais raros, o alagamento do sedimento pela maré pode ter inviabilizado a medição. Nesses casos, os dados não puderam ser coletados nem apresentados.

Ressalta-se que as medidas de pH e Eh nas estações foram realizadas de forma pontual e a variabilidade dos valores medidos nas estações foi muito alta. Essas condições impossibilitaram a análise consistente de tais dados, por isso, optou-se por não apresentá-los.

As características gerais de cada fitofisionomia estão descritas a seguir, relacionando-as com o ambiente e destacando informações relevantes observadas em campo. Adicionalmente, a distribuição do número de indivíduos por classes de altura e dap com a indicação das espécies foi analisada para cada estação, como informação adicional para distinção das fitofisionomias, embora não esteja apresentada neste documento. Como mencionado anteriormente, essa análise permitiu identificar importantes características das florestas, que não são detectadas pela análise de agrupamento, como por exemplo: (i) qual espécie ocupa os diferentes estratos de altura de uma estação e, principalmente, qual espécie ocupa o dossel; (ii) identificar a ocorrência de recrutamento de jovens; (iii) identificar ocorrência e sobreposição de coortes

numa mesma floresta, entre outros processos. Essas informações também foram incorporadas na descrição das fitofisionomias apresentadas a seguir.

Fitofisionomia 1

A fitofisionomia 1 apresenta floresta de baixo desenvolvimento estrutural dominada por *Laguncularia racemosa*, com eventual presença de *Avicennia* spp. O dossel é dominado por *Laguncularia racemosa.*

Laguncularia racemosa apresenta dominância relativa de 64,7% de área basal viva. *Avicennia* spp. apresenta contribuição extremamente baixa, de 0,5%. Destaca-se a contribuição em área basal morta, de 34,8%, exclusivamente por *Laguncularia racemosa*. O DAP médio é de 3,6 cm e a densidade é de 12.000 $tr.ha^{-1}$. A altura média é de 4,0 m e o dossel apresenta 5,8 m de altura média.

Esta fitofisionomia é composta apenas pela estação 104 C, localizada na borda de uma planície hipersalina na porção externa leste da Baía de Turiaçu (MA) (entre Ponta Seca e Itereré) (ver Figura 11-73). Os parâmetros estruturais indicam desenvolvimento estrutural baixo, e *Laguncularia racemosa* é dominante, além da estação apresentar grande quantidade de indivíduos mortos. As características da estrutura da vegetação apresentadas podem indicar que a floresta seja recém-estabelecida e/ou esteja submetida à condição de rigor ambiental. Além disso, sua proximidade com a planície hipersalina é compatível com uma colonização recente de planície hipersalina, sujeita ao rigor ambiental causado pelo estresse hídrico e salino constatado para essa fitofisionomia, que apresentou salinidade média de 62 (Tabela 11-7), a mais alta dessa área de estudo.

A Figura 11-79 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a densidade alta de troncos e o porte baixo dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-79: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 1, estação 104C, onde é possível observar indivíduos de *Laguncularia racemosa*, com baixo desenvolvimento estrutural. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 2

Essa fitofisionomia apresenta floresta de baixo desenvolvimento estrutural dominada por *Avicennia* spp., com eventual presença de *Rhizophora* spp. O dossel é dominado por *Avicennia* spp. e há grande contribuição de indivíduos mortos para a área basal.

Avicennia spp. apresenta a maior dominância relativa, com 51,0% de área basal viva e *Rhizophora* spp. contribui com 2,6%. Destaca-se a contribuição em área basal morta, de 46,3%. O DAP médio é de 6,7 cm e a densidade é de 3.013 tr.ha^{-1}. A altura média é de 4,0 m e a altura média do dossel é de 15,9 m.

Essa fitofisionomia é composta pela estação 60C, localizada na porção externa leste da Baía de Turiaçu (MA) (próximo a Ponta Seca) (ver Figura 11-73). Os parâmetros estruturais demonstram baixo desenvolvimento estrutural, além da estação apresentar arquitetura ligeiramente retorcida. As características apresentadas podem indicar que a floresta tenha se estabelecido há pouco tempo e/ou esteja submetida à condição de rigor ambiental. Essas características são compatíveis com uma colonização de planície hipersalina, sujeita ao rigor ambiental causado pelo estresse hídrico e salino. O valor de salinidade média encontrado, 22,5 (Tabela 11-7), considerado intermediário, pode estar relacionado à presença de canais.

A Figura 11-80 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-80: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 2, estação 60C, onde é possível observar indivíduos de *Rhizophora spp.* com desenvolvimento estrutural baixo. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 3

As florestas dessa fitofisionomia apresentam desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário. São florestas mistas, com predomínio de *Avicennia* spp., com presença relevante de *Laguncularia racemosa* e presença reduzida de jovens de *Rhizophora* spp. O dossel é dominado por *Avicennia* spp. e *Laguncularia racemosa.*

Avicennia spp. apresenta a maior dominância relativa, que varia de 56,1 a 63,1% de área basal viva. *Laguncularia racemosa* apresenta-se como segunda maior contribuição (21,7 e 32,1%). *Rhizophora* spp. Contribui eventualmente com valor de 0,1%. A contribuição em área basal morta varia entre 11,7 e 15,2%. O DAP médio varia de 7,4 a 13,1 cm. A densidade varia entre 1.467 e 8.571 $tr.ha^{-1}$. A altura média está entre 8,2 e 9,0 m e a altura média do dossel varia entre 14,5 e 15,4 m.

As estações desta fitofisionomia estão localizadas na porção interna da Baía de Turiaçu (MA), a estação 200, próxima a cidade de Turiaçu, e a estação 21, na porção mais interna da baía (ver Figura 11-73). Há ligeiras diferenças entre a estrutura da vegetação das estações, a estação 200 tem desenvolvimento estrutural intermediário, enquanto a estação 21 tem baixo desenvolvimento estrutural. Desta maneira, a composição de espécies é o principal fator determinante na formação desta fitofisionomia. A estação 200 localiza-se na franja, em área diariamente inundada pela maré (Figura 11-81).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-81: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 3, estação 200, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia* spp. e *Laguncularia racemosa* com desenvolvimento estrutural intermediário, em região de grande alagamento. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 4

A Fitofisionomia 4 apresenta florestas de desenvolvimento estrutural intermediário, mistas, com predomínio de *Avicennia* spp., com presença relevante de *Rhizophora* spp. e presença eventual de *Laguncularia racemosa*. O dossel é dominado por *Avicennia* spp. e *Rhizophora* spp.

Avicennia spp. apresenta a maior dominância relativa, variando de 46,0 a 59,9% em área basal viva. *Rhizophora* spp. apresenta a segunda maior contribuição (28,4 e 35,8%) e *Laguncularia racemosa* contribui eventualmente com até 2,1%. A contribuição em área basal morta varia entre 7,3 e 25,6%. O DAP médio varia de 9,5 a 15,0 cm; a densidade entre 1.200 e 3.316 tr.ha^{-1}; a altura média entre 8,7 e 11,8 m e a altura média do dossel varia entre 12,7 e 18,9 m.

As estações dessa fitofisionomia distribuem-se por toda Baía de Turiaçu (MA) (ver Figura 11-73). Os parâmetros estruturais indicam desenvolvimento estrutural intermediário, indicando que estas florestas ocupem ambiente relativamente favorável ao seu desenvolvimento.

A Figura 11-82 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a densidade intermediária de troncos, dominância de *Avicennia* spp. e o porte intermediário dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-82: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 4, exemplificada pela estação 71, onde é possível observar indivíduos de *Rhizophora spp.* e *Avicennia* spp. com desenvolvimento intermediário. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 5

As florestas dessa fitofisionomia apresentam desenvolvimento estrutural intermediário e são dominadas por *Avicennia* spp., com presença de *Rhizophora* spp. O dossel é dominado por *Avicennia* spp. e *Rhizophora* spp.

Avicennia spp. apresenta a maior dominância relativa, variando de 69,6 a 74,1% de contribuição em área basal viva. *Rhizophora* spp. apresenta a segunda maior contribuição, com 18,8 a 26,5%. A contribuição em área basal morta varia entre 0,9 e 9,5%. As florestas apresentam DAP médio de 10,0 a 15,8 cm. A densidade nesta fitofisionomia varia entre 1.472 e 3.750 tr.ha^{-1}. A altura média está entre 7,9 e 11,4 m e a altura média do dossel varia entre 13,2 e 17,1 m.

As estações da Fitofisionomia 5 estão localizadas na porção externa da baía (próximo a Ponta Seca e Areia Branca) (ver Figura 11-73). Os parâmetros estruturais indicam desenvolvimento estrutural intermediário indicando que estas florestas ocupem ambiente relativamente favorável ao seu desenvolvimento.

A Figura 11-83 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a densidade intermediária de troncos, dominância de *Avicennia* spp. e o porte intermediário dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-83: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 5, exemplificada pela estação 65, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia* spp., *e Rhizophora spp.* com densidade e porte intermediários. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 6

Essa fitofisionomia apresenta florestas com desenvolvimento estrutural baixo a intermediário dominadas por *Avicennia* spp., com pequena contribuição de *Rhizophora* spp. e *Laguncularia racemosa*. O dossel é dominado por *Avicennia* spp.

A contribuição de *Avicennia* spp. varia entre 86,2 e 98,6% em área basal viva. *Rhizophora* spp., quando presente, contribui com até 4,4%. *Laguncularia racemosa* contribui, quando presente, com até 2,3%. A contribuição em área basal morta varia entre 0,9 e 8,6%. Na Fitofisionomia 6, o DAP médio está entre 4,7 e 14,5 cm, a densidade varia entre 2.333 e 8.776 tr.ha^{-1}, a altura média das florestas está entre 5,2 e 11,6 m, enquanto a altura média do dossel varia entre 8,8 e 18,4 m.

As estações estão localizadas na porção mais interna da baía ou na porção externa oeste (ver Figura 11-73). A composição de espécies e o desenvolvimento estrutural indicam que essas possam ser florestas

relativamente jovens. Destaca-se a estação 101C, localizada na transição com planície hipersalina, cujas características podem indicar que a floresta tenha se estabelecido há pouco tempo e/ou esteja submetida à condição ambiental desfavorável ao desenvolvimento. Essas características são compatíveis com um processo de colonização de planície hipersalina, em que a floresta encontra-se sujeita ao rigor ambiental causado pelo estresse hídrico e salino, apesar do valor de salinidade média encontrado, 13,5 (Tabela 11-7), estar entre os mais baixos dessa baía.

A Figura 11-84 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, com destaque para a alta densidade e reduzido porte dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-84: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 6, exemplificada pela estação 129A, com destaque para a alta densidade e reduzido porte dos indivíduos e a presença de *Avicennia* spp. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 7

A Fitofisionomia 7 apresenta florestas com desenvolvimento estrutural predominantemente baixo, eventualmente intermediário, monoespecíficas ou dominadas por *Avicennia* spp. com contribuição de *Rhizophora* spp. e *Laguncularia racemosa*. O dossel é dominado por *Avicennia* spp. com eventual presença de *Rhizophora* spp. e *Laguncularia racemosa.*

Avicennia spp. apresenta contribuição entre 76,0 e 86,1% em área basal viva, *Rhizophora* spp., quando presente, contribui com até 11,9% e *Laguncularia racemosa* contribui, quando presente, com até 3,2%. A contribuição em área basal morta varia entre 6,2 e 21,1%. Na Fitofisionomia 7, o DAP médio varia de 2,9 a 9,6 cm; a densidade varia entre 3.008 e 13.143 tr.ha^{-1}. A altura média está entre 2,2 e 6,7 m e a altura média do dossel varia entre 2,6 e 11,9 m.

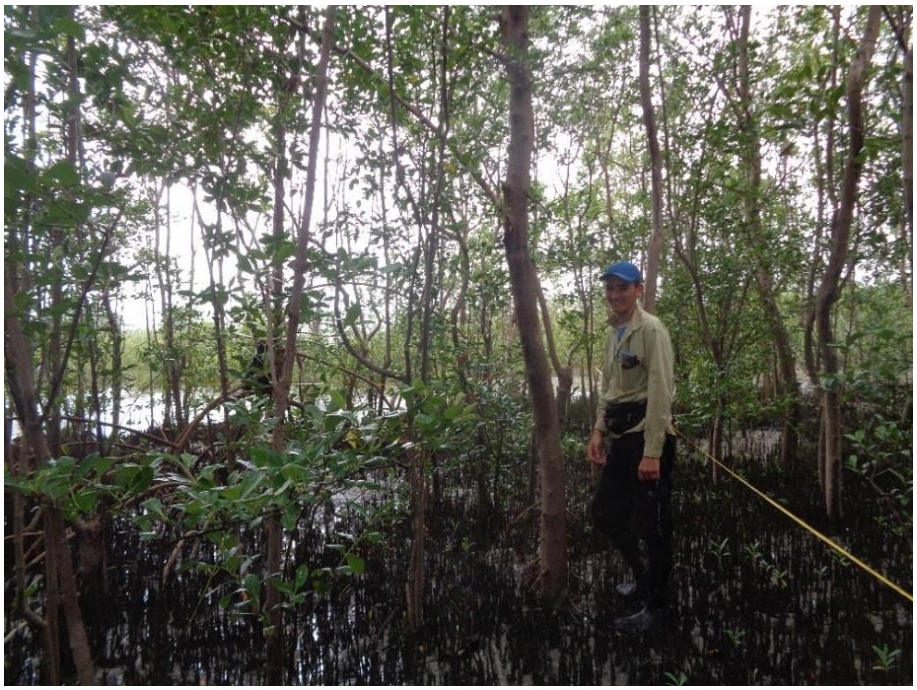
Estas estações estão distribuídas na porção intermediária e externa da baía (ver Figura 11-73). As características da vegetação indicam a ocorrência de florestas relativamente jovens, podendo haver condições limitantes ao crescimento em parte das estações. Nessa fitofisionomia há distinção de arquitetura entre algumas estações, refletindo, que apesar de possuírem características estruturais gerais

similares, representam respostas a condições ecológicas distintas. Portanto, podem ser diferenciadas em dois subgrupos.

O subgrupo 7A é representado por florestas de franja com porte ereto, com pouca ramificação (média entre 1 e 1,5 troncos/indivíduo) e relação DAP médio/altura média usualmente inferior a 1 (Figura 11-85). São exemplos desse subgrupo as estações 131A, 79, Cara e 60A+. Os parâmetros da estrutura da vegetação demonstram desenvolvimento estrutural baixo, indicando que a floresta tenha se estabelecido há pouco tempo.

O subgrupo 7B é composto por florestas arbustivas (relação DAP médio/altura média superior a 1,2), localizadas principalmente nas partes mais internas, com menor frequência de inundação pelas marés e maior salinidade (portanto submetidas a maior estresse hídrico e salino). As florestas desse subgrupo apresentam-se mais ramificadas, com média entre 1,89 e 2,46 troncos/indivíduo (Figura 11-86). Compõem esse subgrupo as estações 98C, 100C e 95C. Os parâmetros da estrutura da vegetação demonstram desenvolvimento estrutural baixo, indicando que a floresta tenha se estabelecido há pouco tempo e/ou esteja submetida à condição ambiental desfavorável ao pleno crescimento. Essas características são compatíveis com florestas colonizando a interface com planície hipersalina, sujeitas ao rigor ambiental causado pelo estresse hídrico e salino. Em duas dessas estações (98C e 100C) a salinidade não pode ser aferida pois o sedimento estava muito seco e na estação 95C a salinidade média foi de 62 (Tabela 11-7), uma das mais altas dessa área de estudo.

A Figura 11-85 ilustra o aspecto geral das florestas identificadas como pertencentes a essa fitofisionomia, com destaque para os indivíduos de *Avicennia* spp. de desenvolvimento estrutural intermediário e baixo e na Figura 11-86, destaca-se a grande ocorrência de jovens de *Avicennia* spp. em área de colonização da interface com planície hipersalina.



Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-85: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 7, subtipo 7A, exemplificada pela estação 131A, com destaque para os indivíduos de *Avicennia* spp. de baixo a intermediário desenvolvimento. Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-86: Um outro aspecto da Fitofisionomia 7, subtipo 7B, exemplificada pela estação 95C, destacando-se grande ocorrência de jovens de *Avicennia* spp. em área de colonização de planície hipersalina. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 8

A Fitofisionomia 8 apresenta floresta monoespecífica de *Avicennia* spp. de baixo desenvolvimento estrutural com alta proporção de indivíduos mortos.

A dominância relativa de *Avicennia* spp. é de 67,4%, e a contribuição em área basal morta é de 32,6%, composta exclusivamente por *Avicennia* spp. Na Fitofisionomia 8, o DAP médio é de 4,0 cm e a densidade é de 11.667 tr.ha^{-1}. A altura média é de 4,2 m e a altura média do dossel é de 5,9 m.

A única estação representativa dessa fitofisionomia está localizada na porção mais interna da Baía de Turiaçu (MA), próximo à cidade de Turiaçu (ver Figura 11-73). O desenvolvimento estrutural baixo e a alta proporção de mortos pode indicar a baixa frequência de inundação pelas marés nessa área, levando a floresta ao estresse hídrico. A salinidade na estação dessa fitofisionomia não pode ser medida.

A Figura 11-87 ilustra o aspecto geral da floresta identificada para essa fitofisionomia, com destaque para a alta densidade, composição monoespecífica de *Avicennia* spp. e porte reduzido dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-87: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 8, estação 7, com destaque para a alta densidade, composição monoespecífica de *Avicennia* spp. e porte reduzido dos indivíduos. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 9

Essa fitofisionomia apresenta floresta com desenvolvimento estrutural intermediário, dominada por *Avicennia* spp., com presença de *Laguncularia racemosa* e ocorrência eventual de *Rhizophora* spp. O dossel é dominado por *Avicennia* spp.

Avicennia spp. apresenta dominância relativa de 81,0% (contribuição de troncos vivos). *Laguncularia racemosa* contribui com 12,6% e *Rhizophora* spp. com 0,3%. A contribuição em área basal morta é de 6,1%. Na Fitofisionomia 9, o DAP médio é de 11,2 cm, e a densidade é de 2.917 tr.ha^{-1}. A altura média é de 9,1 m e o dossel apresenta 16,1 m de altura média.

Essa estação está localizada na porção interna da baía (próximo à cidade de Turiaçu) (ver Figura 11-73). O desenvolvimento estrutural intermediário associado à composição de espécies, principalmente a presença de *Laguncularia racemosa*, indica que essa floresta seja relativamente jovem. Essa conclusão é consistente com o tipo de ambiente em que a floresta foi encontrada, uma área de acreção de sedimento, ou seja, área provavelmente formada recentemente.

A Figura 11-88 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a densidade intermediária de troncos, dominância de *Avicennia* spp. e o porte intermediário dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-88: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 9, estação 3, destacando a densidade intermediária de troncos, dominância de *Avicennia* spp., o porte intermediário dos indivíduos e o substrato lamoso. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 10

A Fitofisionomia 10 apresenta floresta com alto desenvolvimento estrutural, dominada por *Rhizophora* spp. e presença de indivíduos de grande porte de *Avicennia* spp. A baixa densidade relaciona-se também à grande contribuição de *Avicennia* spp. morta. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. e *Avicennia* spp.

Rhizophora spp. apresenta a maior dominância relativa, com 38,1% em área basal viva. *Avicennia* spp. contribui com 13,5% e *Laguncularia racemosa* com 0,1%. A contribuição em área basal morta é de 48,2%, representada em grande parte por *Avicennia* spp. Na Fitofisionomia 10, o DAP médio é de 17,9 cm, e a densidade é de 714 tr.ha^{-1}. A altura média é de 12,8 m e a altura média do dossel é de 25,2 m.

A estação da Fitofisionomia 10 é uma das mais internas da Baía de Turiaçu (MA) (ver Figura 11-73). Essa é uma das três fitofisionomias com alto desenvolvimento estrutural nessa área de estudo, apresenta, portanto, rara estrutura da vegetação para essa área. A predominância de indivíduos de grande porte de *Rhizophora* spp. indica que esta seja uma floresta madura, ocupando local com condições favoráveis ao crescimento.

A Figura 11-89 ilustra as características descritas, com destaque para o alto desenvolvimento estrutural.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-89: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 10, estação 25, com destaque para o alto desenvolvimento estrutural e a dominância por *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 11

A floresta dessa fitofisionomia é monoespecífica de *Rhizophora* spp. com desenvolvimento estrutural intermediário e grande contribuição de mortos.

Rhizophora spp., apresenta dominância relativa de 56,9% de área basal de troncos vivos. Destaca-se a contribuição em área basal morta, de 43,1%, tendo contribuição por *Avicennia* spp. morta (13,1%) Na Fitofisionomia 11, o DAP médio é de 10,1 cm, e a densidade é de 1.023 tr.ha^{-1}. A altura média é de 9,0 m e o dossel apresenta 13,6 m de altura média.

A estação da Fitofisionomia 11 está localizada na porção externa leste da baía (entre Ponta Seca e Apicum-Açu) (ver Figura 11-73). O desenvolvimento estrutural intermediário e a grande quantidade de indivíduos mortos sugerem que a floresta esteja submetida a algum estresse ambiental.

A Figura 11-90 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a densidade intermediária de troncos, o porte intermediário dos indivíduos e a ocorrência de clareiras.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-90: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 11, estação 18A, destacando a presença de *Rhizophora* spp., densidade intermediária de troncos e o porte intermediário dos indivíduos. Ao fundo, área de clareira. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 12

A Fitofisionomia 12 apresenta floresta com baixo desenvolvimento estrutural, com arquitetura retorcida dominada por *Rhizophora* spp. com contribuição de *Avicennia* spp. e grande contribuição de mortos. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. com eventual presença de *Avicennia* spp.

Rhizophora spp. apresenta a maior dominância relativa, com 44,5% de área basal viva e *Avicennia* spp. contribui com 26,4%. A contribuição em área basal morta é de 29,0%. Na Fitofisionomia 12, o DAP médio é de 5,2 cm, e a densidade é de 5.300 tr.ha^{-1}. A altura média é de 4,7 m e o dossel apresenta 6,5 m de altura média.

A estação dessa fitofisionomia está localizada na porção externa leste da baía (entre Ponta Seca e Apicum-Açu) (ver Figura 11-73). O desenvolvimento estrutural baixo, a arquitetura retorcida e a grande quantidade de indivíduos mortos pode indicar que as condições ambientais onde essa floresta ocorre não sejam favoráveis ao seu pleno desenvolvimento. A salinidade média constatada foi de 30,0 (Tabela 11-7), valor considerado relativamente alto.

A Figura 11-91 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a alta densidade de troncos e a classificação baixa da altura dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-91: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 12, estação 20A, com destaque para a alta densidade de troncos e baixa altura dos indivíduos, além da presença de *Rhizophora* spp. com arquitetura retorcida. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 13

Essa fitofisionomia apresenta florestas mistas de *Rhizophora* spp. e *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário, eventualmente baixo. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. e *Avicennia* spp.

Rhizophora spp. apresenta a maior dominância relativa, variando de 51,3 a 61,0% de área basal viva. *Avicennia* spp. apresenta contribuição entre 35,1 e 42,1%. A contribuição em área basal morta é de até 13,7%. Na Fitofisionomia 14, o DAP médio varia de 7,6 a 17,0 cm. A densidade registrada para essa fitofisionomia varia entre 973 e 3.067 $tr.ha^{-1}$. A altura média das estações está entre 7,1 e 13,8 m e a altura média do dossel varia entre 12,9 e 21,0 m.

As estações dessa fitofisionomia estão localizadas, em sua maioria, na porção interna da Baía de Turiaçu (MA), havendo uma estação na porção mais externa da baía, próxima a Sababa (estação 83) (ver Figura 11-73). O desenvolvimento intermediário, eventualmente baixo, indica a ocorrência de florestas jovens. Na estação 83, há indícios de que a jovem floresta medida esteja ocupando área de clareira aberta após a morte de floresta antiga, como a presença de áreas abertas e a ocorrência de raros indivíduos com alto desenvolvimento estrutural.

A Figura 11-92 ilustra o aspecto geral das florestas identificadas como pertencentes a essa fitofisionomia, em que destacamos o desenvolvimento estrutural intermediário, evidenciado pelo porte intermediário e baixo de altura e densidade intermediária. Na Figura 11-93, é apresentada a estação 83, que possui o menor desenvolvimento estrutural desta fitofisionomia.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-92: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 13, exemplificada pela estação 10A, destacando o desenvolvimento estrutural intermediário, evidenciado pelo porte intermediário e baixo de altura e densidade intermediária. Baía de Turiaçu (MA).

Figura 11-93: Outro aspecto da Fitofisionomia 13, exemplificado pela estação 83, que possui o menor desenvolvimento estrutural desta fitofisionomia. Destaca-se a ocorrência de clareira nessa área. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 14

Essa fitofisionomia apresenta florestas de alto desenvolvimento estrutural, eventualmente intermediário, dominadas por *Rhizophora* spp. com presença de *Avicennia* spp. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. com eventual presença de *Avicennia* spp.

Rhizophora spp. apresenta dominância relativa variando de 79,1 a 83,6% de área basal viva e *Avicennia* spp. apresenta contribuição de 15,2 a 20,7%. A contribuição em área basal morta é de até 2,3%. Na Fitofisionomia 16, o DAP médio varia de 17,5 a 22,5 cm; a densidade, entre 525 e 1.042 tr.ha^{-1}; a altura média, entre 13,3 e 16,1 m e a altura média do dossel varia entre 22,2 e 25,4 m.

As estações dessa fitofisionomia estão distribuídas por toda baía, próximas às margens ou florestas mais internas. Essa é uma das raras fitofisionomias com alto desenvolvimento estrutural na Baía de Turiaçu (MA) (ver Figura 11-73). A predominância de indivíduos de grande porte de *Rhizophora* spp. indica que essas sejam florestas maduras, e a homogeneidade, tanto em composição quanto em desenvolvimento estrutural, pode ser um indicativo da estabilidade em que essas florestas se encontram. Em todas as estações destaca-se também a presença de indivíduos com porte reduzido, que podem crescer e ocupar o dossel quando eventualmente houver a abertura de clareiras, conforme esperado para florestas saudáveis e maduras.

A Figura 11-94 ilustra as características descritas com destaque para a homogeneidade e o alto desenvolvimento estrutural, raros na Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-94: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 14, exemplificada pela estação 68B, com destaque para a homogeneidade e o alto desenvolvimento estrutural de indivíduos de *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 15

Essa Fitofisionomia é composta por florestas com desenvolvimento estrutural intermediário, dominadas por *Rhizophora* spp. com presença de *Avicennia* spp. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. com eventual presença de *Avicennia* spp.

Rhizophora spp. apresenta dominância relativa de 69,6 a 72,5% de área basal viva. *Avicennia* spp. apresenta segunda maior contribuição, variando de 12,3 a 22,7%. *Laguncularia racemosa*, quando presente, contribui com até 2,1%. A contribuição em área basal morta varia entre 2,7 e 18,1%. Na Fitofisionomia 15, o DAP médio varia de 12,2 a 12,4 cm. A densidade registrada para as estações desta fitofisionomia varia entre 1.344 e 1.955 tr.ha^{-1}. A altura média das estações está entre 8,4 e 10,1 m e a altura média do dossel varia entre 14,9 e 15,5 m.

As estações dessa fitofisionomia estão distribuídas na porção leste da baía (ver Figura 11-73). A predominância de indivíduos de porte intermediário de *Rhizophora* spp. e contribuição de troncos mortos em uma das estações, indicam que essas sejam florestas que crescem em condições que não são tão favoráveis ao desenvolvimento. A salinidade média constatada foi de 22,0 (Tabela 11-7), valor considerado intermediário.

A Figura 11-95 ilustra as características descritas com destaque para a dominância de *Rhizophora* spp. e o desenvolvimento estrutural intermediário.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-95: Aspecto geral da Fitofisionomia 15, exemplificado pela estação 62A, destacando a presença de Rhizophora spp. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 16

A Fitofisionomia 16 apresenta floresta de desenvolvimento estrutural intermediário dominada por *Rhizophora* spp. com contribuição de *Avicennia* spp. e grande contribuição de mortos. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp.

Rhizophora spp. apresenta a maior dominância relativa, com 56,4% de área basal viva, enquanto *Avicennia* spp. contribui com 18,4%. A contribuição em área basal morta é de 25,1%. Na Fitofisionomia 16, o DAP médio é de 9,2 cm; a densidade é de 1.761 tr.ha^{-1}; a altura média é de 5,8 m e o dossel apresenta 14,7 m de altura média.

A estação dessa fitofisionomia está localizada na porção externa leste da baía (entre Ponta Seca e Apicum-Açu) (ver Figura 11-73). O desenvolvimento estrutural intermediário e a grande quantidade de indivíduos mortos sugerem que a floresta esteja submetida a algum estresse ambiental, conforme observado para a Fitofisionomia 11. No entanto, na Fitofisionomia 16 destaca-se a ocorrência de indivíduos jovens de *Rhizophora* spp., indicando que as clareiras abertas pela morte de indivíduos maiores estão sendo colonizadas. Esse é um processo natural, comumente encontrado em florestas saudáveis.

A Figura 11-96 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a densidade intermediária de troncos, indivíduos mortos e banco de jovens.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-96: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 16, estação 23B, destacando a densidade intermediária de troncos, indivíduos mortos e presença de banco de jovens ao fundo. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 17

Essa fitofisionomia é composta por florestas de desenvolvimento estrutural intermediário, eventualmente baixo, com arquitetura retorcida ou ereta, monoespecífica ou dominada por *Rhizophora* spp. com presença de *Avicennia* spp. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp.

Rhizophora spp. apresenta dominância relativa entre 76,0 e 85,2% em área basal viva e *Avicennia* spp. apresenta contribuição, quando presente, de até 16,2%. A contribuição em área basal morta comumente está acima de 10%, variando entre 5,6 e 18,9%. Na Fitofisionomia 17, o DAP médio varia de 8,3 a 14,8 cm e a densidade varia entre 906 e 4.028 $tr.ha^{-1}$. A altura média está entre 6,3 e 13,9 m e a altura média do dossel varia entre 8,1 e 19,4 m.

As estações dessa fitofisionomia estão localizadas por toda Baía de Turiaçu (MA) (ver Figura 11-73). Os parâmetros estruturais indicam semelhança entre as estações dessa fitofisionomia quanto à composição de espécies e desenvolvimento estrutural. No entanto, as estações dessa fitofisionomia apresentam relevante diferenciação na arquitetura das árvores, dependendo do tipo de ambiente ocupado. Por isso, foram diferenciadas em dois tipos, subgrupo 17A e subgrupo 17B, conforme descritos a seguir.

As florestas que pertencem ao subgrupo 17A – estações 60, 16A, 126A,143B - apresentam desenvolvimento estrutural baixo a intermediário e arquitetura ereta, indicando que essas sejam florestas relativamente jovens.

As florestas que pertencem ao subgrupo 17B – estações 76, 100T, 104T e 40C - ocupam bordas de planícies hipersalinas e portanto estão submetidas a maior rigor ambiental (média de salinidade de 47 na estação 104T), que se reflete na arquitetura dessas florestas. Os parâmetros da estrutura da vegetação demonstram desenvolvimento estrutural intermediário, com relação DAP médio/altura média entre 1,42 e 1,80, superior ao observado nas florestas do subgrupo 17A. Apresentam ainda arquitetura retorcida e mais ramificada, com valores de 1,42 e 1,75 troncos/individuo. Essas características são compatíveis com uma colonização de zona de transição para planície hipersalina, sujeita ao rigor ambiental causado pelo estresse hídrico e salino.

A Figura 11-97 e a Figura 11-98 ilustram o aspecto geral dos dois tipos de florestas identificadas como pertencentes à Fitofisionomia 17, que apresentam desenvolvimento estrutural intermediário. Destaca-se o detalhe da copa das árvores, mais densa, fechada, no tipo A e mais rala, aberta, no tipo B.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-97: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 17 subgrupo 17A, exemplificada pela estação 60, com destaque para a altura reduzida e densidade intermediária, e copa densa, fechada. Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-98: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 17 subgrupo 17B, exemplificada pela estação 40C, com destaque para a altura reduzida e densidade intermediária, e copa rala, aberta. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 18

A Fitofisionomia 18 apresenta florestas com desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário, dominadas por *Rhizophora* spp., com presença de *Laguncularia racemosa*. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp.

Rhizophora spp. tem dominância relativa entre 74,1% e 78,1% de área basal viva e *Laguncularia racemosa* apresenta contribuição variando de 10,8 a 13,0%. A contribuição em área basal morta varia entre 8,8 e 15,1%. Na Fitofisionomia 18, o DAP médio varia de 6,4 a 12,8 cm; a densidade registrada varia entre 1.857 e 6.444 $tr.ha^{-1}$; a altura média das estações está entre 7,7 e 15,5 m e a altura média do dossel varia entre 14,3 e 19,3 m.

As estações desta fitofisionomia estão localizadas nas porções intermediária (estação 33) e externa da baía (estação 8A) (ver Figura 11-73), ambas ocupando a franja. A vegetação apresenta desenvolvimento estrutural baixo a intermediário, com características que indicam a ocorrência de florestas relativamente jovens. Essas florestas apresentam estágios ligeiramente diferentes de desenvolvimento, indicando que encontram-se em fases distintas do processo de amadurecimento, mas que estejam passando por processos semelhantes.

Na Figura 11-99, pode-se observar o baixo desenvolvimento estrutural encontrado na estação 33, ilustrado pela alta densidade e altura reduzida dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-99: Aspecto da estação 33, Fitofisionomia 18, destacando o baixo desenvolvimento estrutural e presença de *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 19

Essa fitofisionomia é composta por florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp. com desenvolvimento estrutural alto. Com isso, essa fitofisionomia apresenta o maior desenvolvimento estrutural para toda Baía de Turiaçu, MA.

Rhizophora spp. apresenta dominância relativa acima de 91,0%, podendo alcançar 100% de contribuição de indivíduos vivos. A contribuição em área basal morta é de até 9,0%. Nessa fitofisionomia, o DAP médio varia de 17,1 a 23,3 cm; a densidade, entre 529 e 935 tr.ha^{-1}; a altura média, entre 12,0 e 19,7 m e o dossel apresenta entre 17,7 e 23,2 m de altura média.

As estações dessa fitofisionomia estão distribuídas por toda a baía (ver Figura 11-73). A predominância de indivíduos de grande porte de *Rhizophora* spp. indica que essas sejam florestas maduras e a homogeneidade identificada, tanto em composição quanto em desenvolvimento estrutural, pode ser um indicativo da estabilidade em que essas florestas se encontram, além das condições ambientais favoráveis.

A Figura 11-100 lustra as características descritas com destaque para a homogeneidade e o alto desenvolvimento estrutural.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-100: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 19, exemplificada pela estação 24B, com destaque para a homogeneidade e o alto desenvolvimento estrutural e o domínio de *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 20

Essa fitofisionomia é composta por florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp. com pequena contribuição de *Avicennia* spp. e eventual presença de *Laguncularia racemosa*. O desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário. A arquitetura pode variar entre ereta ou retorcida. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp.

Rhizophora spp. apresenta dominância relativa acima de 88,0%, sendo a maior parte dessas florestas monoespecíficas, com contribuição de área basal viva superior a 94%. *Avicennia* spp., onde presente, contribui com 2,1 a 7,7%. *Laguncularia racemosa* raramente está presente, com contribuição de no máximo 1,7%. A contribuição em área basal morta é reduzida, não ultrapassando 5,4%. Nessa fitofisionomia, o DAP médio varia de 6,9 a 17,2 cm, a densidade varia entre 1.156 e 4.786 tr.ha^{-1}; a altura média está entre 5,1 e 13,1 m e a altura média do dossel varia entre 6,8 e 21,1 m.

As estações dessa fitofisionomia estão distribuídas por quase toda a baía (ver Figura 11-73). Nesta fitofisionomia predominam as florestas de desenvolvimento estrutural intermediário, em relação àquelas de baixo desenvolvimento estrutural, ambas distribuídas por toda baía, especialmente em Ponta Seca, Cunhã-Coema, Santa Bárbara e Areia Branca.

As características da vegetação indicam a ocorrência de florestas relativamente jovens, podendo haver condições limitantes ao crescimento em parte das estações. Os parâmetros estruturais indicam semelhança entre as estações dessa fitofisionomia quanto à composição de espécies e desenvolvimento

estrutural. No entanto, observa-se a diferenciação na arquitetura das árvores das estações desta fitofisionomia, dependendo do tipo de ambiente ocupado. Por isso, foram diferenciadas em dois tipos, subgrupo 20A e subgrupo 20B, conforme descrito a seguir.

As florestas que pertencem ao subgrupo 20A – estações 56, 82, 111A+, 3A, 70, 84, 9A e 68 - possuem desenvolvimento estrutural baixo a intermediário indicando que essas sejam florestas relativamente jovens. Possuem arquitetura ereta (relação DAP médio/altura média entre 0,78 e 1,35) e são dominadas por árvores pouco ramificadas (em geral com média inferior a 1,38 troncos/individuo).

As florestas que pertencem ao subgrupo 20B – 125A, 35, 124B, 95T, 55, 213B, 64 e 43 - apresentam arquitetura predominantemente retorcida (relação DAP médio/altura média entre 1,18 e 2,05), sendo que uma delas ocupa borda de planície hipersalina (estação 95T). Apresentam-se mais ramificadas (predominantemente com média superior a 1,45 troncos/individuo). Nesses casos, a arquitetura da vegetação indica que a floresta esteja submetida à condição ambiental desfavorável ao pleno crescimento. Essas características são compatíveis com a ocupação de áreas sujeitas ao rigor ambiental causado por estresse hídrico e salino, apesar da salinidade medida nas estações não terem apresentado diferença entre os agrupamentos.

A Figura 11-101 ilustra uma floresta de arquitetura ereta com baixo desenvolvimento estrutural (estação 3A), enquanto a Figura 11-102 ilustra a arquitetura retorcida encontrada em parte dessas florestas (estação 125A).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-101: Aspecto das florestas de arquitetura ereta da Fitofisionomia 20, subgrupo 20A, exemplificada pela estação 3A, com desenvolvimento estrutural baixo e dominada por Rhizophora spp. Baía de Turiaçu (MA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-102: Aspecto das florestas de arquitetura retorcida da Fitofisionomia 20, subgrupo 20B, exemplificada pela estação 125A, com desenvolvimento estrutural intermediário e dominada por *Rhizophora* spp. Baía de Turiaçu (MA)

Fitofisionomia 21

Essa fitofisionomia apresenta florestas mistas de *Rhizophora* spp. e *Laguncularia racemosa* de baixo desenvolvimento estrutural e arquitetura retorcida. O dossel é composto por essas duas espécies. *Rhizophora* spp. apresenta a maior dominância relativa, com 57,5% de área basal viva. *Laguncularia racemosa* contribui com 40,2%. Há contribuição de *Avicennia* spp., porém com valor extremamente baixo de 0,3%. A contribuição em área basal morta é de 1,9%. A única estação amostrada nessa fitofisionomia apresentou DAP médio de 9,5 cm, densidade de 7.576 tr.ha^{-1}, altura média de 5,2 m e dossel com 7,9 m de altura média.

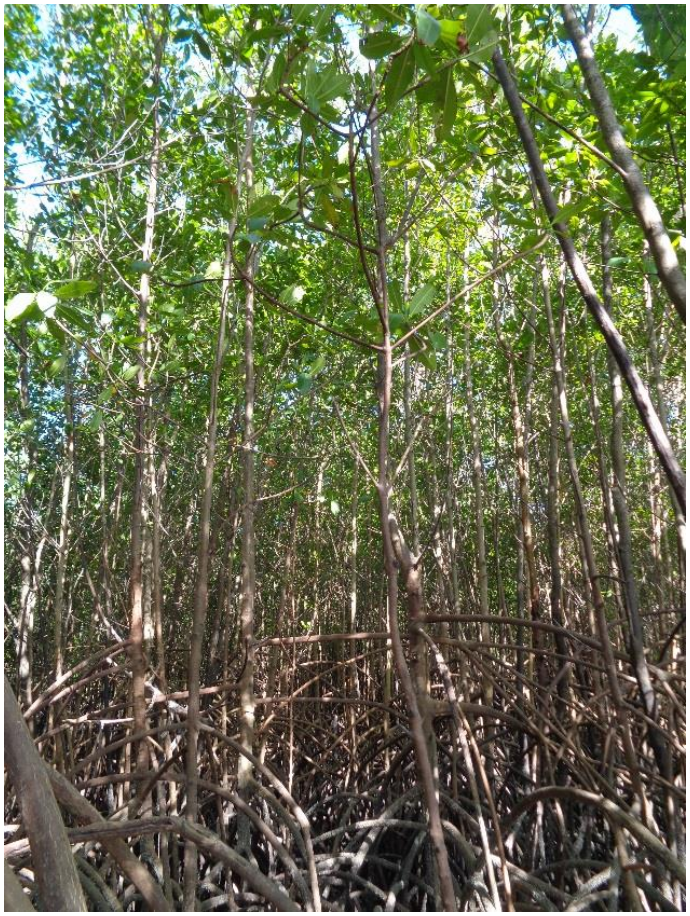
Essa estação está localizada na porção externa oeste do estuário às margens da Boca da Jiboia (ver Figura 11-73), na transição com planície hipersalina. O desenvolvimento estrutural baixo, a presença de *Laguncularia racemosa* e a arquitetura retorcida indicam que a floresta tenha se estabelecido sob condição ambiental pouco favorável ao pleno desenvolvimento. Essas características são compatíveis com uma floresta próxima à planície hipersalina, sujeita ao rigor ambiental causado pelo estresse hídrico e salino, mas a salinidade não pode ser medida, pois o sedimento estava muito seco.

Fitofisionomia 22

A Fitofisionomia 22 apresenta floresta com baixo desenvolvimento estrutural e arquitetura ereta. É dominada por *Rhizophora* spp. com presença de *Laguncularia racemosa*. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp.

Rhizophora spp. apresenta a maior dominância relativa, com 68,1% de área basal viva, e *Laguncularia racemosa* contribui com 29,0%. A contribuição em área basal morta é de 2,9%. Na Fitofisionomia 22, o DAP médio é de 4,9 cm e a densidade é de 13.061 tr.ha^{-1}. A altura média é de 7,0 m e o dossel apresenta 10,8 m de altura média.

Essa estação está localizada na porção externa ao leste do estuário (Ponta Seca) (ver Figura 11-73). O desenvolvimento estrutural baixo, a presença de *Laguncularia racemosa* e a arquitetura ereta indicam que essa floresta seja jovem. A Figura 11-103 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, destacando a alta densidade de troncos e o reduzido DAP dos indivíduos.



Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-103: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 22, estação 10C, destacando a alta densidade de troncos e o reduzido DAP dos indivíduos. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia 23

Essa fitofisionomia apresenta floresta mista com baixo desenvolvimento estrutural com predomínio de *Rhizophora* spp. e *Laguncularia racemosa* e presença de *Avicennia* spp. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. e *Laguncularia racemosa.*

Rhizophora spp. apresenta dominância relativa de 42,8% de área basal viva, *Laguncularia racemosa* contribui com 32,1% e *Avicennia* spp. com 7,1%. A contribuição em área basal morta é de 18,0%. Na Fitofisionomia 23, o DAP médio é de 2,5 cm e a densidade é de 25.200 tr.ha^{-1}. A altura média é de 4,0 m e o dossel apresenta 6,1 m de altura média.

A estação está localizada na porção externa leste da Baía de Turiaçu (Ponta Seca) (ver Figura 11-73), seu entorno é caracterizado pela presença de sedimento arenoso e por destacada presença de árvores mortas. As características da vegetação, floresta de *Rhizophora* spp. e *Laguncularia racemosa* de baixo desenvolvimento, podem ser indicadoras de que a floresta seja recém-estabelecida. Com isso, a floresta apresenta-se como uma floresta jovem, cujos parâmetros estruturais indicam desenvolvimento muito

baixo quando comparados às outras estações da baía, compatível com características esperadas de uma colonização recente. A salinidade não pode ser medida na estação dessa fitofisionomia.

A Figura 11-104 ilustra o aspecto geral da floresta identificada para essa fitofisionomia, com destaque para a alta densidade (25.200 tr.ha^{-1}, a maior encontrada para toda Baía de Turiaçu) e porte reduzido dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-104: Aspecto geral de floresta da Fitofisionomia 23, estação 1A, com destaque para a alta densidade (25.200 tr.ha^{-1}) a maior encontrada para toda Baía de Turiaçu (MA), além do porte reduzido dos indivíduos. Baía de Turiaçu (MA).

11.5.1.4.2. Síntese das Fitofisionomias

As faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação para as fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA) estão apresentadas na Tabela 11-8. Os parâmetros são: dominância relativa (área basal %), DAP médio (cm), altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}), área basal morta (%).

Na Tabela 11-9, estão resumidas as informações que descrevem as fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA), com as respectivas estações de medição, a composição de espécies e a classe de desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-8: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia	Composição de espécies (%)			DAP médio (cm)	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal morta (%)
	Av	*Lg*	*Rh*					
1	0,5	64,7	0	3,6	4,0	5,8	12.000	34,8
2	51,0	0	2,6	6,7	4,0	15,9	3.013	46,3
3	56,1 - 63,1	21,7 - 32,1	0 - 0,1	7,4 - 13,1	8,2 - 9,0	14,5 - 15,4	1.467 - 8.571	11,7 - 15,1
4	46,0 - 54,8	0 - 2,1	28,4 - 35,8	9,5 - 15,0	8,8 - 11,8	12,7 - 18,9	1.200 -3.316	7,3 - 25,6
5	69,6 - 74,1	0	18,8 - 26,5	10,0 - 15,8	7,9 - 11,4	13,2 - 17,1	1.472 - 3.750	0,9 - 9,5
6	86,2 - 98,6	0 - 2,3	0 - 4,4	4,7 - 14,5	5,2 - 11,6	8,8 - 18,4	2.333 - 8.776	0,9 - 8,6
7	76,0 - 86,1	0 - 3,2	0 - 11,9	2,9 - 9,6	2,2 - 6,7	2,6 - 11,9	3.008 - 13.143	6,2 - 21,1
8	67,4	0	0	4,0	4,2	5,9	11.667	32,6
9	81,0	12,6	0 ,3	11,2	9,1	16,1	2.917	6,1
10	13,5	0,1	38,1	17,9	12,8	25,2	714	48,2
11	0	0	56,9	10,1	9,0	13,6	1.023	43,1
12	26,4	0	44,5	5,2	4,7	6,5	5.300	29,1
13	35,1 - 42,1	0	51,3 - 61,0	7,6 - 17,0	7,1 - 13,8	12,9 - 21,0	973 - 3.067	0 - 13,7
14	15,2 - 20,7	0	79,1 - 83,6	17,5 - 22,5	13,3 - 16,1	22,2 - 25,4	525 - 1.042	0 - 2,3
15	16,4 - 22,8	0 - 2,1	69,6 - 72,5	12,2 - 12,4	8,4 - 10,1	14,9 - 15,5	1.344 - 1.955	2,7 - 18,1
16	18,4	0	56,4	9,2	5,8	14,7	1.761	25,1
17	0 - 16,2	0	76,0 - 85,2	8,3 - 14,8	6,3 - 13,9	8,1 - 19,4	906 - 4.028	5,6 - 19,1
18	0	10,8 - 13,0	74,1 - 78,1	6,4 - 12,8	7,7 - 15,5	14,3 - 19,3	1.857 - 6.444	8,9 - 15,2
19	0	0	91,0 - 100	17,1 - 23,3	12,0 - 19,7	17,7 - 23,2	529 - 935	0 - 9,0
20	0 - 7,7	0 - 1,7	88,0 - 100	6,9 - 17,2	5,1 - 13,1	6,8 - 21,1	1.156 - 4.786	0 - 5,4
21	0,3	40,2	57,5	9,5	5,2	7,9	7.576	1,9
22	0	29,0	68,1	4,9	7,0	10,8	13.061	2,9
23	7,1	32,1	42,8	2,5	4,0	6,1	25.200	18,0

Legenda: *Av* = *Avicennia* spp.; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp.

Tabela 11-9: Fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural.

Baía de Turiaçu (MA)				
Fitofisionomia	Estações de Medição	Composição	Composição do Dossel	Classe de Desenvolvimento Estrutural
1	104C	Dominada por Lg, com ocorrência eventual de Av	Lg	Baixo
2	60C	Dominada por Av com ocorrência eventual de Rh	Av	Baixo
3	200, 21	Mista com predomínio de Av, com ocorrência relevante de Lg e reduzida de Rh	Av + Lg	Baixo / Intermediário
4	71, 72A e 60A++	Mista com predomínio de Av, com ocorrência relevante de Rh e eventual de Lg	Av + Rh	Intermediário
5	65, 58C, 57A	Dominada por Av, com ocorrência de Rh	Av + Rh	Intermediário
6	105B, 129A, 85A++,101C, 66 e 60B	Dominada por Av, com ocorrência reduzida de Rh e Lg	Av	Baixo / Intermediário
7	131A, 98C, 100C, 95C, 79, Cara e 60A+	Monoespecífica ou Dominada por Av, com ocorrência de Rh e Lg	Av + eventual Rh/Lg)	Baixo / Intermediário
8	7	Monoespecífica de Av	Av	Baixo
9	3	Dominada por Av, com ocorrência de Lg e eventual de Rh	Av	Intermediário
10	25	Dominada por Rh, com ocorrência de Av	Rh + Av	Alto
11	18A	Monoespecífica de Rh	Rh	Intermediário
12	20A	Dominada por Rh, com ocorrência de Av	Rh + eventual Av	Baixo
13	109, 83, 79A, 10	Mista Rh e Av	Rh + Av	Intermediário/Baixo
14	74, 68B, 163A, 40	Dominada por Rh, com ocorrência de Av	Rh + eventual Av	Alto/Intermediário
15	93A, 62A	Dominada por Rh, com ocorrência de Av	Rh + eventual Av	Intermediário

Tabela 11-9: Continuação.

Baía de Turiaçu (MA)				
Fitofisionomia	Estações de Medição	Composição	Composição do Dossel	Classe de Desenvolvimento Estrutural
16	23B	Dominada por Rh com ocorrência de Av	Rh	Intermediário
17	104T, 40C, 126A, 60, 143B, 16A, 100T, 76	Monoespecífica ou Dominada por Rh, com ocorrência de Av	Rh	Intermediário/Baixo
18	33, 8A	Dominada por Rh, com ocorrência de Lg	Rh	Baixo / Intermediário
19	102, 62, 41B, 24B, 100B, 70B, 6	Monoespecífica de Rh	Rh	Alto
20	125A, 68, 111A+, 84, 35, 64, 70, 124B, 56, 95T, 55, 213B, 9A, 43, 82, 3A	Monoespecífica ou Dominada por Rh, com ocorrência de Av e eventual de Lg	Rh	Baixo / Intermediário
21	98T	Mista de Rh e Lg	Rh + Lg	Baixo
22	10C	Dominada por Rh com ocorrência de Lg	Rh	Baixo
23	1A	Mista de Rh e Lg, com ocorrência de Av	Rh + Lg	Baixo

Legenda: Av = *Avicennia* spp.; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

11.5.2. Florestas de Mangue no Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)

11.5.2.1. Descrição geral

A área de estudo de São Caetano de Odivelas (PA), localiza-se no município de mesmo nome, a 100 km de Belém (PA). Os manguezais estudados estão inseridos no estuário formado pelos rios Mojuim e Mocajuba. Destaca-se nessa área, a ocorrência de numerosos canais, conectando os principais rios, e de diversas ilhas, principalmente na porção externa do estuário. Conforme apresentado no Cap. 2, a região apresenta regime semidiurno de meso a macromarés, com amplitude máxima de 5,5 m, em que a maré atinge uma amplitude média de 4,8 m em maré de sizígia e 2,5 m na quadratura.

A caracterização das florestas de mangue do estuário de São Caetano de Odivelas é baseada na coleta de dados obtidos em 3 campanhas realizadas nessa área. No total, foram realizadas medições em 52 estações e vistorias em outras 62 estações, com a intenção de ampliar espacialmente as áreas visitadas e a base de informações sobre as florestas de mangue que ocupam esse estuário. A Figura 11-105 apresenta a distribuição das estações de medição e vistoria no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Destaca-se, conforme esclarecido nos “Métodos” (capítulo 11.2), que os mapas apresentados são ilustrativos e que há, em algumas áreas, um desalinhamento que faz com que algumas estações de medição apareçam representadas na água, em decorrência da diferença temporal e das escalas de representação das bases de dados utilizadas como base cartográfica e como base de dados para gerar a localização das estações de medição. No entanto, esclarecemos que o posicionamento das diversas estações, como apresentado nos mapas, está correto.

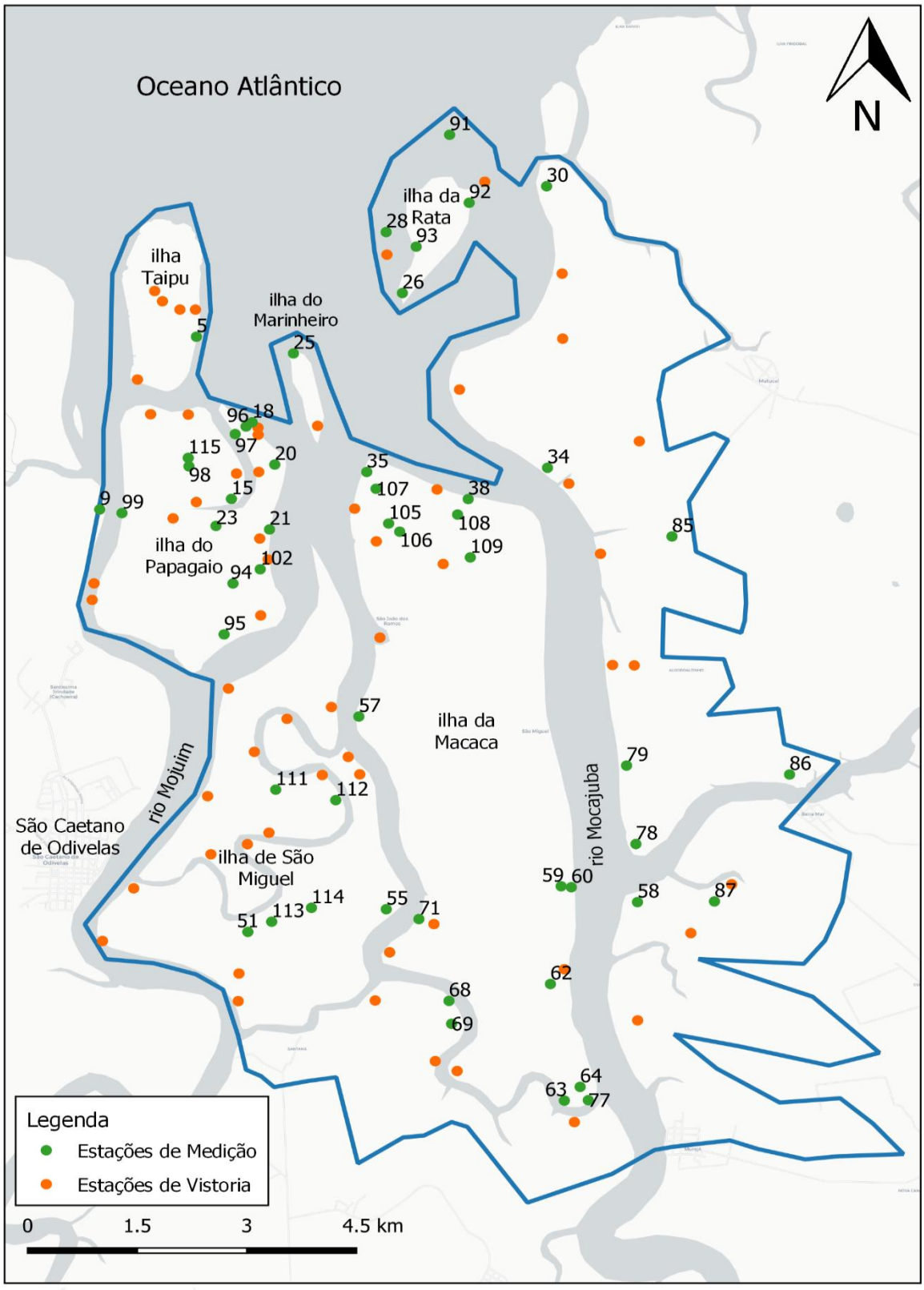


Figura 11-105: Localização das estações de medição e vistoria no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). O polígono com contorno em azul indica os limites da área de estudo.

Os resultados dos parâmetros da estrutura da vegetação nas estações do estuário de São Caetano de Odivelas, calculados a partir dos dados registrados em campo, estão apresentados na Tabela 11-10. Os parâmetros são: altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), DAP

médio (cm), densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}), área basal total viva (m^2.ha^{-1}) e a área basal relativa (%) ocupadas pelas espécies encontradas nestas florestas e de acordo com a condição, se vivo ou morto.

Tabela 11-10: Dados da estrutura da vegetação nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). *Av = Avicennia germinans*; *Lg = Laguncularia racemosa*; *Rh = Rhizophora* spp.

Estação	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	DAP médio (cm)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal viva (m^2.ha^{-1})	Área basal viva (%)			Área basal morta (%)		
						Av	*Lg*	*Rh*	*Av*	*Lg*	*Rh*
05	14,8 ± 8,8	27,5	14,8	1.619	28,0	37,5	0	60,6	1,3	0	0,6
09	11,3 ± 9,0	26,3	15,2	1.475	26,9	91,6	0	3,2	5,3	0	0
15	15,6 ± 7,7	26,0	23,1	616	25,9	77,3	0	11,6	11,1	0	0
18	12,1 ± 4,7	18,1	7,5	6.719	29,4	44,1	0	36,6	5,4	0	13,8
20	9,4 ± 6,6	29,2	12,9	2.596	34,1	17,1	0	81,6	0,3	0	0,9
21	9,2 ± 4,5	16,5	7,8	6.167	29,4	64,5	4,8	22,3	7,9	0	0,6
23	8,6 ± 9,8	30,4	20,2	1.011	32,4	33,6	0	66,1	0	0	0,2
25	19,9 ± 9,3	28,6	19,3	750	22,0	1,0	5,7	83,6	0,1	9,6	0
26	18,4 ± 6,0	24,7	14,8	1.529	26,2	14,6	22,3	54,8	3,5	0	4,9
28	10,0 ± 4,6	16,6	7,3	7.500	31,0	72,2	22,7	2,3	2,8	0	0
30	10,6 ± 12,6	33,0	20,9	833	28,5	8,4	0	69,7	18,8	0	3,1
34	18,6 ± 2,7	21,6	25,2	553	27,6	0	0	93,9	0	0	6,1
35	8,2 ± 6,8	20,9	9,9	2.627	20,0	64,5	0	28,1	5,4	0	2,0
38	25,2 ± 11,3	33,5	27,6	378	22,6	0	0	98,4	1,1	0	0,5
51	16,2 ± 13,5	30,5	30,0	552	39,0	37,4	0	62,6	0	0	0
55	7,7 ± 8,5	27,2	10,6	2.023	17,7	2,7	0	96,2	0	0	1,2
57	10,8 ± 12,0	29,7	21,4	778	27,9	0	0	100,0	0	0	0
58	22,6 ± 3,3	26,4	23,7	392	17,2	0	0	97,7	0	0	2,3
59	22,6 ± 2,3	25,3	21,4	512	18,5	0	0	100,0	0	0	0
60	26,8 ± 5,1	30,8	29,4	266	18,1	0	0	98,3	0	0	1,7
62	21,1 ± 3,2	25,1	23,0	400	16,5	0	0	98,6	0	0	1,4
63	14,9 ± 13,2	35,8	20,4	516	16,9	0	0	100,0	0	0	0
64	23,0 ± 5,3	30,0	23,2	496	21,0	0	0	100,0	0	0	0
68	9,1 ± 8,0	19,3	13,4	2.727	38,5	78,0	0	9,6	7,5	0	4,9
69	8,8 ± 11,1	35,3	15,1	1.697	30,4	0,1	0,1	99,8	0	0	0
71	15,6 ± 10,4	26,8	26,8	582	32,9	55,8	0	40,4	3,3	0	0,6
77	8,3 ± 4,4	14,0	8,3	5.250	28,6	89,9	0	0,1	10	0	0
78	16,8 ± 4,0	21,8	17,4	799	19,0	0	0	100,0	0	0	0
79	18,9 ± 4,0	23,6	20,0	558	17,5	0	0	99,6	0	0	0,4
85	17,1 ± 10,4	30,0	26,5	892	49,0	9,0	0	44,4	4,4	0	0
86	21,8 ± 3,2	25,6	19,6	456	13,8	0	0	93,0	5,7	0	1,3
87	25,2 ± 3,5	29,5	28,1	315	19,6	12,5	0	82,2	4,0	0	1,3
91	2,0 ± 0,6	3,4	1,4	23.673	3,6	32,8	48,8	16,9	0	1,5	0
92	11,0 ± 4,4	17,4	8,2	4.800	25,6	23,8	15,1	54,3	0,5	1,9	4,3
93	10,8 ± 8,1	25,6	11,8	2.072	22,7	88,3	0	9,1	2,6	0	0

Tabela 11-10: Continuação.

Estação	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	DAP médio (cm)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal viva (m^2.ha^{-1})	Área basal viva (%)			Área basal morta (%)		
						Av	*Lg*	*Rh*	*Av*	*Lg*	*Rh*
94	12,6 ± 13,1	33,4	23,0	864	35,9	36,9	0	62,9	0	0	0,1
95	9,9 ± 7,3	27,0	13,7	1.372	20,1	42,5	0	57,1	0	0	0,3
96	16,0 ± 6,4	26,1	11,5	2.091	21,7	0,3	7,3	81,3	1,1	6,7	3,3
97	8,0 ± 7,1	23,1	15,3	1.434	26,4	35,1	0	64,8	0	0	0,1
98	7,7 ± 8,3	28,0	14,2	1.950	30,9	0	0	90,5	0	0	9,5
99	13,4 ± 13,7	36,2	21,2	908	32,0	3,5	0	96,5	0	0	0
102	8,7 ± 7,9	28,5	13,9	2.457	37,3	33,1	0	62,2	0	0	4,7
105	13,6 ± 13,0	32,2	22,4	570	22,5	0	0	100,0	0	0	0
106	14,2 ± 7,1	24,6	19,6	768	23,1	65,9	0	30,9	2,7	0	0,6
107	5,6 ± 8,0	28,0	10,4	3.177	26,7	0	0	100,0	0	0	0
108	27,8 ± 3,7	32,2	28,6	422	27,2	0	0	99,1	0	0	0,9
109	10,0 ± 11,6	35,6	19,1	1.122	32,0	25,6	0	72,2	0	0	2,2
111	28,1 ± 4,7	33,5	34,7	311	29,3	0	0	100,0	0	0	0
112	10,6 ± 9,2	25,8	25,3	644	32,4	64,1	0	35,1	0	0	0,7
113	16,3 ± 11,6	29,4	21,8	768	28,6	10,6	0	89,4	0	0	0
114	27,9 ± 5,4	32,9	31,3	359	27,7	0	0	100,0	0	0	0
115	7,1 ± 8,7	33,0	18,0	1.319	33,6	68,6	0	31,3	0	0	0

Nas florestas de mangue que ocupam o estuário de São Caetano de Odivelas (PA), foram observados indivíduos de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora* spp., conforme mencionado no item 10.2 Métodos. Entre as espécies identificadas, *Rhizophora* spp. apresentou a maior dominância relativa, com valor médio de 70% (variação entre 0,1 e 100%), seguida por *A. germinans,* com média de dominância relativa de 28% (variação entre 0,3 e 91,6%), enquanto *L. racemosa* apresentou média de dominância relativa de 2% (variação de 0,1 a 48,8%) (Figura 11-106).

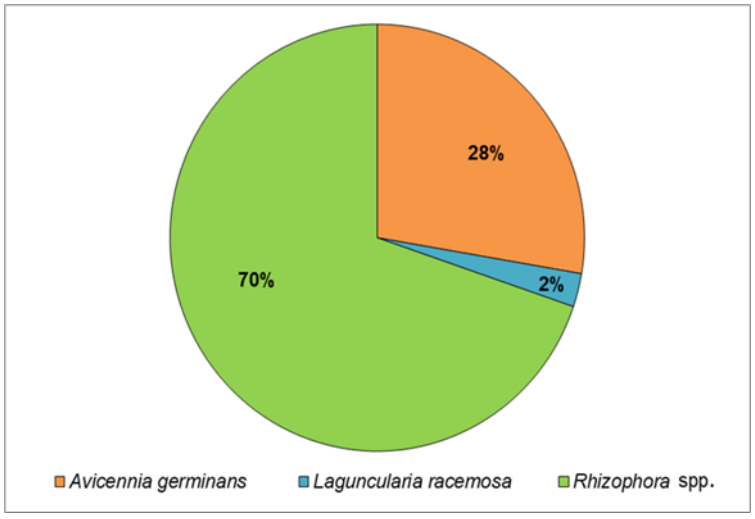


Figura 11-106: Dominância relativa das espécies de mangue no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

A Figura 11-107 apresenta a distribuição espacial da dominância relativa de espécies de mangue – contribuição em área basal viva por cada espécie presente nas estações. As porções do estuário foram referidas como interna, intermediária e externa, para localizar as estações e analisar os padrões de distribuição identificados. A porção externa do estuário refere-se ao trecho entre a foz do estuário (limite norte do polígono da área de estudo) até a latitude do meio da ilha do Papagaio. A porção interna, situa-se entre o limite sul do polígono da área de estudo até a latitude da cidade de São Caetano de Odivelas. A porção intermediária, situa-se entre essas duas áreas, ou seja, entre as latitudes da cidade de São Caetano de Odivelas e a do meio da ilha do Papagaio.

Conforme mencionado, observa-se a dominância expressiva de *Rhizophora* spp. em todo o estuário, principalmente, nas áreas mais internas. O gênero *Rhizophora* foi a único que apresentou estações com florestas monoespecíficas (18 estações).

É possível observar algumas tendências gerais de ocupação do estuário pelas diferentes espécies de mangue. Na porção intermediária em direção à porção externa do estuário, concentra-se a maior parte das estações com composição mista (25 estações). Destaca-se a ocorrência de florestas mistas principalmente nas estações localizadas nas ilhas da Rata, de Taipu e do Papagaio. Localizadas à frente do estuário, nas ilhas da Rata, do Marinheiro e do Papagaio, também estão as únicas estações com contribuição de *Laguncularia racemosa* (sete estações). Em menor proporção, estações mistas são encontradas da porção intermediária em direção ao fundo do estuário (sete estações). As estações dominadas ou monoespecíficas de *Rhizophora* spp. são a maioria e podem ser observadas em todo o estuário, mas é possível observar seu predomínio na porção intermediária do estuário (12 estações). As estações com destacada contribuição de *Avicennia germinans*, ainda que essa espécie não seja dominante em tais estações, concentram-se na ilha do Papagaio e em seu entorno (11 estações).

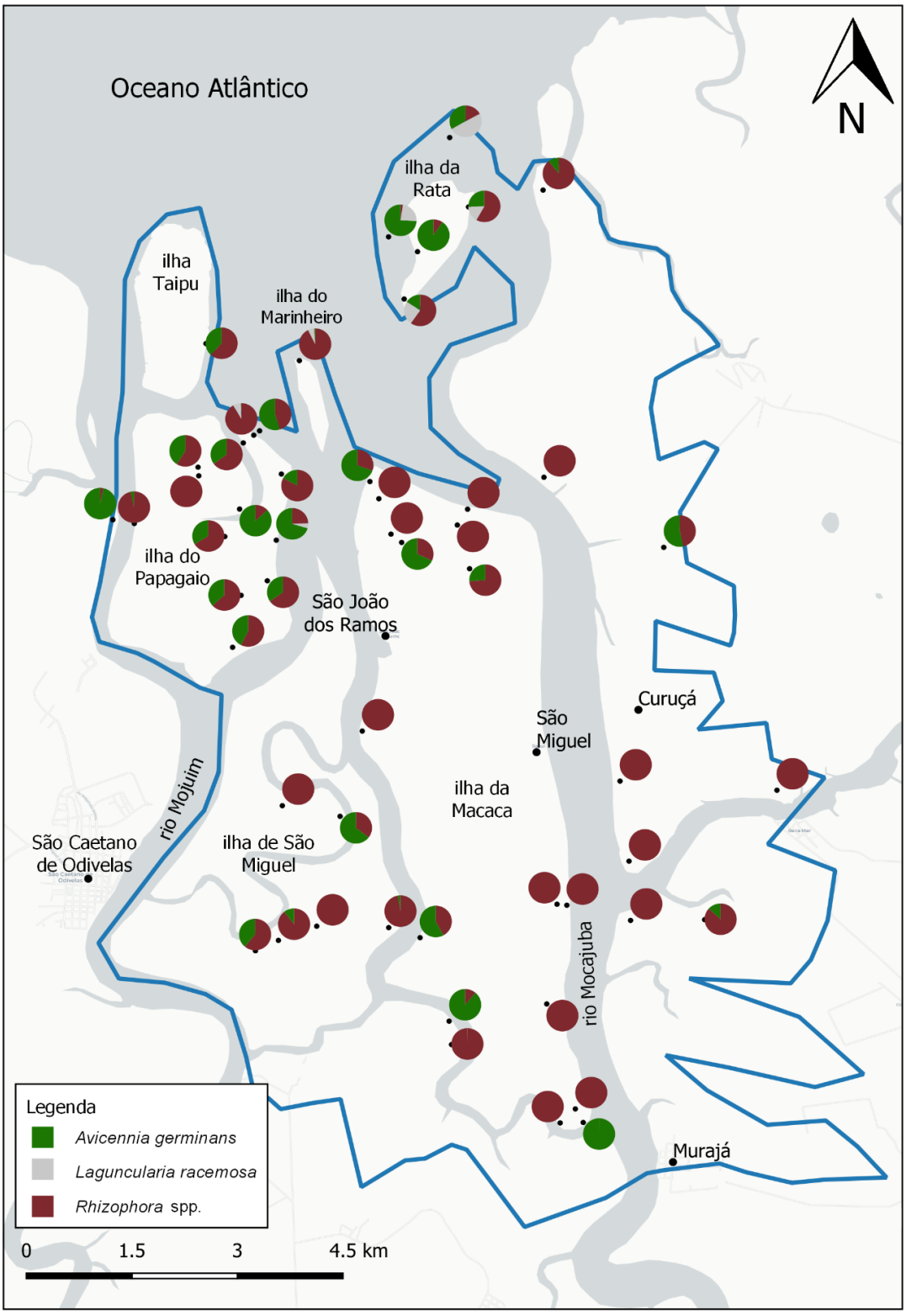


Figura 11-107: Dominância relativa (%) das espécies de mangue nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Na Figura 11-108, é apresentada a dominância relativa das espécies de mangue, a partir da contribuição em área basal, encontradas em cada estação de estudo agregando-se a informação de condição – vivo ou morto – dos troncos registrados.

Rhizophora spp. está presente em todas as estações, apresentando dominância com contribuição superior a 70% de área basal de indivíduos vivos em 27 estações; sendo que em 18 delas, sua contribuição atinge 100%. *Avicennia germinans* está presente em 34 estações, com contribuição para área basal viva acima de 70%, em apenas 6 delas, se destacando na estação 09 a dominância de 91,6%. *Laguncularia racemosa* foi encontrada em apenas 8 estações, e sua maior contribuição foi com 48,8% de área basal viva na estação 91. A contribuição da área basal morta supera 10% em apenas seis estações, geralmente em florestas com composição mista.

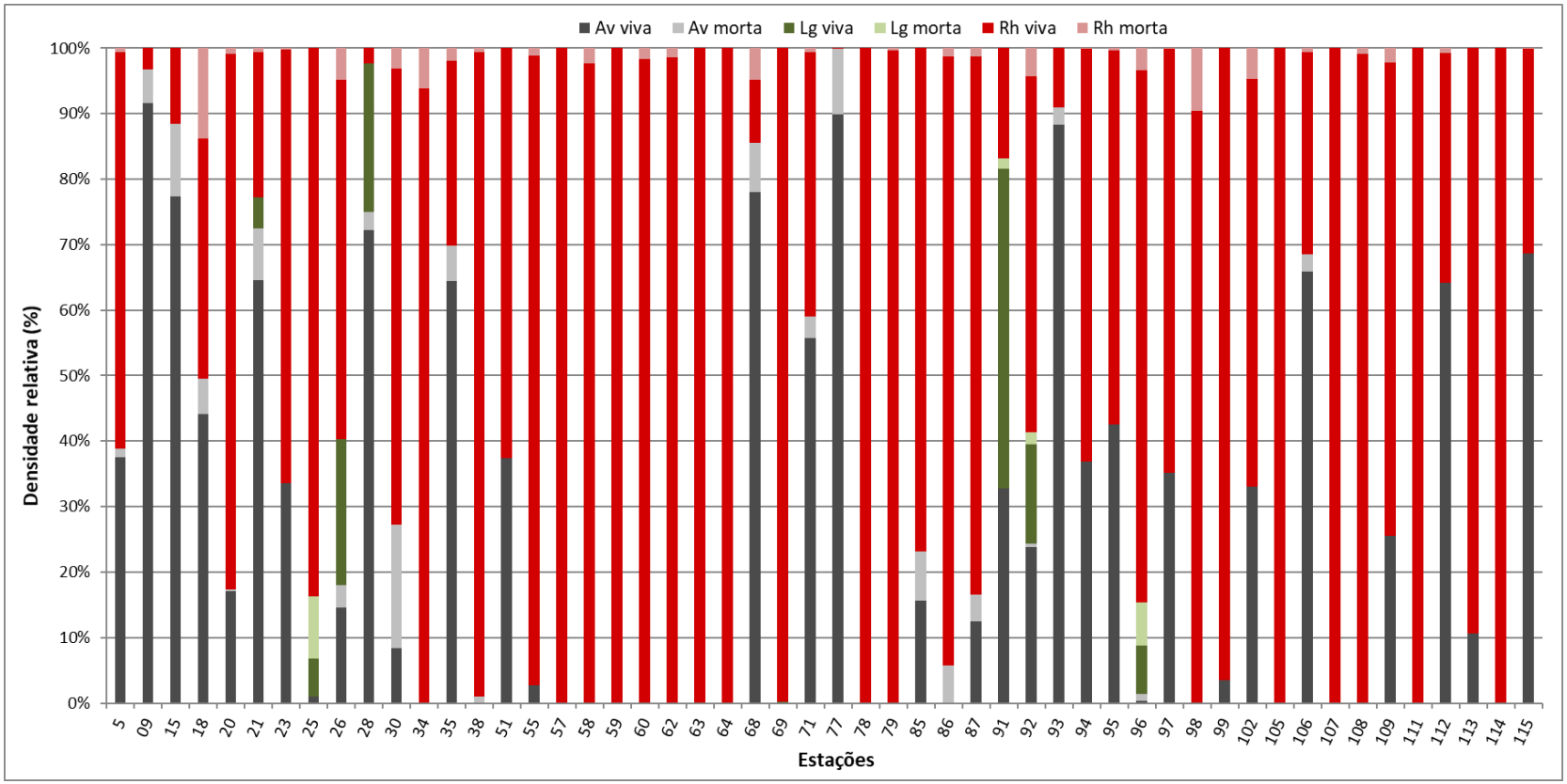


Figura 11-108: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).
Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

As principais características da estrutura da vegetação das florestas de mangue no estuário de São Caetano de Odivelas (PA) serão apresentadas a seguir, com destaque para altura das árvores, DAP médio, área basal e densidade.

A altura média das florestas medidas variou de 5,6 m a 28,1 m; e a altura média do dossel, entre 14,0 m e 36,2 m (Figura 11-109). A estação 91 apresenta o menor desenvolvimento estrutural de todas as estações e, por ser considerada uma exceção ao padrão apresentado, não foi considerada na apresentação dos valores mínimos acima. Essa estação apresentou altura média de 2,0 m e dossel com 3,4 m.

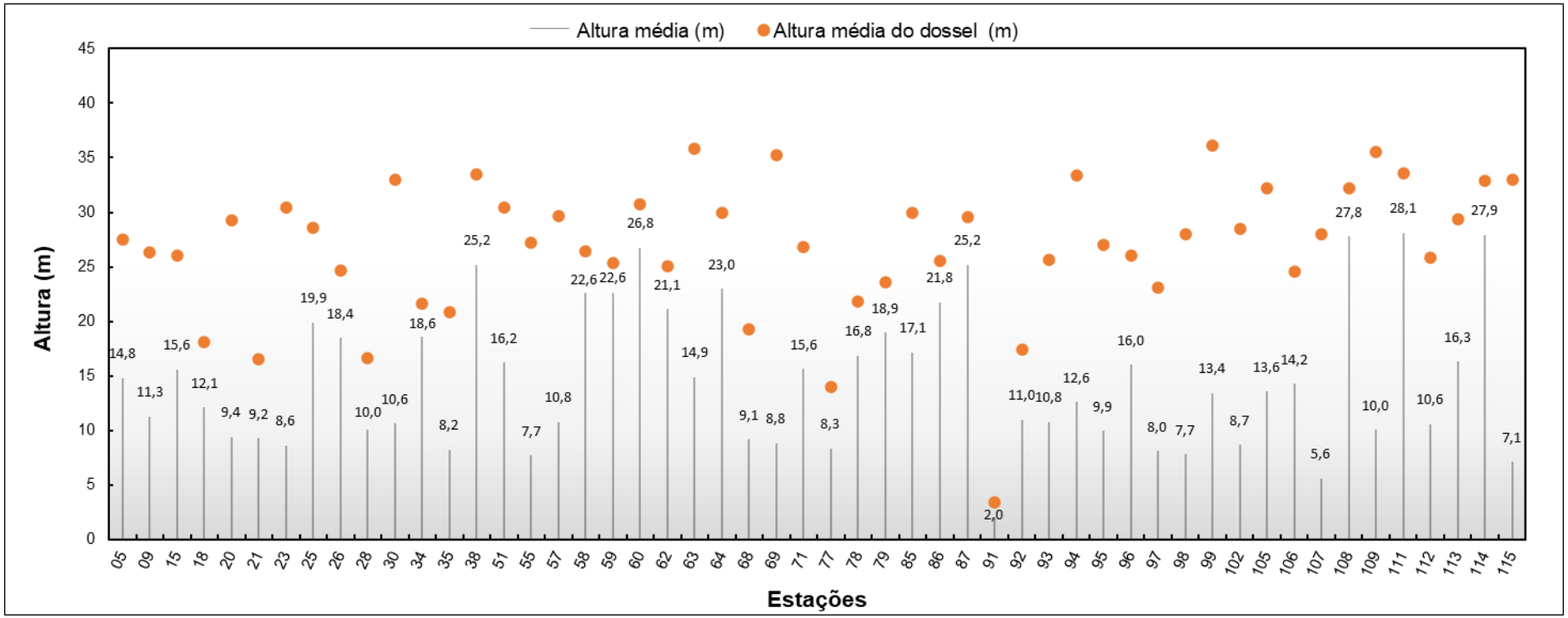


Figura 11-109: Altura média das florestas (m) e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Considerando-se as classes de altura média do dossel estabelecidas para todas as áreas de estudo (ver Cap. 11.2 Métodos), a altura média do dossel no estuário de São Caetano de Odivelas (PA) é superior a 22 m em 81% das estações. Em 17% das estações, a altura média do dossel está entre 11 e 22 m, e apenas em 2% das estações, a altura do dossel é inferior a 11 m (Figura 11-110). Com isso, foi possível observar que a maior parte das estações se concentra na classe de altura correspondente ao nível alto de desenvolvimento estrutural indicando que as florestas amostradas tendem ao alto desenvolvimento estrutural nesse estuário.

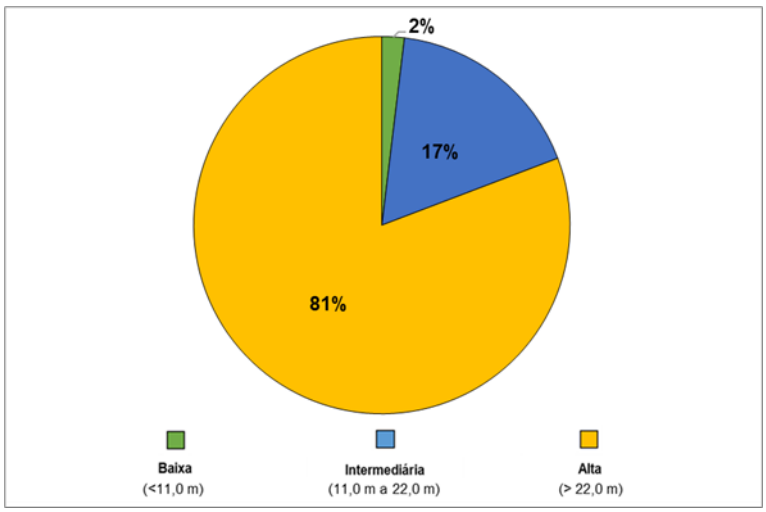


Figura 11-110: Distribuição relativa (%) das estações de medição por classes de altura do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Excluindo-se novamente a estação 91 da análise, os valores de DAP médio das florestas estudadas variaram entre 7,3 e 34,7 cm (Figura 11-111). A área basal viva nas estações variou entre 13,8 e 49,0 $m^2.ha^{-1}$ (Figura 11-112). A estação 91 destaca-se com resultados de DAP e área basal bem abaixo das demais estações, nesta estação foram registrados os menores valores para estes parâmetros, 1,4 cm e 3,6 $m^2.ha^{-1}$, caracterizando uma floresta jovem, fato que é corroborado pela altura reduzida e pela alta densidade de troncos. Conforme apresentado no Capítulo 11.2 Métodos, são classificados como representativos de baixo desenvolvimento estrutural, os valores de DAP médio inferiores a 9 cm, valores entre 9 e 18 cm são classificados como intermediários e valores de DAP médio superiores a 18 cm são classificados como altos. No estuário de São Caetano de Odivelas (PA), a maioria das estações apresentou valores de DAP médio e área basal viva intermediários e altos quando comparados às classes de DAP médio estabelecidas para todas as áreas de estudo.

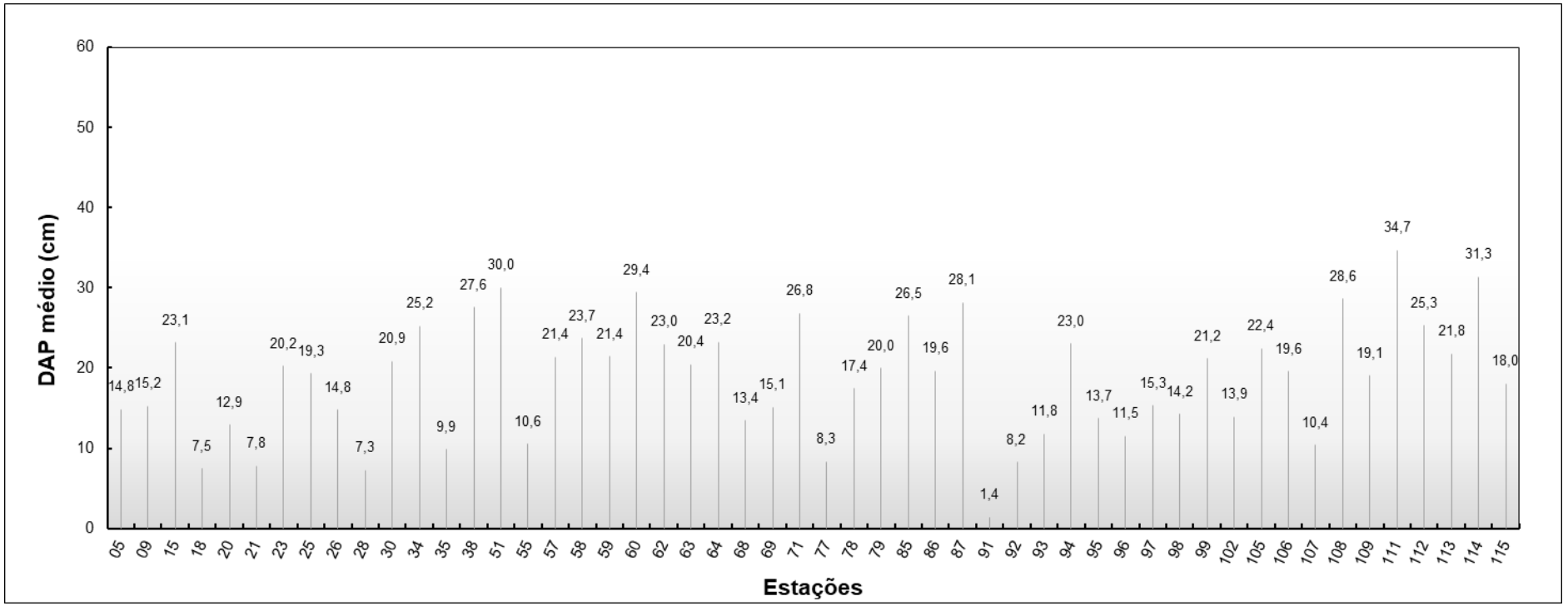


Figura 11-111: DAP médio (cm) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

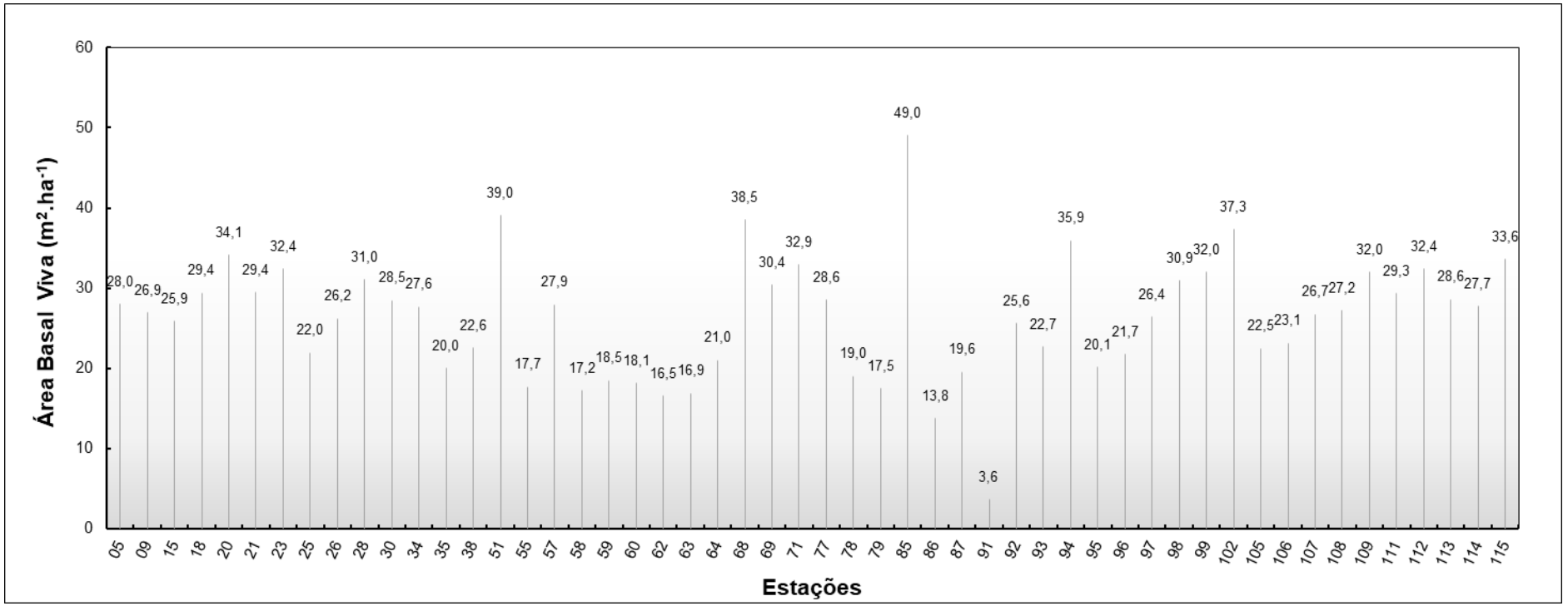


Figura 11-112: Área basal viva (m².ha^{-1}) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Os valores de densidade de troncos vivos nas estações de medição variaram entre 266 e 7.500 tr.ha^{-1} (ver Figura 11-113). Novamente, a estação 91 apresenta-se bastante fora desse intervalo, com densidade de 23.673 tr.ha^{-1}.

Conforme mencionado no item 11.2.3, os dados de densidade foram divididos em três classes: baixa, até 1.000 tr.ha^{-1}; intermediária, entre 1.000 e 2.820 tr.ha^{-1}; e alta, acima de 2.820 tr.ha^{-1}. Em cada classe foram contabilizadas as estações de medição que atendiam a esses critérios.

A Figura 11-114 apresenta a espacialização dos dados de densidade de acordo com as classes baixa, intermediária e alta. Em geral, as estações com as menores densidades encontram-se na faixa de 500 tr.ha^{-1} e tendem a se distribuir entre a porção intermediária e mais interna do estuário. As estações com densidade mais elevada apresentam cerca de 6.500 tr.ha^{-1} e localizam-se, em grande parte na porção mais externa do estuário.

A estação 91, localizada na ilha da Rata, na desembocadura do estuário, consiste em um caso extremo, conforme mencionado anteriormente, apresentando uma densidade de 23.673 tr.ha^{-1} (ver Figura 11-113). Esta estação foi a única no estuário de São Caetano de Odivelas que apresentou densidade acima de 8.000 tr.ha^{-1}.

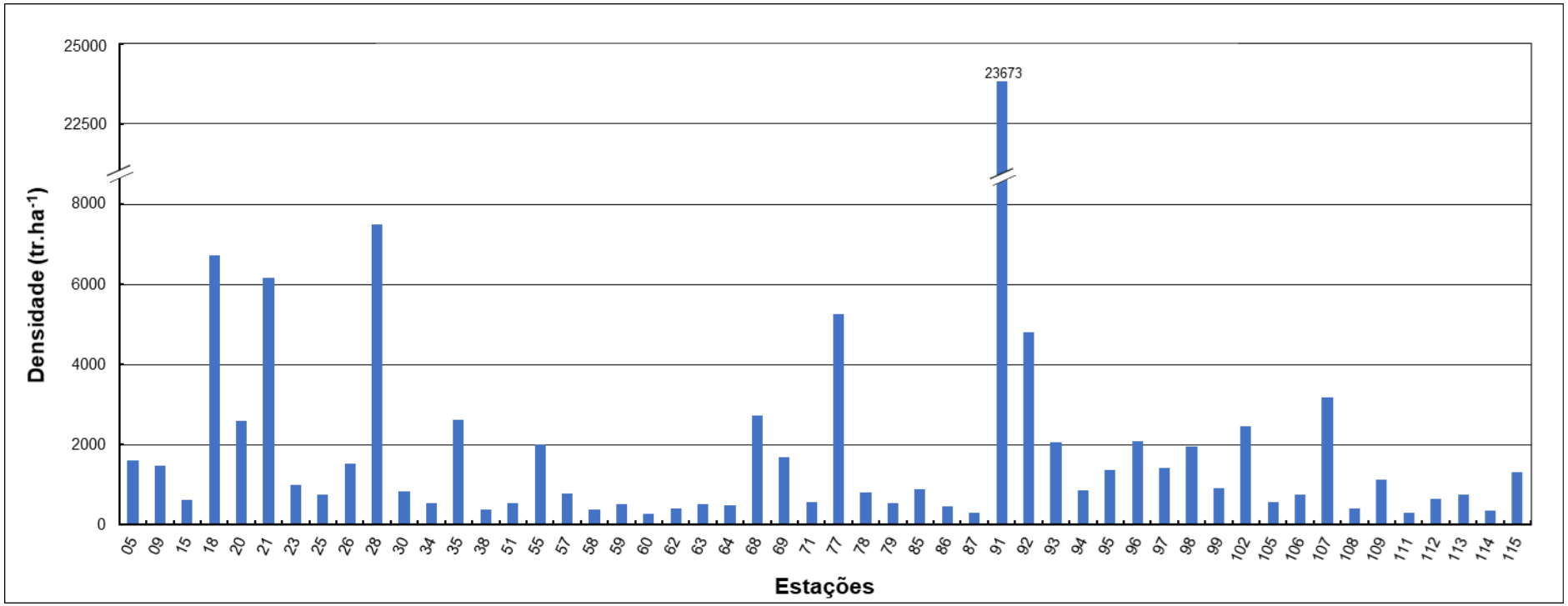


Figura 11-113: Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}) por estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). A estação 91 apresenta densidade muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessa estação está indicado logo acima da sua barra.

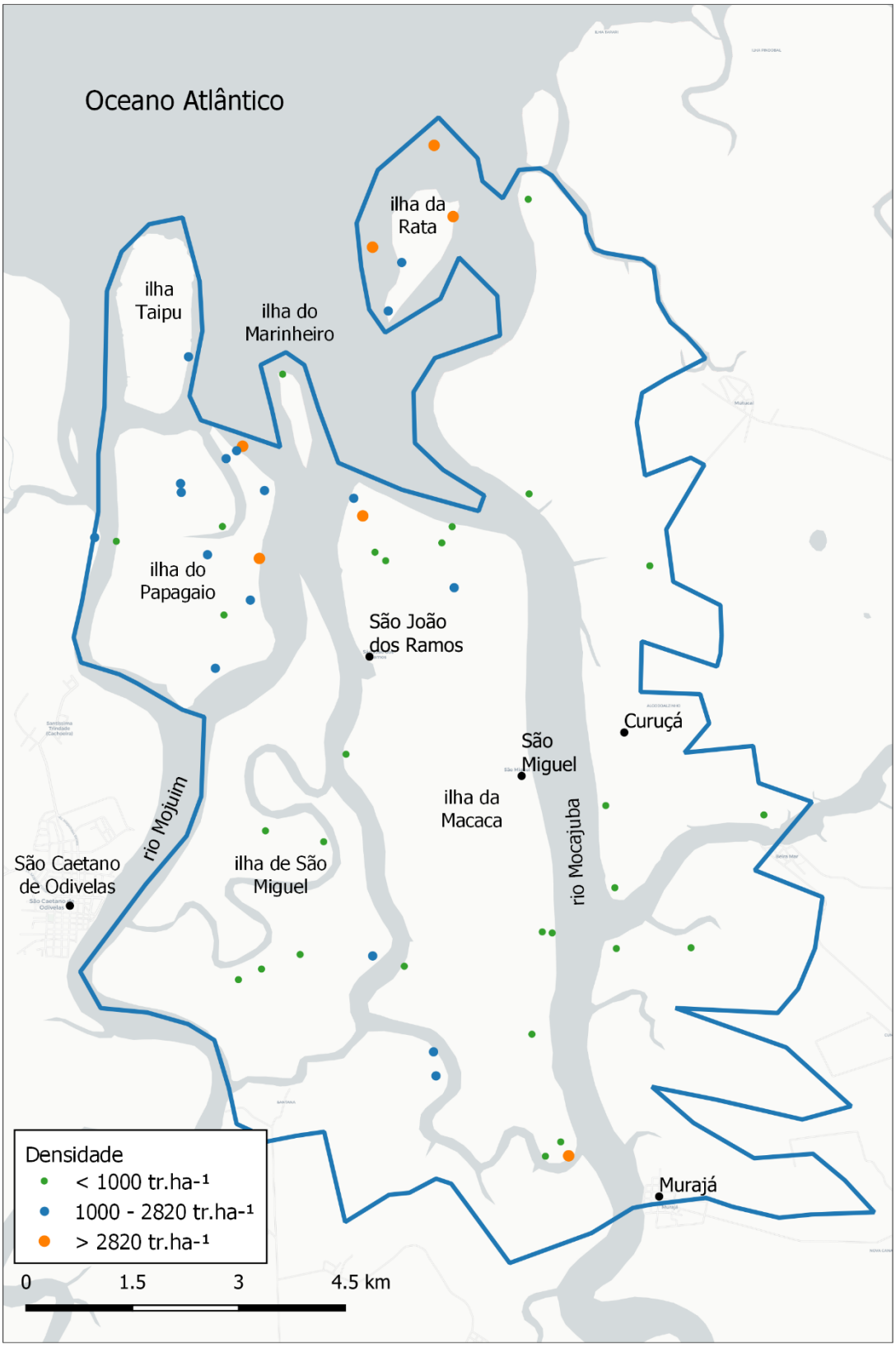


Figura 11-114: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

A Figura 11-115 permite observar que a maior parte das estações se concentra na classe de baixa densidade, indicando que mais de metade das florestas amostradas tendem ao alto desenvolvimento estrutural. Em 54% das estações (28 estações), a densidade foi classificada como baixa, em 33% (17 estações), os valores de densidade estiveram na classe intermediária em 13% (7 estações), os valores de densidade estiveram na classe baixa.

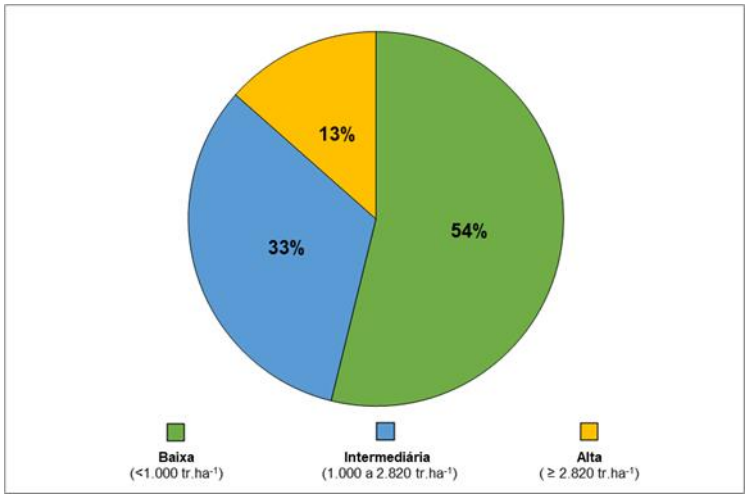


Figura 11-115: Distribuição relativa (%) das estações de medição nas classes de densidade de troncos vivos no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

11.5.2.2. Desenvolvimento estrutural

A avaliação do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue é indispensável para a análise do seu estado de amadurecimento e conservação. Cada uma das estações de medição foi classificada quanto ao desenvolvimento estrutural conforme os critérios apresentados no item 11.2.3.2. Essa avaliação indicou que nas florestas amostradas no estuário de São Caetano de Odivelas 30 estações apresentam alto desenvolvimento estrutural; 16, apresentam desenvolvimento intermediário; e apenas 6 estações podem ser consideradas de baixo desenvolvimento estrutural.

Conforme mencionado no item 11.2.3.2, a análise de correlação entre os resultados de densidade e de DAP médio obtidos nas estações de medição foi uma das ferramentas usadas na integração desses importantes parâmetros descritores da estrutura da vegetação, e sua representação gráfica é uma forma objetiva e integrada de observar o desenvolvimento estrutural das florestas. Reiterando a informação apresentada no item 11.2.3.2, Jimenez *et al.* (1985) desenvolveram um modelo comparativo entre o DAP médio e a densidade de troncos, com o objetivo de estudar a mortalidade em florestas de mangue. Assim, também elucidaram a relação entre esses dois parâmetros, contribuindo para o entendimento sobre o desenvolvimento estrutural nos manguezais.

Na Figura 11-116, é apresentada a comparação entre o resultado da dispersão da densidade e o DAP médio nas estações e o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985).

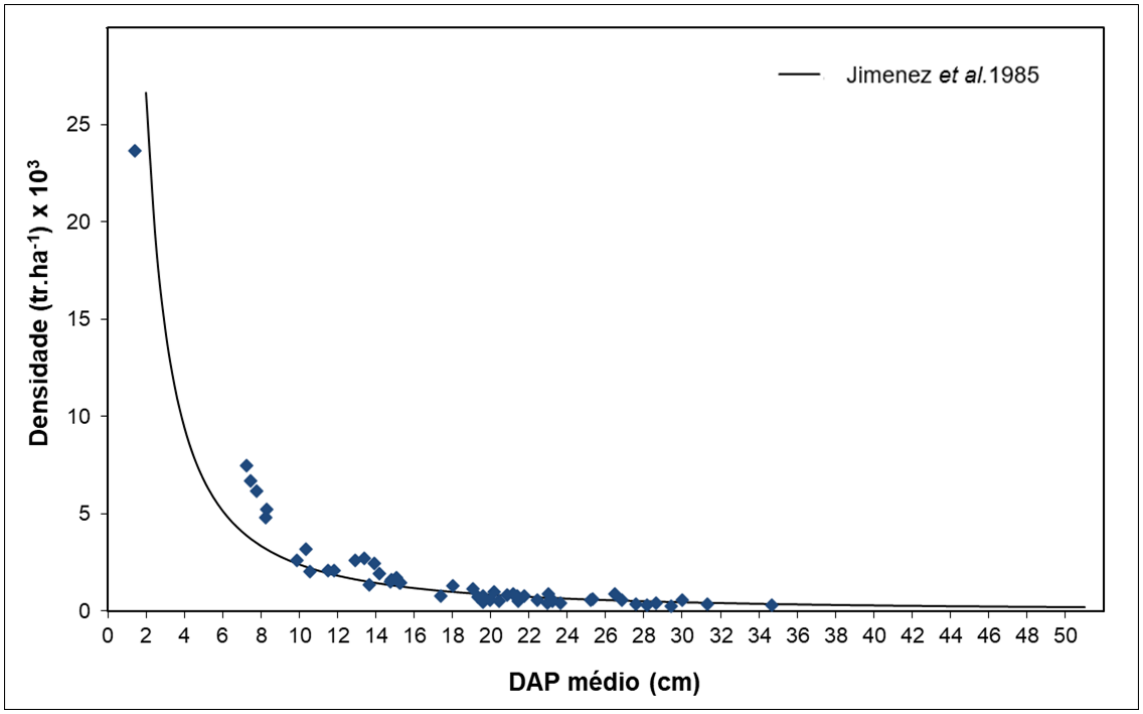


Figura 11-116: Densidade (tr.ha^{-1}) e DAP médio (cm) das estações medidas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): y= 74960 x$^{-1,493}$.

O ajuste dos dados ao modelo pode ser observado pela proximidade entre os pontos, que representam as estações, e a curva do modelo. No caso das florestas de mangue do estuário de São Caetano de Odivelas (PA), a comparação entre os resultados de densidade e DAP e a curva apresentada por Jimenez *et al.* (1985) mostra que a maior parte dos resultados da correlação é consistente com o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985), ou seja, estão próximos à curva. Apenas em algumas estações com baixo

desenvolvimento estrutural observa-se distanciamento da curva, que pode ser justificado por características específicas dessa floresta, que interferem na relação entre os parâmetros analisados. Do ponto de vista ecológico isso demonstra que de forma geral, o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue do sistema estuarino de São Caetano de Odivelas (PA) está relacionado ao processo natural de amadurecimento das florestas.

As estações com baixo desenvolvimento (DAP médio inferior a 9 cm) foram as que apresentam o menor ajuste à curva do modelo. A estação com a maior densidade encontrada, estação 91, apresenta DAP médio inferior ao esperado pelo modelo para florestas com a densidade apresentada por essa estação. De maneira oposta, as outras estações de baixo desenvolvimento estrutural (18, 21, 28, 77 e 92) apresentam densidade mais alta que o esperado pelo modelo para florestas com DAP médio próximo a 8 cm.

As estações com desenvolvimento intermediário (DAP médio entre 9 e 18 cm) apresentaram ajuste melhor quando comparado às estações de baixo desenvolvimento. Há apenas quatro estações com densidade um pouco acima do esperado pelo modelo de Jimenez *et al.* (1985).

As estações com desenvolvimento alto (DAP médio superior a 18 cm) apresentaram um expressivo ajuste ao modelo. Nenhuma estação incluída nessa classificação diferiu de forma acentuada do esperado pelo modelo de Jimenez *et al.* (1985).

Assim, pode-se afirmar que o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue do estuário de São Caetano de Odivelas (PA) está bem representado pelo modelo de Jimenez *et al.* (1985) e indica uma floresta de intermediário a elevado desenvolvimento estrutural. Essa condição é evidenciada pelo posicionamento da maioria das estações na porção da curva em que esta tende a ficar paralela ao eixo do DAP médio, devido ao DAP elevado e crescente (acima de 18 cm) combinado a baixas densidades (inferiores a 1.000 $tr.ha^{-1}$). Esse alto ajuste dos dados observados, ao modelo de Jimenez *et al.* (1985) demonstra que a maior parte das florestas estudadas é controlada pelo processo natural de amadurecimento, em que apenas algumas florestas estão submetidas à ação de distúrbios e tensores, que possam interferir na relação DAP Médio/densidade.

11.5.2.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue

A dominância relativa das espécies, conforme a ordem de importância encontrada nesse estuário, *Rhizophora* spp. > *Avicennia germinans* > *Laguncularia racemosa*, também é descrita por Prost e Rabelo (1996) como a principal característica dos manguezais paraenses. A destacada contribuição de *Rhizophora* spp. também está de acordo com o descrito por Schaeffer-Novelli *et al.* (1990), que classificam esse segmento da costa como dominado por florestas de franja dominadas por *Rhizophora*. Menezes *et al.* (2008), entretanto, na sua revisão de estudos, demonstraram haver considerável heterogeneidade na composição de espécies, como observado no presente levantamento. Assim, há dominância expressiva de *Rhizophora* spp. nesse estuário como encontrado por Schaeffer-Novelli *et al.* (1990), mas a análise detalhada indica que o manguezal de São Caetano de Odivelas é formado por um mosaico de florestas com características diversas, tanto na composição de espécies quanto no desenvolvimento estrutural.

Os resultados da estrutura da vegetação em São Caetano de Odivelas seguem o padrão geral esperado de relação entre os parâmetros analisados. Observa-se a relação positiva entre o desenvolvimento estrutural com o DAP médio, as alturas média e de dossel e a área basal; enquanto a relação entre o desenvolvimento estrutural com a densidade é negativa. A ocorrência de florestas em diferentes estágios de desenvolvimento estrutural é esperada e compatível com florestas saudáveis e bem conservadas.

Destaca-se o predomínio de florestas com alto desenvolvimento estrutural nessa área de estudo. Essa tendência pode, de maneira geral, indicar que há condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento estrutural, permitindo que as florestas alcancem estrutura próxima ao potencial máximo da vegetação dessa área de estudo.

De acordo com o descrito por Faure (2013) , no estuário de São Caetano de Odivelas os sedimentos carreados pelos rios Mojuim e Mocajuba tendem a ser parcialmente bloqueados dentro do estuário e formam depósitos arenosos, pequenas barras e ilhas arenosas. Nesses locais recém-formados, os manguezais se estabelecem rapidamente, inicialmente na fase de colonização e em seguida nas etapas mais avançadas da sucessão ecológica. Os resultados do presente levantamento, em especial das estações de baixo desenvolvimento estrutural encontradas na porção externa do estuário, são compatíveis com a descrição de Faure (em PROST *et al.,* 2013) sobre a colonização de ambientes arenosos recém-formados e seus efeitos na vegetação. As porções externas do estuário, portanto recentes, apresentam ambientes pouco abrigados e de sedimento arenoso, onde as florestas encontradas tendem a apresentar baixo desenvolvimento estrutural e predomínio de florestas com composição mista, com maior contribuição de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, e menor contribuição de *Rhizophora* spp. Essas características, se analisadas de forma integrada, são indicadoras de florestas jovens, compatível com a ocupação de ambientes formados recentemente.

Já nas porções mais internas do sistema estuarino, onde as condições ambientais são mais estáveis, predominam florestas com alto desenvolvimento comumente compostas por *Rhizophora* spp. As florestas de alto desenvolvimento estrutural também podem apresentar contribuição relevante de *Avicennia germinans*, e estão localizadas principalmente em canais abrigados nas ilhas da porção externa do estuário. Em tais canais, há condições favoráveis ao crescimento, como energia hidrodinâmica intermediária e estabilidade do sedimento, características compatíveis com florestas antigas, maduras e estáveis.

11.5.2.4. Fitofisionomias

Conforme descrito no item 11.4.1, as fitofisionomias representam um detalhamento da estrutura vegetal que revela a variabilidade que pode ser observada em uma floresta de mangue. Cada fitofisionomia reúne áreas de florestas que apresentam estrutura de vegetação semelhante entre si, ressaltando aspectos de vegetação que as diferenciam de outras áreas – neste caso, outras fitofisionomias.

A identificação das fitofisionomias presentes nas florestas de mangue do estuário de São Caetano de Odivelas foi realizada com base nos dados de estrutura vegetal medidos em expedições de campo, nos parâmetros calculados a partir desses dados e em análises e interpretação de dados, conforme descrito nos Métodos, item 11.2.3.2.

A análise de agrupamento foi utilizada com o propósito de identificar similaridades entre as estações, agrupando as mais semelhantes em conjuntos, que indicam as fitofisionomias. As variáveis usadas nessa análise foram a dominância das três espécies (% em área basal), o DAP médio e a altura média do dossel de cada estação. O resultado dessa análise para as estações do estuário de São Caetano de Odivelas é apresentado na Figura 11-117.

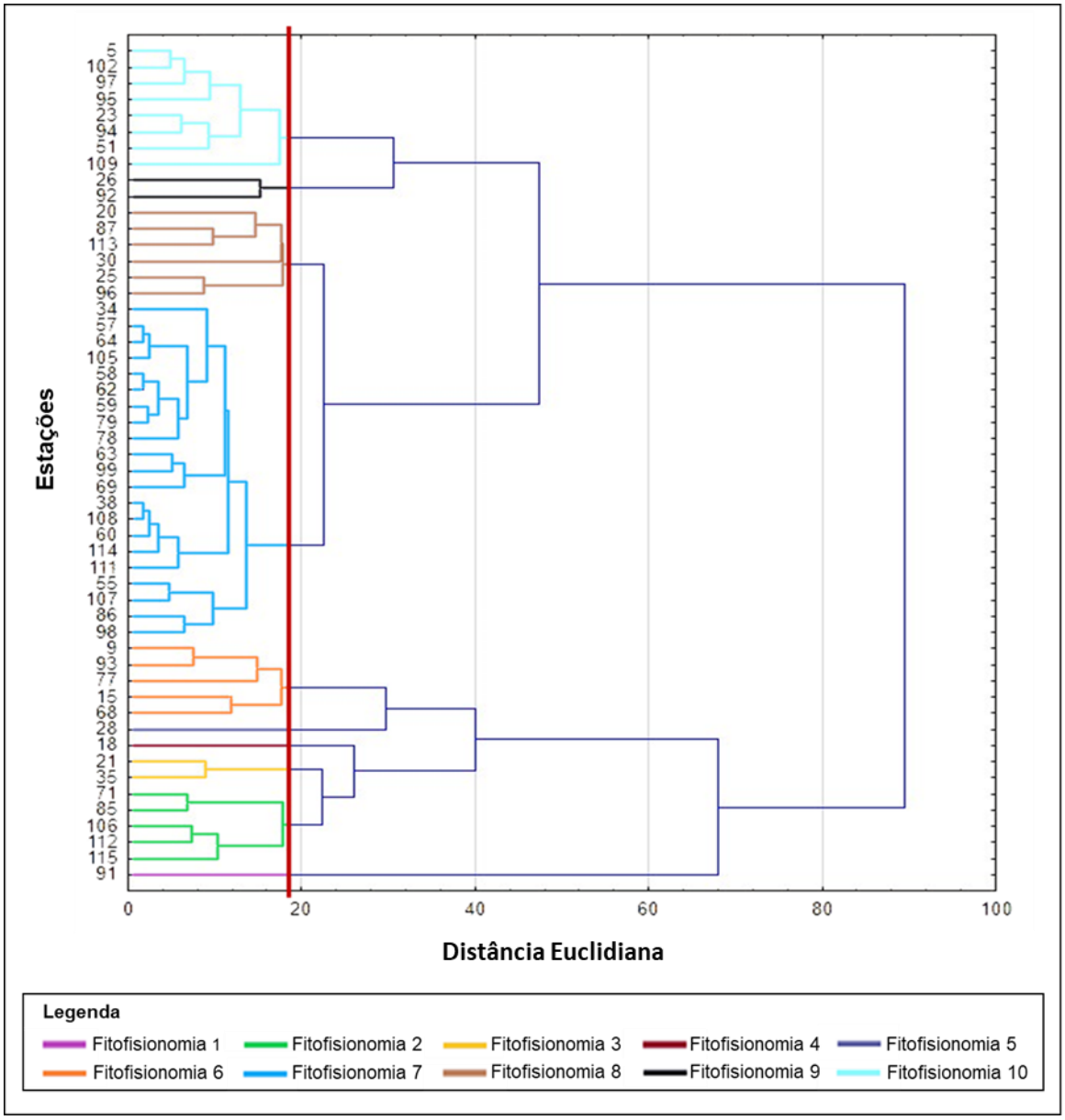


Figura 11-117: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). Cada grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 19, como indicado pela linha vermelha vertical.

A distância selecionada para estabelecer o corte para separação das fitofisionomias (agrupamentos de estações com características similares) no estuário de São Caetano de Odivelas (PA) foi a distância euclidiana de 19, como indicado pela linha vermelha na Figura 11-117. Reiterando, conforme descrito no Cap. 11.2 Métodos e para as demais áreas, essa distância foi selecionada e ajustada a partir da análise das características dos grupos formados com cortes a diferentes distâncias, de modo a refletir um equilíbrio entre a distinção das diferenças entre os grupos formados e o agrupamento de estações com características ecológicas semelhantes. Em casos específicos, diferenças relevantes dentro de um mesmo grupo podem ser identificadas, como por exemplo presença de sub-bosque, que não são captadas pela análise de agrupamento realizada. Nesses casos, a fitofisionomia é dividida em tipos (subgrupos) e as características e diferenças são apontadas na descrição e análise da fitofisionomia.

A análise dos dados da estrutura das florestas de mangue no estuário de São Caetano de Odivelas permitiu identificar dez fitofisionomias cujas características gerais serão descritas a seguir. Na Tabela 11-11, estão indicadas as fitofisionomias e as respectivas estações de medição. A Figura 11-118 apresenta a localização das estações e as fitofisionomias às quais pertencem, indicadas por diferentes cores.

Tabela 11-11: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue do estuário de São Caetano de Odivelas (PA) e as estações de medição que as representam.

Fitofisionomia	Estações
1	91
2	71, 85, 106, 112 e 115
3	21 e 35
4	18
5	28
6	9, 15, 68, 77 e 93
7	34, 38, 55, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 69, 78, 79, 86, 98, 99, 105, 107, 108, 111 e 114
8	20, 25, 30, 87, 96 e 113
9	26 e 92
10	5, 23, 51, 94, 95, 97, 102 e 109

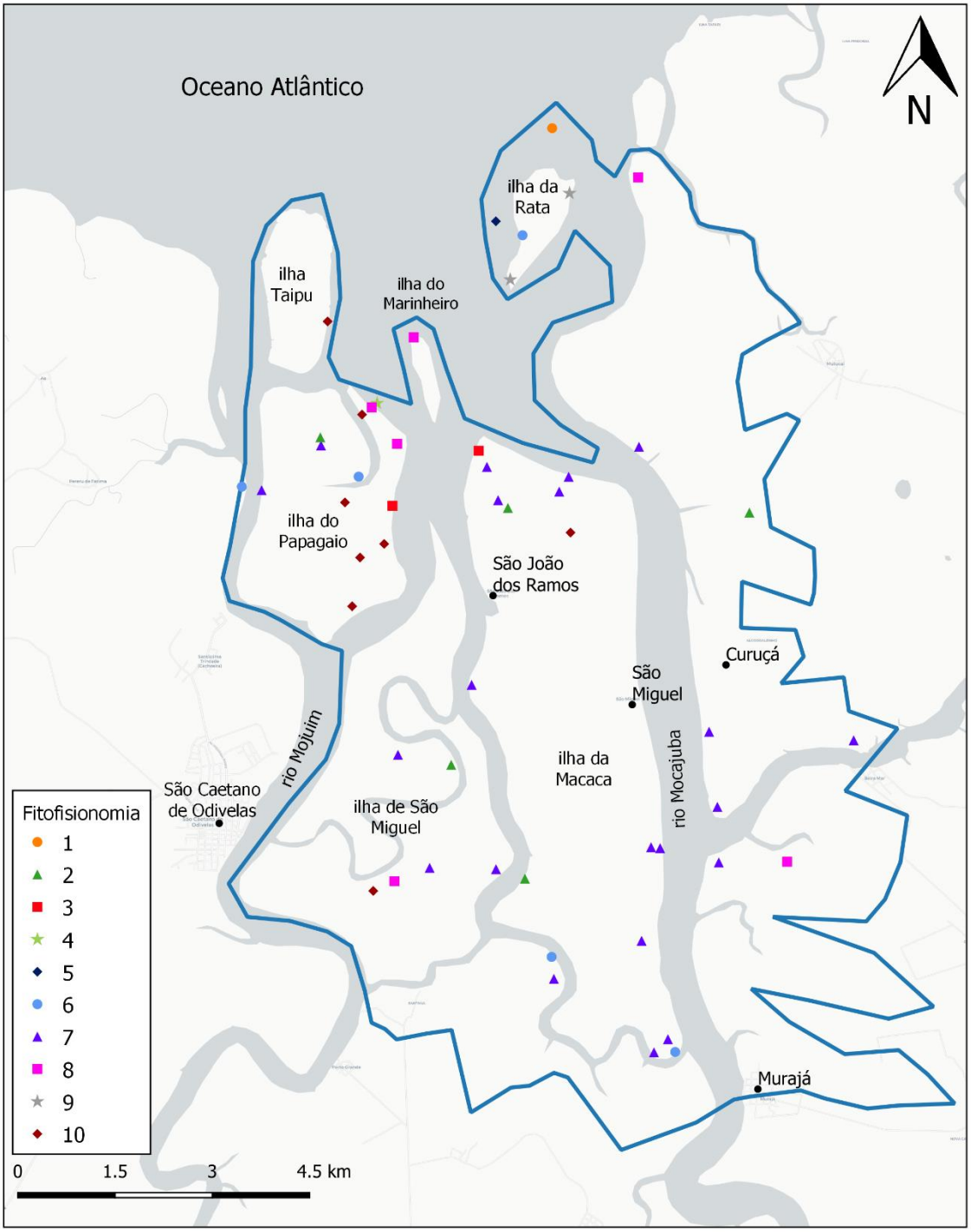


Figura 11-118: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

11.5.2.4.1. Descrição das Fitofisionomias

Conforme descrito no Cap. 11.2 Métodos e para as demais áreas, os critérios que permitiram separar as 10 fitofisionomias encontradas em São Caetano de Odivelas (PA) foram, principalmente, a composição de espécies, DAP médio, densidade, altura média e altura média do dossel. A composição de espécies pode ser observada na Figura 11-119, que apresenta os resultados da dominância relativa por espécies em cada estação de medição, ordenadas por fitofisionomias. Na interpretação dos resultados, área basal morta é um parâmetro apresentado sem distinção das espécies.

A estrutura da vegetação é analisada a partir de diferentes parâmetros: DAP médio (Figura 11-120), densidade (Figura 11-121), altura média e altura média do dossel (média da altura das 10 árvores mais altas) (Figura 11-122). Esses resultados foram organizados graficamente por fitofisionomia, na intenção de proporcionar melhor visualização do conjunto de características que agruparam determinadas estações em uma mesma fitofisionomia. Tais descritores sintetizam informações sobre a estrutura da vegetação nas estações de coleta de forma eficiente, permitindo sua comparação, principalmente para estações onde há homogeneidade na composição de espécies e na estrutura da vegetação.

A classificação do desenvolvimento estrutural das fitofisionomias em baixo, intermediário e alto foi descrita a partir do desenvolvimento estrutural das estações que compõe cada fitofisionomia, também nessas classes.

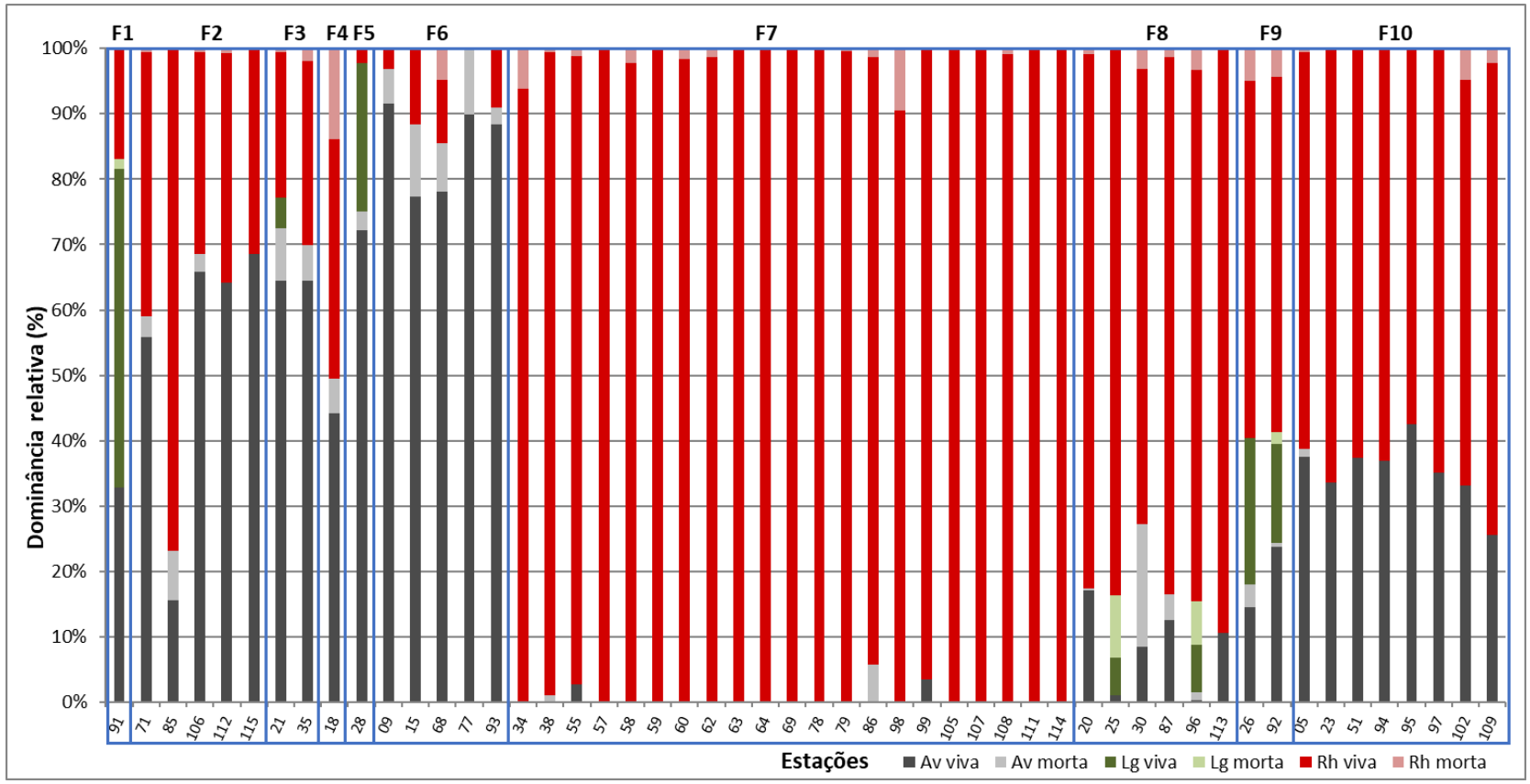


Figura 11-119: Dominância relativa (% de área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia. Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

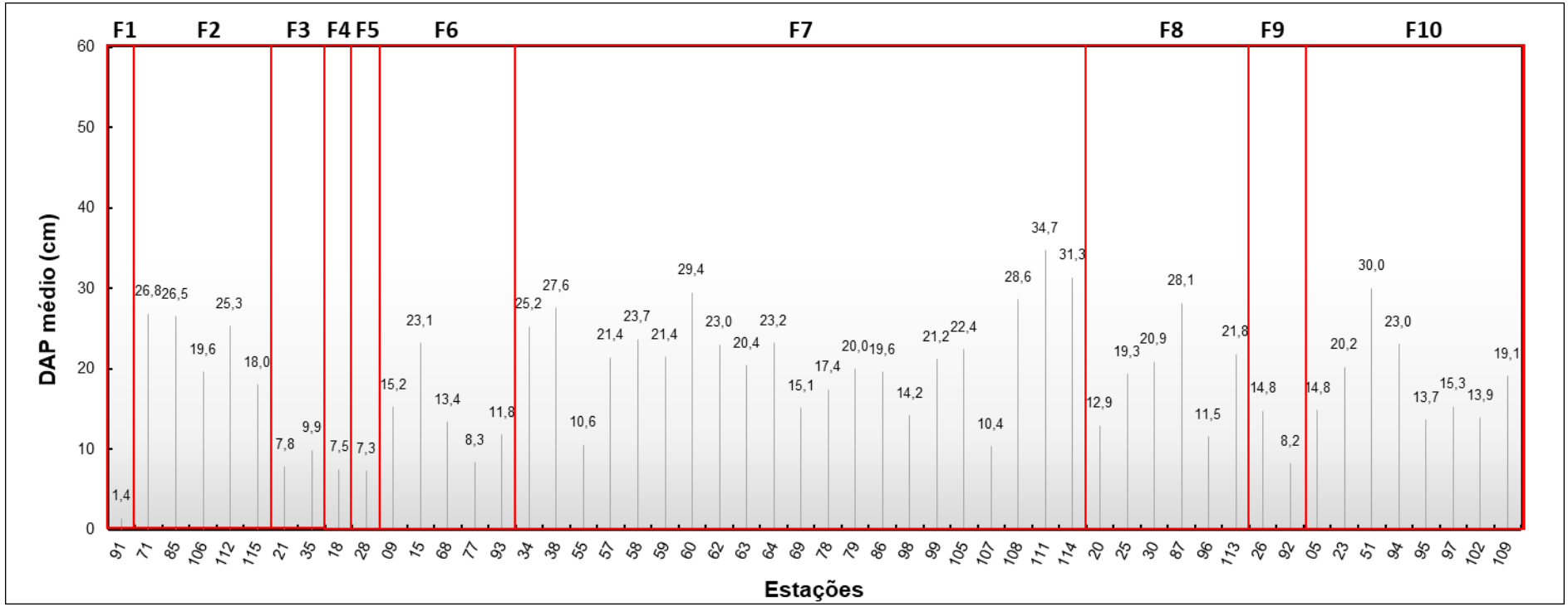


Figura 11-120: DAP médio (cm) por estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia.

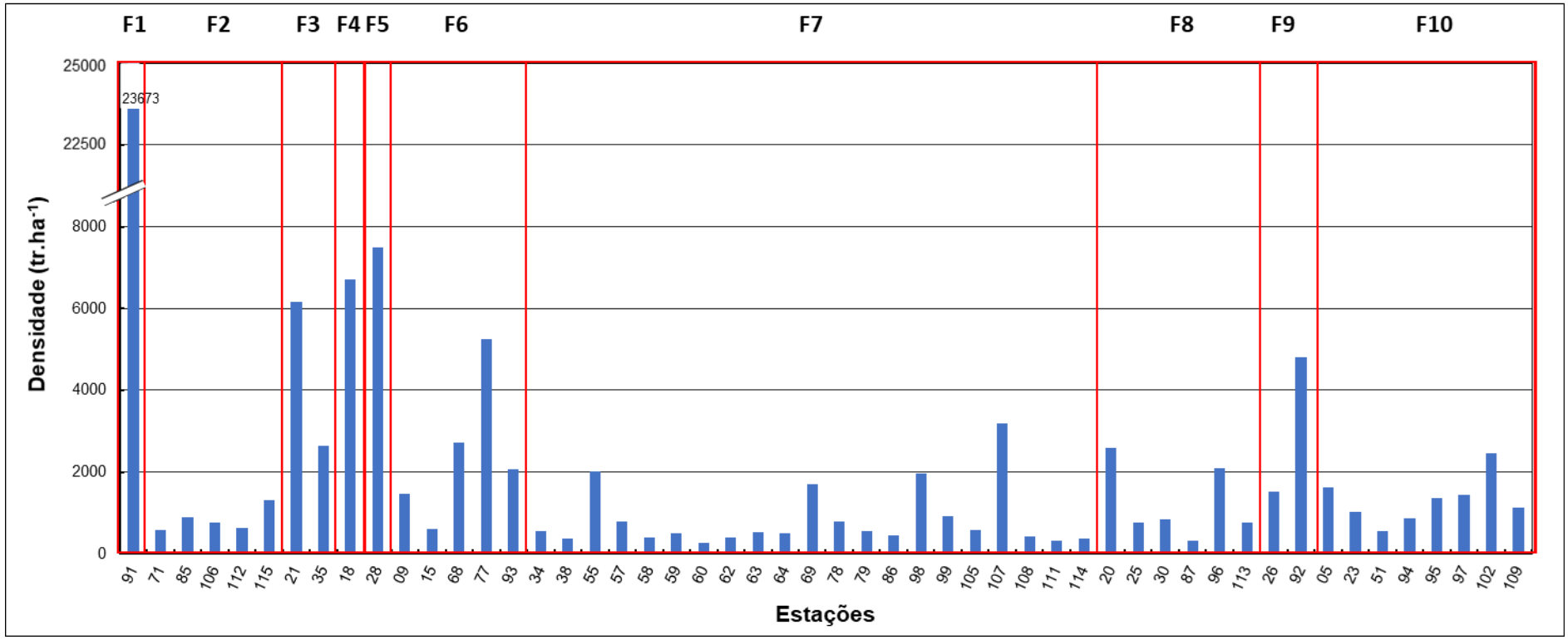


Figura 11-121: Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}) por estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia. A estação 91 apresenta densidade muito superior ao limite da escala, assim, o resultado de densidade nessa estação está indicado logo acima da sua barra.

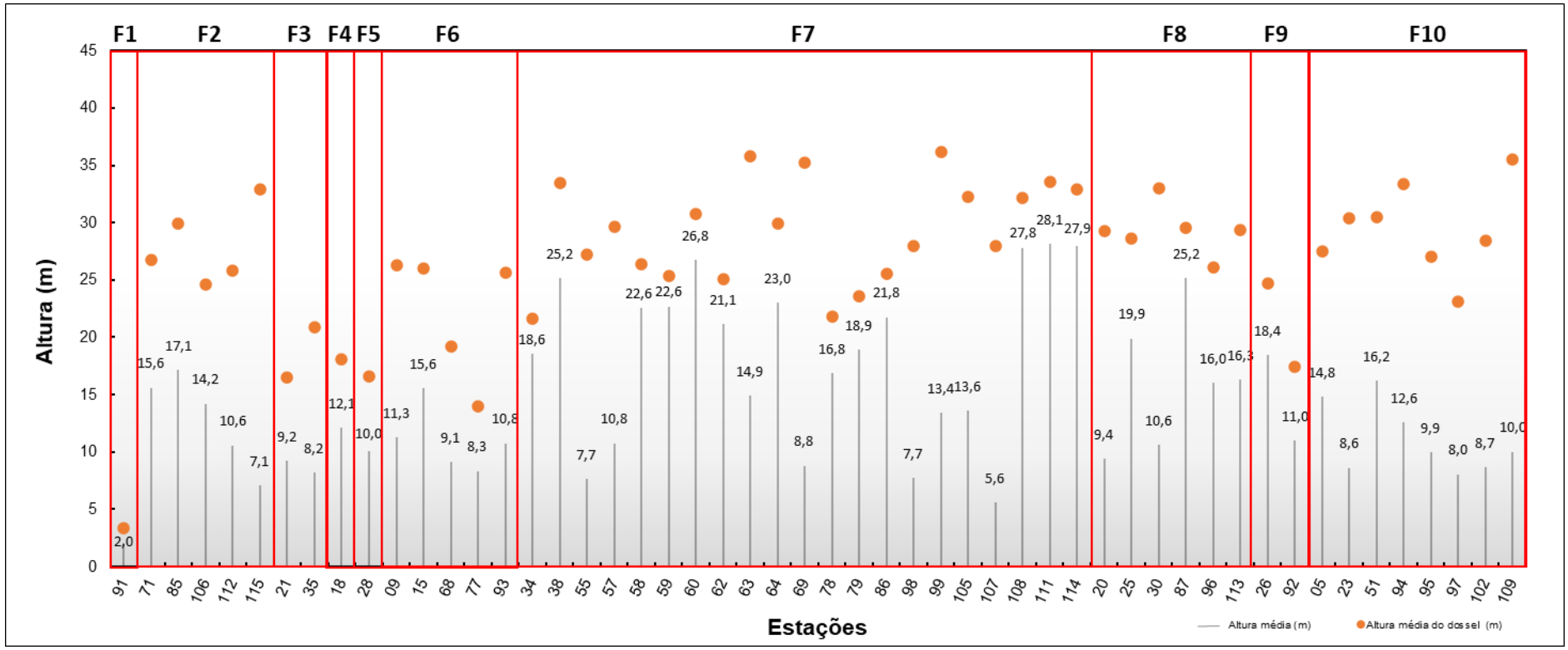


Figura 11-122: Altura média (m) da floresta e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estações de medição no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), agrupadas por fitofisionomia.

Na Tabela 11-12, estão apresentados os valores de salinidade das estações e seus valores médios nas fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA). Os valores médios de salinidade das fitofisionomias variaram entre 9,8 e 21,2 (Tabela 11-12). Esses valores são considerados intermediários para manguezais.

Tabela 11-12: Salinidade média nas estações e fitofisionomias no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
1	81	9,8 ± 5,3	9,8
2	71	13 ± 3,4	20,3
	85	-	
	106	29,2 ± 1,9	
	112	19,6 ± 1,1	
	115	19,5 ± 1,0	
3	21	20,4 ± 4,9	17,7
	35	15 ± 0,7	
4	18	10,8 ± 0,8	10,8
5	28	12,2 ± 2,4	12,2
6	9	15,6 ± 3,4	18,4
	15	16 ± 2,2	
	68	13,2 ± 3,3	
	77	25,6 ± 2,1	
	93	21,7 ± 1,5	
7	34	26 ± 1,2	19,8
	38	25,6 ± 1,5	
	55	18,4 ± 5,3	
	57	27 ± 1,4	
	58	25,4 ± 0,5	
	59	17,2 ± 1,3	
	60	21,8 ± 2,2	
	62	19,8 ± 2,0	
	63	11,2 ± 3,3	
	64	-	
	69	15,2 ± 4,1	
	78	14,6 ± 0,5	
	79	18,4 ± 0,9	
	86	28,8 ± 1,1	
	98	24,6 ± 0,5	
	99	18,2 ± 0,4	
	105	24,6 ± 0,5	
	107	12,4 ± 1,7	
	108	-	
	111	7,2 ± 2,7	
	114	23,2 ± 1,1	
8	20	13,2 ± 0,8	17,3
	25	15 ± 1,6	
	30	27,6 ± 1,5	
	87	22,2 ± 2,9	

Tabela 11-12: Continuação.

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
	96	12,2 ± 1,6	
	113	13,8 ± 1,3	
9	26	15,4 ± 0,5	21,2
	92		
10	5	21 ± 1,7	19,2
	23	18,6 ± 1,5	
	51	21,6 ± 3,8	
	94	20,6 ± 0,9	
	95	14,2 ± 1,3	
	97	-	
	102	19,2 ± 3,0	
	109	19,4 ± 1,3	

Ressalta-se que, em algumas estações, a medição da salinidade pode ter sido impedida pela condição muito seca do sedimento, que torna inviável a coleta de água intersticial. Essa situação costuma ocorrer em áreas de baixa disponibilidade hídrica. Em casos mais raros, o alagamento do sedimento pela maré pode ter inviabilizado a medição. Nesses casos os dados não puderam ser coletados nem apresentados.

Conforme relatado no item 11.4.1, as medidas de pH e Eh nas estações foram realizadas de forma pontual e a variabilidade dos valores medidos nas estações foi muito alta. Essas condições impossibilitaram a análise consistente de tais dados, por isso, optou-se por não apresentá-los.

As características de cada fitofisionomia estão descritas a seguir, relacionando-as com o ambiente e destacando informações relevantes observadas em campo. Adicionalmente, a distribuição do número de indivíduos por classes de altura e dap com a indicação das espécies foi analisada para cada estação, como informação adicional para distinção das fitofisionomias, embora não esteja apresentada neste documento. Essa análise permitiu identificar importantes características das florestas, que não são detectadas pela análise de agrupamento, como por exemplo: (i) qual espécie ocupa os diferentes estratos de altura de uma estação e, principalmente, qual espécie ocupa o dossel; (ii) identificar a ocorrência de recrutamento de jovens; (iii) identificar ocorrência e sobreposição de coortes numa mesma floresta, entre outros processos. Essas informações também foram incorporadas na descrição das fitofisionomias apresentadas a seguir.

Fitofisionomia 1

A Fitofisionomia 1 é composta por apenas uma estação – a estação 91 – cuja composição é mista e há destacada importância das três espécies de mangue.

Essa é a única estação em que *Laguncularia racemosa* apresenta a maior dominância relativa, com valor de 48,8% de área basal viva, seguida por *Avicennia germinans* (32,8%) e *Rhizophora* spp. (16,9%). A contribuição em área basal morta é de 1,5%. Essa fitofisionomia apresenta baixo desenvolvimento estrutural. A estação 91, que representa essa fisionomia, apresenta, DAP médio de 1,4 cm e densidade de 23.673 $tr.ha^{-1}$ e altura média de 2,0 m e dossel com 3,4 m de altura média.

A estação 91, localizada no extremo Norte da área de estudo (ver Figura 11-118), na porção mais externa do estuário – a Ilha da Rata. É caracterizada por sedimento arenoso e por destacada presença de *Laguncularia racemosa* de baixo desenvolvimento. Essas características podem ser indicadoras de que a floresta seja recém-estabelecida. Soma-se à observação das características da vegetação o indício de que o

banco sedimentar tenha sido depositado recentemente devido à intensa dinâmica costeira, conforme indicado por Faure (em PROST *et al.,* 2013) e observado nas análises de imagens de satélite. Com isso, a floresta apresenta-se como uma floresta jovem, cujos parâmetros estruturais indicam desenvolvimento muito baixo quando comparados às outras estações do estuário, compatível com características esperadas de uma colonização recente. A salinidade não pode ser aferida nessa estação, pois o sedimento estava muito seco, impedindo a coleta de água intersticial.

A Figura 11-123 ilustra o aspecto geral da estação pertencente a essa fitofisionomia, em que se destaca o sedimento arenoso e o baixíssimo desenvolvimento estrutural, evidenciado pela alta densidade e porte reduzido das árvores.

Figura 11-123: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 1, estação 91, estabelecida em sedimento arenoso, onde é possível observar o baixo desenvolvimento estrutural e a composição por indivíduos de *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 2

Nas estações que compõem a Fitofisionomia 2 a composição das florestas é mista de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp., com predomínio de *Avicennia germinans*. O desenvolvimento estrutural é alto, com indivíduos de *Avicennia germinans* de elevado DAP e classes de menor DAP, ou seja, indivíduos jovens, com predomínio de *Rhizophora* spp. O dossel dessas florestas é dominado por *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp.

Avicennia germinans apresenta a maior dominância relativa, que varia de 51,2 a 68,6% em área basal viva. *Rhizophora* spp. apresenta-se com a segunda maior contribuição (31,3 e 44,4%). A contribuição em área basal morta varia entre 0 e 4,4%. O DAP médio varia de 18,0 a 26,8 cm. A densidade registrada para as estações desta fitofisionomia varia entre 582 e 1.319 $tr.ha^{-1}$. A altura média das estações está entre 7,1 e 17,1 m e a altura do dossel, entre 24,6 e 33,0 m. Essas características permitem classificar o desenvolvimento estrutural da Fitofisionomia 2 como alto.

Essa fitofisionomia é representada por estações nas três porções do estuário (ver Figura 11-118) e apresentam o maior desenvolvimento estrutural entre todas as estações medidas nesse estuário. A ocorrência de raros indivíduos de *Avicennia germinans* com alto desenvolvimento indicam que essas florestas são maduras. A ocorrência de indivíduos jovens, de pequeno porte, mas em grande quantidade, demonstram que a medida que à medida que ocorre abertura de clareiras pela morte das árvores maiores e mais antigas, a floresta é capaz de se regenerar. Essa fitofisionomia apresenta fortes semelhanças com a Fitofisionomia 10, pois ambas são florestas mistas de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. e tendem ao alto desenvolvimento estrutural, diferindo apenas na espécie que apresenta a maior contribuição.

A Figura 11-124 ilustra o aspecto geral das florestas identificadas como pertencentes a essa fitofisionomia, onde destaca-se o alto desenvolvimento estrutural, evidenciado pela baixa densidade e o grande porte das árvores.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-124: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 2, exemplificada pela estação 115, onde é possível observar indivíduos grandes de *A. germinans*, médios de *Rhizophora* spp. e a presença de sub-bosque de *Rhizophora* spp. no plano de fundo. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 3

A Fitofisionomia 3 é composta por apenas duas estações – estações 35 e 21. Composta por florestas mistas de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. com desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário. O predomínio na composição é de *Avicennia germinans*, que se destaca nas classes superiores de dap, enquanto nas classes inferiores *Rhizophora* spp. se destaca. O dossel é dominado por *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp.

Nessa fitofisionomia, *Avicennia germinans* apresenta a maior dominância relativa, com 64,5% de área basal viva nas duas estações. *Rhizophora* spp. apresenta a segunda maior contribuição (22,3 e 28,1%) e *Laguncularia racemosa* contribui com 4,8%. A contribuição em área basal morta varia entre 7,4 e 8,5%. O DAP médio varia de 7,8 a 9,9 cm. A densidade das estações desta fitofisionomia varia entre 2.627 e

6.167 tr.ha^{-1}. A altura média das estações está entre 8,2 e 9,2 m, enquanto a altura do dossel varia entre 16,5 e 20,9 m.

As estações dessa fitofisionomia estão localizadas na porção externa do estuário (ver Figura 11-118). O desenvolvimento baixo a intermediário pode indicar a ocorrência de florestas relativamente jovens, associada ao processo de deposição de banco sedimentar. Apresenta fortes semelhanças com a Fitofisionomia 4, pois ambas são florestas mistas de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. e tendem ao desenvolvimento estrutural baixo.

A Figura 11-125 ilustra o aspecto geral das florestas identificadas como pertencentes a essa fitofisionomia, em que destacamos o baixo desenvolvimento estrutural, evidenciado pelo reduzido porte das árvores, baixo dap – troncos relativamente finos, e alta densidade.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-125: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 3, exemplificada pela estação 21, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia germinans, Rhizophora spp.* e *Laguncularia racemosa* com baixo desenvolvimento estrutural. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 4

A fitofisionomia 4, representada pela estação 18, apresenta floresta mista de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp., sem predomínio de uma espécie, com baixo desenvolvimento estrutural. O dossel é dominado por *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp.

Avicennia germinans apresenta dominância relativa de 44,1% de área basal viva e *Rhizophora* spp. contribui com 36,6%. Destaca-se a contribuição em área basal morta, de 19,2%. O DAP médio é de 7,5 cm e a densidade é de 6.719 tr.ha^{-1}. A altura média é de 12,1 m e o dossel apresenta 18,1 m de altura.

Essa estação está localizada na porção externa do estuário (ver Figura 11-118). Os parâmetros estruturais indicam desenvolvimento estrutural baixo. Essas características podem ser indicadoras de floresta jovem, recém-estabelecida, associada ao processo de deposição de banco sedimentar. Essa fitofisionomia

apresenta fortes semelhanças com a Fitofisionomia 3, pois ambas são florestas mistas de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. e tendem ao desenvolvimento estrutural baixo.

A Figura 11-126 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, com destaque para a alta densidade, baixo dap – troncos relativamente finos, e reduzido porte dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-126: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 4, estação 18, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. com baixo desenvolvimento estrutural. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 5

A fitofisionomia 5, representada pela estação 28, apresenta uma floresta de baixo desenvolvimento estrutural, dominada por *Avicennia germinans*, com contribuição de *Laguncularia racemosa* nas classes de maior dap e de *Rhizophora* spp. nas classes inferiores. O dossel é dominado por *Avicennia germinans* com pouca presença de *Laguncularia racemosa*.

Avicennia germinans é dominante, com contribuição de 72,2% em área basal viva. *Laguncularia racemosa* contribui com 22,7% e *Rhizophora* spp. com 2,3%. A contribuição em área basal morta é de 2,8%. Apresenta DAP médio de 7,3 cm e densidade de 7.500 tr.ha^{-1}. A altura média é de 10,0 m e a altura do dossel é de 16,6 m.

A estação 28, que representa a fitofisionomia 5 está localizada na porção mais externa do estuário (ilha da Rata) (Figura 11-118). A composição de espécies, principalmente a presença de *Laguncularia racemosa,* associada ao baixo desenvolvimento estrutural indicam que essa seja uma floresta jovem. Geralmente, *Laguncularia racemosa* desenvolve-se melhor que as outras espécies em áreas abertas, de alta incidência solar, por isso é associada a processos de colonização e regeneração do manguezal. Como a área que essa estação ocupa foi interpretada como uma ilha de deposição de banco sedimentar, conclui-se que essa seja uma floresta recém estabelecida, em estágio de sucessão ecológica seguinte ao que se encontra a estação da Fitofisionomia 1.

A Figura 11-127 ilustra o aspecto geral da floresta identificada como pertencente a essa fitofisionomia, com destaque para a alta densidade e reduzido porte dos indivíduos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-127: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 5, estação 28, onde é possível observar o baixo desenvolvimento estrutural da floresta composta principalmente por indivíduos de *Avicennia germinans,* com presença de *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora* spp. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 6

Essa fitofisionomia é composta por florestas fortemente dominadas por *Avicennia germinans* geralmente com desenvolvimento estrutural intermediário. Eventualmente algumas estações podem apresentar desenvolvimento estrutural baixo, devido à presença de jovens de *Rhizophora* spp. e *Avicennia germinans.* Algumas estações podem apresentar desenvolvimento estrutural alto, devido à ocorrência de indivíduos bem desenvolvidos de *Avicennia germinans*. O dossel é dominado por *Avicennia germinans*.

A dominância de *Avicennia germinans* varia entre 77,3 e 91,6% em área basal viva. *Rhizophora* spp. contribui com 0,1 a 11,6%; e a contribuição em área basal morta varia entre 2,6 e 12,4%. O DAP médio varia de 8,3 a 23,1 cm. A densidade dessas florestas varia entre 616 e 5.250 $tr.ha^{-1}$. A altura média está entre 8,3 e 15,6 m e a altura do dossel varia entre 14,0 e 26,3 m.

As estações dessa fitofisionomia estão distribuídas por todo o estuário (ver Figura 11-118). O desenvolvimento estrutural baixo a intermediário pode indicar a ocorrência de floresta relativamente jovem ou condições limitantes ao crescimento.

A Figura 11-128 ilustra o aspecto geral das florestas identificadas como pertencentes a essa fitofisionomia, com destaque para os indivíduos de *Avicennia germinans* de baixo e de médio desenvolvimento estrutural, além de indivíduos de *Rhizophora* spp. com porte baixo. Destaca-se a grande ocorrência de plântulas, ou seja, plantas recém germinadas e estabelecidas.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-128: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 6, exemplificada pela estação 9, onde é possível observar indivíduos de *Avicennia germinans* de médio desenvolvimento e indivíduos de porte baixo de *Rhizophora* spp., no primeiro plano à esquerda; e cobertura de plântulas no substrato. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 7

A Fitofisionomia 7 é a mais representativa do estuário de São Caetano de Odivelas. Essa fitofisionomia é composta de florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário ou alto. Eventualmente, há presença de jovens de *Rhizophora* spp., *Avicennia germinans* ou *Laguncularia racemosa*. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp.

A contribuição de *Rhizophora* spp. nessa fitofisionomia varia entre 90,5 e 100% em área basal viva. *Avicennia germinans* contribui com menos de 3,5% e *Laguncularia racemosa* com menos de 0,1%. A contribuição em área basal morta é de até 9,5%. ODAP médio varia de 10,4 a 34,7 cm. A densidade das florestas desta fitofisionomia varia entre 266 e 3.177 tr.ha^{-1}. A altura média varia entre 5,6 e 28,1 m e a altura do dossel entre 21,6 e 36,2 m.

Essa fitofisionomia agrega o maior número de estações, 21, entre todas as demais e estas estão distribuídas por todo o estuário (ver Figura 11-118). A predominância de indivíduos de médio a grande porte de *Rhizophora* spp. indica que essas sejam florestas maduras e a homogeneidade identificada, tanto em composição quanto em desenvolvimento estrutural, pode ser um indicativo da estabilidade em que essas florestas se encontram. Parte das estações dessa fitofisionomia apresentam, além das características destacadas, relevante contribuição de jovens, formando um sub-bosque. Nas estações onde essa característica está presente, a presença de numerosos indivíduos jovens faz com que os parâmetros estruturais das estações dessa fitofisionomia indiquem um desenvolvimento estrutural menor. A ocorrência de indivíduos jovens demonstra que a medida que houver abertura de clareiras pela morte das árvores maiores e mais antigas, tais espaços serão, muito provavelmente, ocupados.

A Figura 11-129 ilustra as características descritas com destaque para a homogeneidade de espécie e do dap e o alto desenvolvimento estrutural, enquanto a Figura 11-130 ilustra o alto desenvolvimento estrutural de parte dos indivíduos, associado à presença de sub-bosque.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-129: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 7, exemplificada pela estação 108, onde é possível observar uma floresta monoespecífica de *Rhizophora* spp., madura e homogênea. Nessa estação não há presença de sub-bosque. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-130: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 7, exemplificada pela estação 98, onde é possível observar uma floresta monoespecífica de *Rhizophora* spp., madura à direita e sub-bosque de *Rhizophora* spp. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 8

As florestas que compõem essa fitofisionomia são dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário ou alto, com pequena contribuição de *Avicennia germinans* e/ou *Laguncularia racemosa*. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp., com pouca presença de *Avicennia germinans* ou *Laguncularia racemosa*.

Nessas florestas *Rhizophora* spp. também apresenta a tendência de ser dominante, com contribuição entre 69,7 e 89,4% em área basal viva, no entanto, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* também estão presentes, no entanto, contribuem com menos de 17,1% e menos de 7,3%, respectivamente. A contribuição em área basal morta é de até 11,1%. O DAP médio das florestas dessa fitofisionomia está entre 11,5 e 28,1 cm. A densidade varia entre 315 e 2.596 tr.ha^{-1}. A altura média encontrada para essas florestas está entre 9,4 e 25,2 m e a altura do dossel varia entre 26,1 e 33,0 m.

As estações dessa fitofisionomia estão distribuídas por todo o estuário (ver Figura 11-118). A ocorrência de indivíduos de médio a grande porte indica que essas sejam florestas maduras. Em geral, as estações dessa fitofisionomia apresentam, além das características destacadas, relevante contribuição de jovens, formando um sub-bosque. A ocorrência de indivíduos jovens demonstra que a medida que houver abertura de clareiras pela morte das árvores maiores e mais antigas, tais espaços serão ocupados pelos indivíduos jovens.

A Figura 11-131 ilustra as características descritas com destaque para o alto desenvolvimento estrutural e a presença de sub-bosque.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-131: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 8, exemplificada pela estação 20, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. com alto desenvolvimento e o sub-bosque, bem destacado no plano de fundo. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 9

A Fitofisionomia 9 é composta por florestas dominadas por *Rhizophora* spp. com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*. O desenvolvimento estrutural é baixo ou intermediário. No dossel, há presença das três espécies de mangue.

Apenas duas estações – 26 e 92, foram amostradas nessa fitofisionomia e apresentaram contribuição de *Rhizophora* spp. entre 54,3 e 54,8% de área basal viva; *Laguncularia racemosa* contribui com 15,1 a 22,3% e *Avicennia germinans* com 14,6 a 23,8%. A contribuição em área basal morta varia entre 6,7 e 8,4%. O DAP médio dessas florestas ficou entre 8,2 e 14,8 cm. A densidade variou entre 1.529 e 4.800 tr.ha^{-1}, a altura média varia entre 11,0 e 18,4 m e a altura do dossel entre 17,4 e 24,7 m.

As estações dessa fitofisionomia estão localizadas na porção externa do estuário (ilha da Rata) (ver Figura 11-118) e o processo de sucessão ecológica nessas estações ocorre de forma semelhante ao descrito para a Fitofisionomia 5. A ocorrência de *Laguncularia racemosa* no dossel associado ao desenvolvimento baixo a intermediário pode indicar que a floresta seja relativamente jovem, soma-se a essa informação a ocorrência dessa fitofisionomia em ilha formada por deposição sedimentar, ou seja, essas florestas ocupam uma área recentemente formada. Assim, conclui-se que essa seja uma floresta estabelecida há pouco tempo, estando em processo de amadurecimento

A Figura 11-132 ilustra o aspecto geral das florestas identificadas como pertencentes a essa fitofisionomia, onde se observa principalmente indivíduos de *Rhizophora* spp. com baixo desenvolvimento estrutural.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-132: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 9, exemplificada pela estação 26, onde se observa indivíduos de *Rhizophora* spp., com presença de *Avicennia germinans,* com baixo desenvolvimento estrutural. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia 10

As florestas que compõem a Fitofisionomia 10 possuem composição mista de *Rhizophora* spp. e *Avicennia germinans*, com predomínio de *Rhizophora* spp. O desenvolvimento estrutural é intermediário a alto. Há presença de indivíduos esparsos de *Avicennia germinans* de elevado dap e de grande contribuição de

Rhizophora spp. nas classes mais jovens. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp., em algumas estações, no entanto, *Avicennia germinans* pode também destacar-se no dossel.

Nessas florestas *Rhizophora* spp. apresenta contribuição variando entre 57,1 e 72,2% de área basal viva e *Avicennia germinans*, entre 25,6 a 42,5%. A contribuição em área basal morta é de até 4,7%. Na Fitofisionomia 10, as estações apresentam DAP médio entre 13,7 e 30,0 cm. A densidade registrada para as estações desta fitofisionomia encontra-se entre 522 e 2.457 tr.ha^{-1}. A altura média encontrada para essas estações está entre 8,0 e 16,2 m e a altura do dossel varia entre 23,1 e 35,6 m.

As estações dessa fitofisionomia estão localizadas predominantemente em canais abrigados. A maior parte das estações dessa fitofisionomia localiza-se na porção externa do estuário (ilha do Papagaio e entorno) (ver Figura 11-118). A ocorrência de raros indivíduos de *Avicennia germinans* com alto desenvolvimento estrutural indica a maturidade dessas florestas. A ocorrência de indivíduos jovens, de pequeno porte em grande quantidade, demonstra que a medida que houver abertura de clareiras pela morte das árvores maiores e mais antigas, a floresta é capaz de se regenerar. Essa fitofisionomia apresenta fortes semelhanças com a Fitofisionomia 2, pois ambas são florestas mistas de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp. e tendem ao alto desenvolvimento estrutural.

A Figura 11-133 ilustra o aspecto geral das florestas identificadas como pertencentes a essa fitofisionomia, com indivíduos de grande porte de *Rhizophora* spp. e de *Avicennia germinans*.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-133: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 10, estação 94, onde é possível observar indivíduos de *Rhizophora* spp., no primeiro plano à direita, e *Avicennia germinans*, centralizado em segundo plano, com desenvolvimento estrutural intermediário a alto. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

11.5.2.4.2. Síntese das Fitofisionomias

As faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação para as fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA) estão apresentadas na Tabela 11-13. Os parâmetros são: dominância relativa (área basal %), DAP médio (cm), altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}), área basal morta (%).

Na Tabela 11-14, estão resumidas as informações sobre as fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), com as respectivas estações de medição, a composição de espécies e a classe de desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-13: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia	Composição de espécies (%)			DAP médio (cm)	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal morta (%)
	Av	*Lg*	*Rh*					
1	32,8	48,8	16,9	1,4	3,4	2,0	23,673	1,5
2	51,2 - 68,6	0	31,3 - 44,4	18,0 - 26,8	24,6 - 33,0	7,1 - 17,1	582 - 1.319	0 - 4,4
3	64,5	0 - 4,8	22,3 - 28,1	7,8 - 9,9	16,5 - 20,9	8,2 - 9,2	2.627 - 6.167	7,4 - 8,5
4	44,1	0	36,6	7,5	18,1	12,1	6,719	19,3
5	72,2	22,7	2,3	7,3	16,6	10,0	7,500	2,8
6	77,3 - 91,6	0	0,1 - 11,6	8,3 - 23,1	14,0 - 26,3	8,3 - 15,6	616 - 5.250	2,6 - 12,3
7	0 - 3,5	0 - 0,1	90,5 - 100	10,4 - 34,7	21,6 - 36,2	5,6 - 28,1	266 - 3.177	0 - 9,5
8	0,3 - 17,1	0 - 7,3	69,7 - 89,4	11,5 - 28,1	26,1 - 33,0	9,4 - 25,2	315 - 2596	0 - 21,9
9	14,6 - 23,8	15,1 - 22,3	54,3 - 54,8	8,2 - 14,8	17,4 - 24,7	11,0 - 18,4	1.529 - 4.800	6,7 - 8,4
10	25,6 - 42,5	0	57,1 - 72,2	13,7 - 30,0	23,1 - 35,6	8,0 - 16,2	552 - 2.457	0 - 4,7

Legenda: *Av* = *Avicennia germinans*; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp.

Tabela 11-14: Fitofisionomias identificadas no estuário de São Caetano de Odivelas (PA): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural.

Estuário de São Caetano de Odivelas (PA)				
Fitofisionomia	**Estações de Medição**	**Composição**	**Composição do Dossel**	**Classe de Desenvolvimento Estrutural**
1	91	Mista, com predomínio de Lg, presença de Av e Rh	Dominado por Lg, com presença de Dominado por Av e Rh	Baixo
2	71, 85, 106, 112 e 115	Mista, com predomínio de Av, presença de Rh	Dominado por Av e Rh	Alto
3	21 e 35	Mista de Av e Rh, eventual presença de Lg	Dominado por Av e Rh	Baixo a Intermediário
4	18	Mista de Av e Rh	Dominado por Av e Rh	Baixo
5	28	Dominada por Av, com contribuição de Lg e Rh	Dominado por Av, com pequena presença de Lg	Baixo
6	9, 15, 68, 77 e 93	Dominada por Av, com contribuição de Rh	Dominado por Av	Intermediário (eventualmente baixo ou alto)
7	34, 38, 55, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 69, 78, 79, 86, 98, 99, 105, 107, 108, 111 e 114	Monoespecífica de Rh ou Dominada por Rh, eventual presença de Av e Lg	Dominado por Rh	Intermediário a Alto
8	20, 25, 30, 87, 96 e 113	Dominada por Rh Com contribuição de Av e Lg)	Dominado por Rh, com presença de Av ou Lg	Intermediário a Alto
9	26 e 92	Dominada por Rh, com presença de Lg e Av	Presença das três espécies	Baixo a Intermediário
10	5, 23, 51, 94, 95, 97, 102 e 109	Mista, com predomínio de Rh, presença de Av	Dominado por Rh, com presença de Av	Intermediário a Alto

Av = Avicennia germinans; Lg = Laguncularia racemosa; Rh = Rhizophora spp.

11.5.3. Floresta de Mangue Sistema Costeiro de Soure (PA)

11.5.3.1. Descrição geral

A área de estudo sistema costeiro de Soure abrange a costa leste e parte da costa norte da Ilha de Marajó, no município de Soure, abrangendo a área costeira situada entre as seguintes coordenadas: 0°44'10"S / 48°29'51"O, cidade de Soure; 0°15'54"S / 48°25'17"O, cabo do Maguary e 0°14'47"S / 48°40'23"O, proximidades da ilha do Machado. A costa leste é banhada pelo rio Pará e a costa norte, pelo oceano Atlântico (Figura 11-134). O rio Pará tem origem na confluência do rio Tocantins com partes de descarga do rio Amazonas e transporta um grande volume de água e matéria orgânica suscetível à sazonalidade da entrada de água doce em seus afluentes (EGLER *et al.*, 1962). O resultado é a formação de um sistema costeiro fluviomarinho com intensa descarga de água doce com a costa marcada pela presença de numerosos canais de escoamento da água doce continental, chamados de igarapés, característica marcante principalmente na costa leste da área de estudo.

Outro fator que contribui com o aporte de água doce é o regime de chuvas da região. Albuquerque *et al.* (2010), em seu levantamento climatológico, apontaram o norte-nordeste do estado do Pará como a região com maior precipitação acumulada média anual. A Ilha de Marajó, a região metropolitana de Belém e o Nordeste Paraense (região que abrange a área de estudo São Caetano de Odivelas) possuem uma precipitação acumulada média anual de 2.504mm, 2.568mm e 2.344mm, respectivamente. Essa característica marcante dessa área de estudo foi determinante no planejamento das campanhas para coleta de dados da vegetação de mangue, que considerou a relevância do aporte de água doce neste sistema, distribuindo as estações de medição ao longo do rio Pará e seus igarapés, na porção leste dessa área de estudo.

A caracterização das florestas de mangue do sistema costeiro de Soure é baseada em 3 campanhas para medição dos dados de estrutura da vegetação e duas campanhas de reconhecimento de campo, quando foram realizadas vistorias e visitas de campo, conforme relatado no item 11-3. As campanhas de reconhecimento percorreram – as duas juntas – quase todo o sistema costeiro de Soure – desde o sul da costa leste até os arredores do povoado de Araraquara, na costa norte. No total, foram realizadas medições em 36 estações de coleta de dados, realizadas vistorias em 122 estações e realizadas visitas em 6 locais (Figura 11-134). As vistorias e as visitas foram realizadas com a intenção de expandir espacialmente as observações das florestas quantificadas, ampliando a base de informações sobre as florestas de mangue que ocupam esse sistema. No caso dessa área de estudo, boa parte das vistorias foram realizadas na campanha de reconhecimento que percorreu a costa norte da Ilha de Marajó, onde a peculiaridade da vegetação e as condições encontradas durante essa campanha não permitiram a medição dos parâmetros de estrutura da vegetação. Quanto aos locais de visita, referem-se às áreas visitadas na primeira campanha de reconhecimento na costa leste, cujo objetivo era estabelecer as possibilidades de logística para as campanhas de medição nesta parte da costa da Ilha do Marajó.

A área de estudo do sistema costeiro de Soure foi compartimentada para fins de planejamento das campanhas e representação gráfica, considerando sua extensão e formato peculiar – uma estreita faixa costeira ao longo das costas leste e norte da Ilha de Marajó. Esses compartimentos, que optamos por denominar regiões, são descritos no sentido de sul para norte, tomando como referência a costa leste da Ilha de Marajó. Dessa forma, a área de estudo compreendeu quatro regiões da faixa litorânea da Ilha de Marajó: i) próxima ao centro urbano de Soure; ii) entre os igarapés do Céu e Turé; ii) entre os igarapés Envideira e Onça; e iv) ao norte da Ilha do Marajó, nas proximidades da região de Araraquara.

Destaca-se que os mapas apresentados a seguir são ilustrativos e que há, em algumas áreas, um desalinhamento da linha de costa que faz com que algumas estações de medição apareçam representadas na água, conforme mencionado no item 11.2 Métodos. Isso ocorre devido à diferença temporal e das escalas de representação das bases de dados utilizadas como base cartográfica e como base de dados para gerar a localização das estações de medição. No entanto, esclarecemos e ressaltamos que o posicionamento das estações, como apresentado nos mapas, está correto.

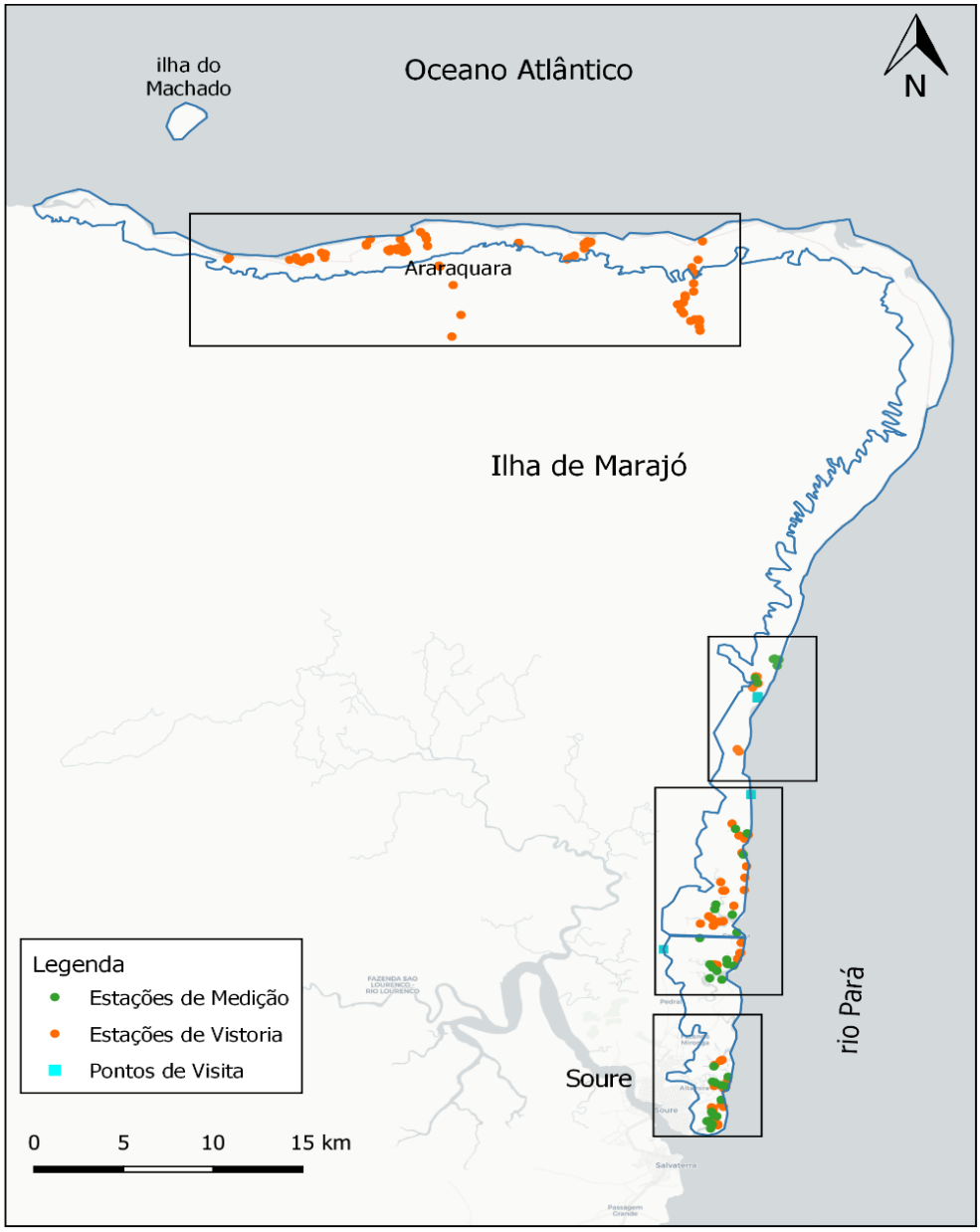


Figura 11-134: Estações de medição, vistoria e pontos de visita no sistema costeiro de Soure (PA). Os retângulos ao longo da costa indicam as regiões em que o sistema costeiro de Soure foi subdividido para fins de planejamento e execução das campanhas de coleta de dados e vistorias.

A primeira região encontra-se nas proximidades do centro urbano de Soure e compreende os igarapés próximos da cidade, onde registra-se grande atividade humana ligada à pesca, transporte marítimo e turismo. Os igarapés presentes nesta região são: igarapé do Farol, igarapé Glória e igarapé Barra Velha,

conforme ilustrado na Figura 11-135. Nesta região, foram realizadas 14 estações de medição e 18 estações de vistoria.

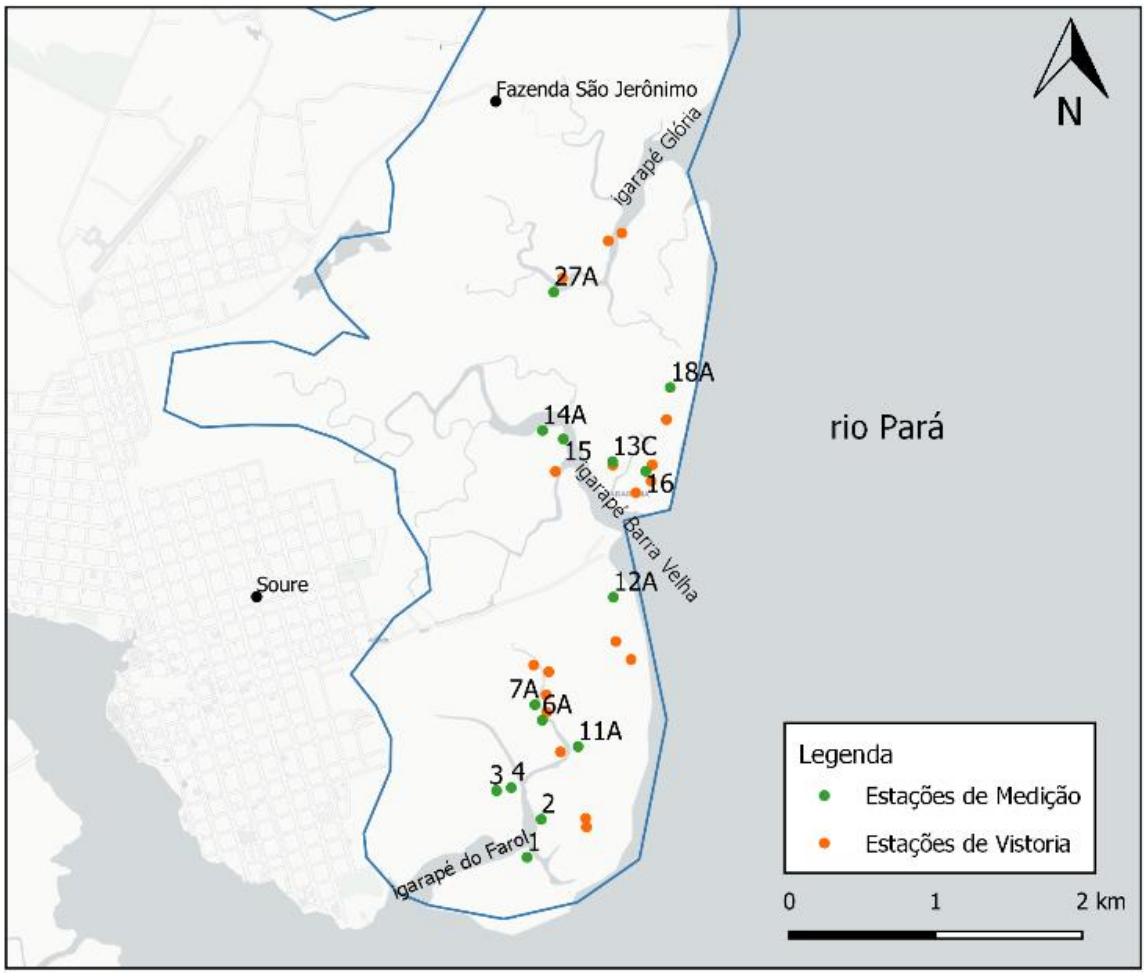


Figura 11-135: Faixa litorânea da área de estudo próxima ao centro urbano de Soure, na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). As estações de medição e vistoria distribuem-se pelos três igarapés principais, indicados na figura.

A segunda região compreende o trecho de costa nas proximidades do povoado Vila do Céu, seguindo pela faixa litorânea, até o igarapé Turé. Neste trecho, há uma atividade humana restrita à pesca e ao uso das praias para lazer. Os igarapés da região são: Céu – que dá nome ao povoado, Cajuuna e Turé, conforme ilustrado na Figura 11-136. É possível observar na Figura 11-136 que as estações de medição (16) se concentram no interior dos igarapés, com algumas delas localizadas próximo ao litoral. Grande parte das estações de vistoria (de um total de 24) estão concentradas na faixa de praia e braços de igarapés. Neste trecho da costa, foram registrados três pontos de visita, dois localizados no extremo norte da região, bem próximos um do outro; e um no limite da área de estudo, à esquerda, próximo a estação de medição 47A.

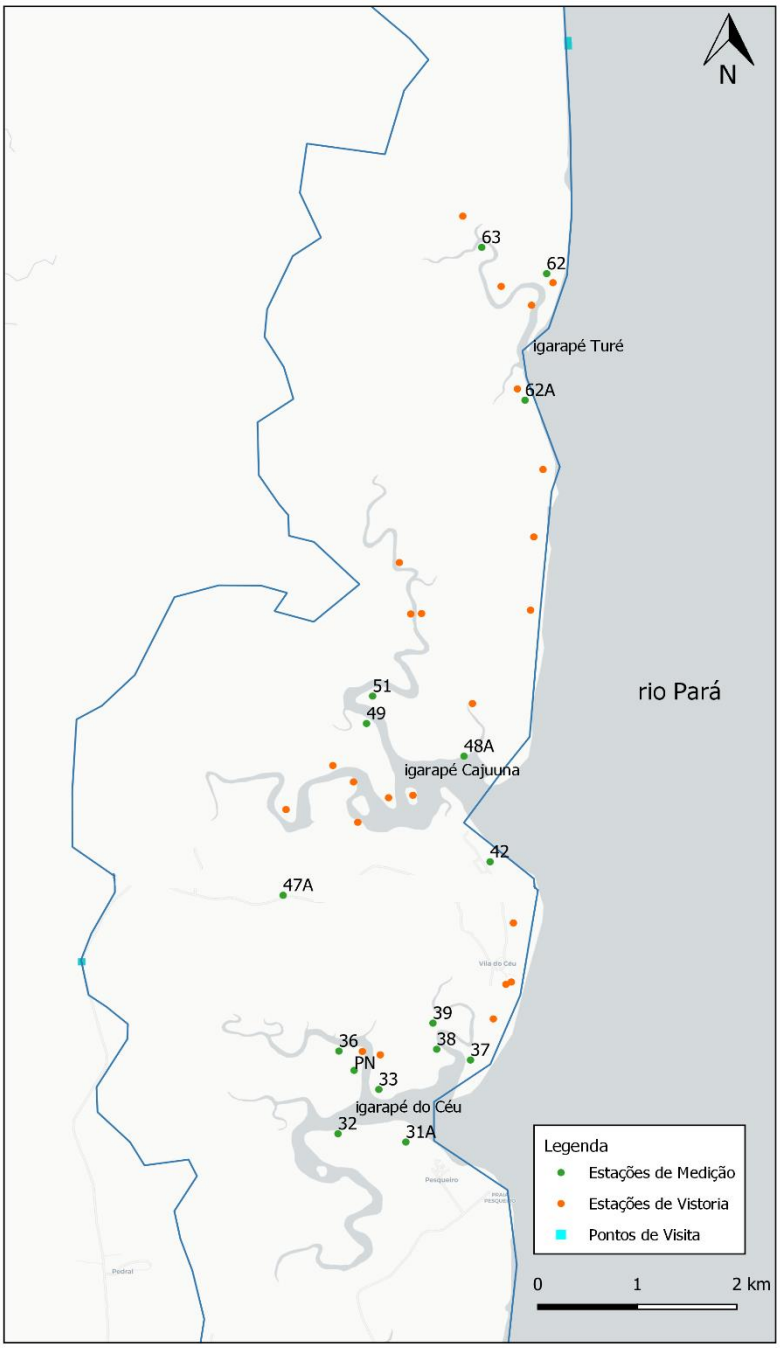


Figura 11-136: Faixa litorânea da área de estudo que compreende o trecho entre o igarapé do Céu e o igarapé Turé, na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

A terceira região do sistema costeiro de Soure representa o limite de localização de estações de medição e vistoria na costa leste da Ilha de Marajó. Esta região compreende três igarapés menores, denominados Envideira, Cambu e Onça (Figura 11-137), onde foram realizadas 6 estações de medição, 8 estações de vistoria e três pontos de visita. A atividade humana nesta área é bastante reduzida, restringindo-se a ocupação por fazendas de búfalo e pequenos povoados. Esta região, comparada às citadas anteriormente, é considerada remota e, por esse motivo, constituiu-se como o limite norte de distribuição das estações de medição, somado ao fato de que ao norte deste ponto a região é marcada por conflitos e violência, fatores que colocariam a equipe de campo em situações de insegurança. Conforme mencionado no item 11-3, esta

situação levou à redistribuição das estações de coleta de dados que estavam localizadas ao norte dessa terceira região.

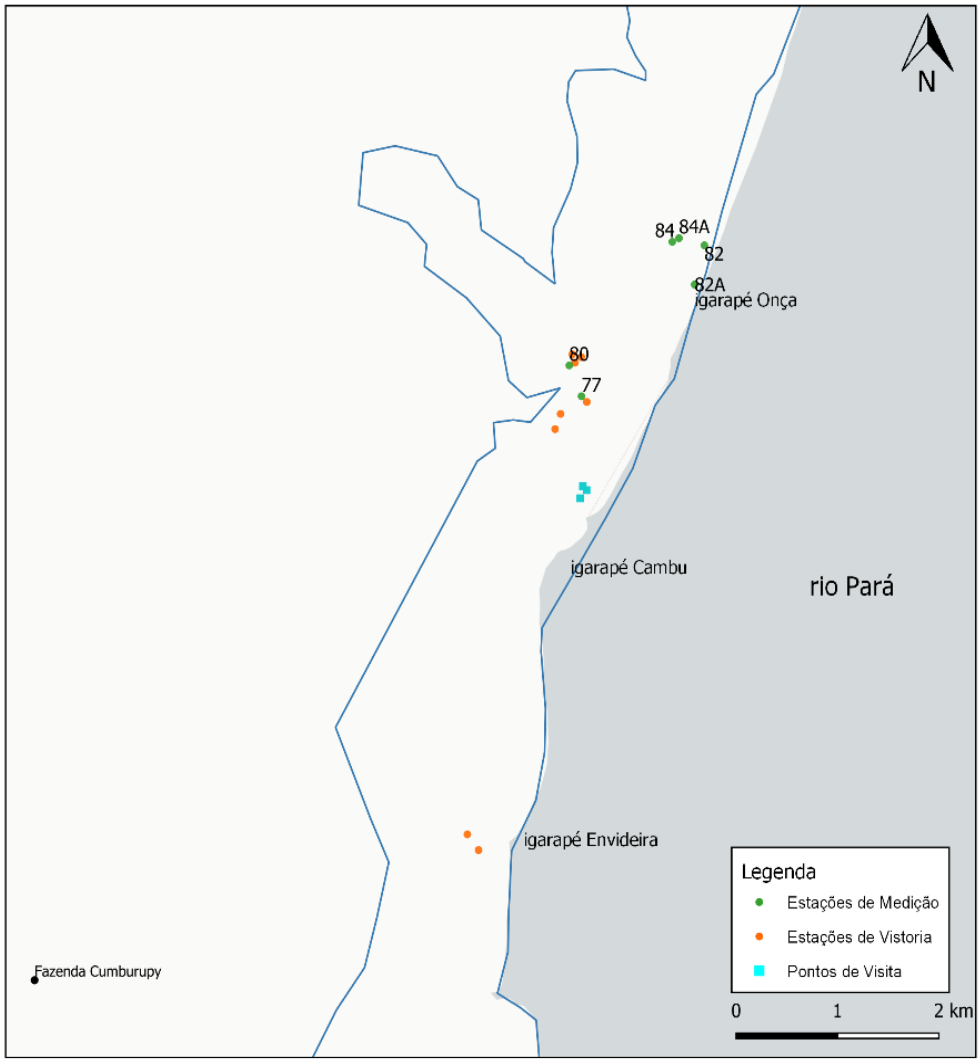


Figura 11-137: Faixa litorânea da área de estudo que compreende o trecho entre os igarapés Envideira e Onça, na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

Por fim, a última região visitada contempla parte da região norte da Ilha de Marajó, banhada pelo oceano Atlântico, nas proximidades do povoado de Araraquara e seus arredores, estendendo-se entre o igarapé Siriri e o maior igarapé da região, denominado Pacoval (Figura 11-138). Nesta área, a vegetação de mangue encontra-se muito mais esparsa, dando lugar a mata de várzea que, em geral, predomina na face atlântica da Ilha de Marajó. Nesta região, foram realizadas 72 estações de vistorias, conforme é possível observar na Figura 11-138.

Cabe ressaltar que, em virtude das características da vegetação nessa região, as vistorias realizadas foram consistentemente relatadas e documentadas por fotografias. Estas informações serão relatadas no item 11.4, pois não foi possível retornar a essa região para realizar campanhas de medição, conforme informado no item 11.3.

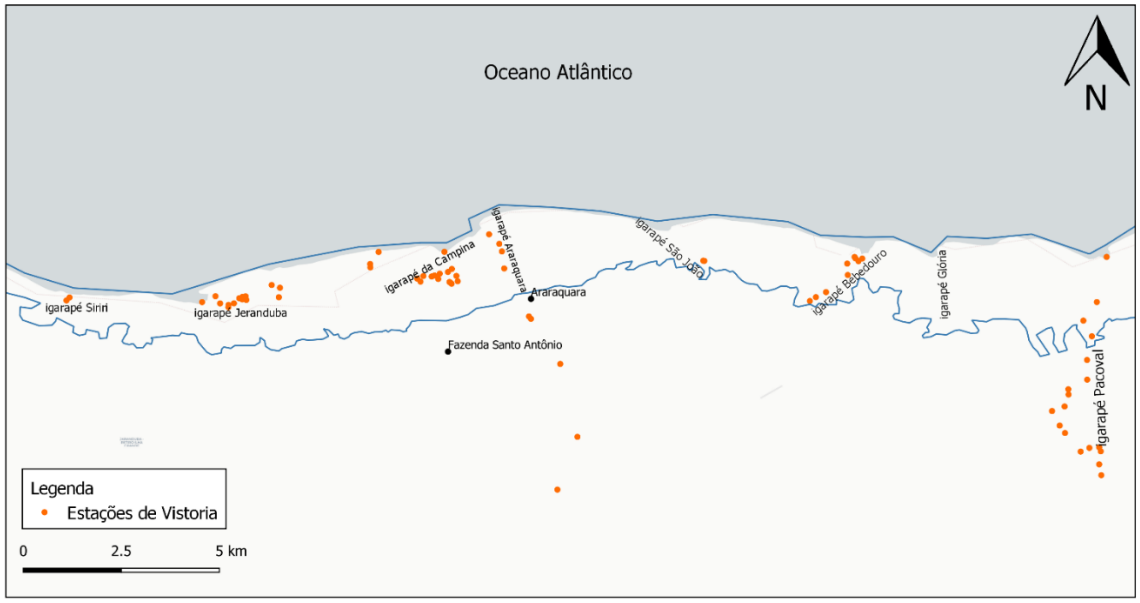


Figura 11-138: Faixa litorânea da área de estudo que contempla o norte da Ilha de Marajó, nas proximidades do povoado de Araraquara, no trecho entre o igarapé Siriri e o igarapé Pacoval.

Na Tabela 11-15, estão apresentados os resultados dos parâmetros da estrutura da vegetação, calculados a partir dos dados registrados nas estações de medição localizadas na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Os parâmetros são: altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), DAP médio (cm), densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}), área basal total viva (m^2.ha^{-1}) e a área basal relativa (%) ocupadas pelas espécies encontradas nestas florestas e de acordo com a condição, se vivo ou morto

Tabela 11-15: Dados de estrutura da vegetação nas estações de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). *Av* = *Avicennia* spp.; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.; As = Espécies associadas.

Estação	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	DAP médio (cm)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal viva (m^2.ha^{-1})	Área basal viva (%)				Área basal morta (%)			
						Av	*Lg*	*Rh*	As	*Av*	*Lg*	*Rh*	As
1	10,0 ± 8,3	25,3	11,3	2.960	29,8	67,0	0	29,0	0	4,0	0	0	0
2	10,0 ± 10,1	37,1	14,5	1.964	32,6	5,4	0	94,5	0	0	0	0,1	0
3	18,9 ± 10,2	30,8	21,9	688	25,8	0	0	99,5	0	0	0	0,5	0
4	15,9 ± 10,1	32,0	20,6	1.062	35,5	0	0	98,4	0	0	0	1,6	0
6	11,0 ± 9,7	29,5	17,3	1.476	34,7	0	0	95,8	2,6	0	0	0,4	1,2
7	13,5 ± 9,9	30,4	19,7	1.070	32,8	0	0	83,6	14,7	0	0	1,7	0
11	10,7 ± 11,8	37,4	18,6	914	24,9	0	0	83,7	4,2	0	0	12,0	0
12	6,5 ± 6,3	22,6	15,5	2.192	41,4	0	0,1	92,5	3,4	0	0	3,6	0,3
13C	7,3 ± 9,8	37,3	16,3	1.396	29,3	0	0,2	99,1	0	0	0	0,6	0
14	9,2 ± 9,8	31,8	19,0	1.111	31,4	0	0	97,2	1,5	0	0	1,2	0
15	9,3 ± 5,3	19,0	9,9	2.832	21,7	47,5	17,8	31,9	0	0	0	2,7	0
16	35,3 ± 9,9	41,9	37,3	303	33,1	0	0	99,1	0	0	0	0,9	0
18	30,6 ± 10,8	40,1	28,3	432	27,1	0	0	95,7	0	0	0	4,3	0
27A	7,5 ± 2,2	9,8	16,2	2.000	41,4	33,4	0	20,6	43,3	0	0	0,6	1,9

Tabela 11-15: Continuação.

Estação	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	DAP médio (cm)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal viva (m^2.ha^{-1})	Área basal viva (%)				Área basal morta (%)			
						Av	*Lg*	*Rh*	As	*Av*	*Lg*	*Rh*	As
31	17,1 ± 7,8	24,0	36,5	303	31,6	4,5	0	87,2	0,2	6,5	0	1,5	0
32	27,6 ± 9,7	37,9	25,4	600	30,4	5,6	2,7	90,1	0	0	0	1,7	0
33	20,1 ± 8,6	32,1	25,0	692	33,9	0	0	99,1	0	0	0	0,8	0
36	10,3 ± 6,5	20,0	10,5	2.076	18,3	2,8	11,4	83,2	0	0	1,4	2,2	0
37	7,7 ± 9,7	31,4	15,9	1.420	28,2	0	2,3	96,7	0,4	0	0,3	0,3	0
38	15,7 ± 7,3	24,5	24,5	436	20,6	0	0	99,7	0	0	0	0,3	0
39	8,7 ± 10,4	32,5	20,9	875	29,9	0	0,6	97,3	1,6	0	0,4	0	0
42	13,6 ± 2,0	31,4	16,7	750	16,4	0	0	94,8	0	0	0	5,2	0
47	7,8 ± 9,3	29,7	23,9	943	42,2	63,1	1,2	35,1	0	0	0,4	0,2	0
48	15,1 ± 7,8	26,2	15,5	1.461	27,6	0	11,1	88,7	0	0	0	0,2	0
49	13,7 ± 9,4	29,6	19,6	1.185	35,7	0	0	93,7	5,7	0	0	0,6	0
51	17,7 ± 10,7	32,7	28,5	644	41,0	5,0	0,1	78,7	8,8	5,0	0,9	1,4	0
62	19,1 ± 9,1	31,4	17,1	611	14,0	0,9	0	98,0	0	0	0	0,6	0,4
62A	19,9 ± 11,3	30,9	23,6	604	26,5	0	0	99,8	0	0	0	0,2	0
63	11,4 ± 10,8	30,1	33,2	510	44,1	0	0	98,8	0,4	0	0,1	0	0,7
77	6,8 ± 3,0	9,8	9,2	2.092	13,9	0	99,1	0	0	0	0,9	0	0
80	17,7 ± 7,6	26,6	34,6	443	41,8	22,1	0	77,4	0	0	0	0,5	0
82	9,8 ± 3,8	13,1	11,9	1.056	11,8	63,0	13,2	23,9	0	0	0	0	0
82A	5,7 ± 2,2	9,9	4,6	9.900	16,3	14,2	3,2	81,7	0	0,8	0	0	0
84	22,5 ± 5,5	27,5	48,2	174	31,8	50,1	0	45,3	0	4,6	0	0	0
84A	17,1 ± 8,4	28,8	26,6	676	37,7	51,3	0	40,7	0,2	7,7	0	0	0
PN	12,6 ± 8,0	24,9	20,5	817	26,9	0	0	97,7	1,9	0	0	0,4	0

Nas florestas de mangue da costa leste do sistema costeiro de Soure, foi observada a presença de indivíduos das espécies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora* spp. A presença de espécies terrestres e de água doce associadas aos ecossistemas manguezais visitados foi uma constante nessa área de estudo.

Entre as espécies quantificadas, *Rhizophora* spp. apresentaram a maior dominância relativa nesta área de estudo (80%), seguida por *A. germinans* (12%), *L. racemosa* (5%) e espécies associadas (3%), como pode ser observado na Figura 11-139.

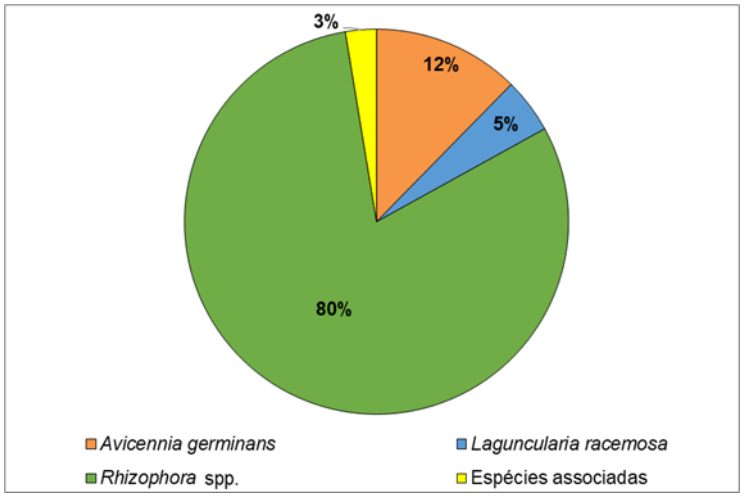


Figura 11-139: Dominância relativa (%) das espécies de mangue na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

As espécies associadas encontradas neste estudo representam diferentes espécies tolerantes à salinidade e eventualmente incluem espécies terrestres, sendo a corticeira, *Pterocarpus officinalis* (Figura 11-140), uma das espécies associadas mais recorrentes nas estações visitadas.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-140: Vegetação associada presente em toda costa leste do sistema costeiro de Soure (PA), com destaque para a corticeira *Pterocarpus officinalis*, árvore que apresenta mecanismos fisiológicos para tolerar baixos níveis de salinidade.

A distribuição espacial da dominância relativa de espécies de mangue e associadas na costa leste do sistema costeiro de Soure está representada na Figura 11-141, onde cada estação de medição é representada por um gráfico com sua respectiva contribuição relativa em área basal por espécie.

Cabe destacar que a dominância de *Rhizophora* spp. não é uniforme em toda área de estudo, de modo que existem estações que são dominadas por *A. germinans* (estação 1 e 82); *L. racemosa* (estação 77) e algumas com presença significativa de espécies associadas (estação 27A) (Figura 11-141).

A *Rhizophora* spp. apresenta a maior contribuição de área basal em toda área estudada, tendendo a ocupar as áreas mais próximas às margens do rio Pará (Figura 11-141). As espécies associadas, de modo geral,

ocupam o interior dos igarapés, como pode ser observado nas ampliações das faixas litorâneas nas proximidades da área urbana de Soure e na faixa litorânea entre o igarapé do Céu e igarapé Turé (Figura 11-141, ampliações A e B, respectivamente). *Aviccennia germinans* e *Laguncularia racemosa* ocupam majoritariamente a faixa litorânea entre os igarapés Onça e Envideira, onde a importância relativa de *Rhizophora* spp. é reduzida (Figura 11-141, ampliação C).

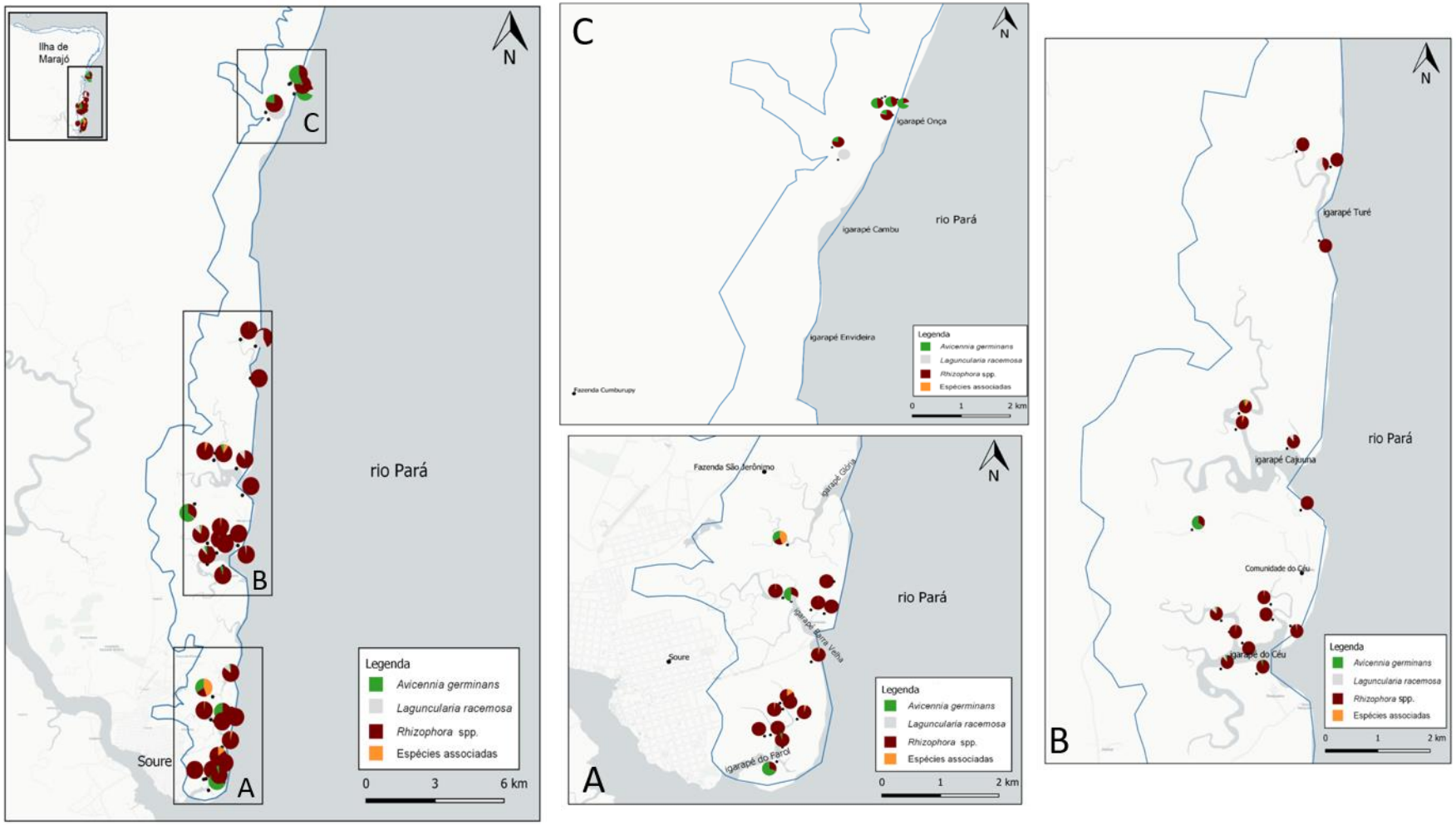


Figura 11-141: Dominância relativa (%) das espécies de mangue e associadas nas estações de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Nos detalhes, a ampliação das faixas litorâneas da área de estudo próxima ao centro urbano de Soure (A); no trecho entre os igarapés do Céu e Turé (B) e no trecho entre os igarapés Envideira e Onça (C).

A Figura 11-142 apresentada a dominância relativa das espécies de mangue, a partir da contribuição em área basal, encontrada em cada estação de medição agregando-se a informação de condição – vivo ou morto – dos troncos registrados.

Rhizophora spp. esteve presente na quase totalidade das estações, somente não foi encontrada na estação 77. Esta espécie apresentou dominância em área basal – contribuição superior a 75% – em 29 das 36 estações medidas; sendo que em 15 delas, sua contribuição atingiu 100% (ver Figura 11-142). *Avicennia germinans* está presente em 13 estações, com contribuição em área basal acima de 50% somente em cinco estações – 1, 47, 82, 84 e 84A. *Laguncularia racemosa* foi encontrada em 14 estações, e sua maior contribuição em área basal viva registrada foi de 17,8 % (estação 15), exceto na estação 77, onde apresentou 100% de área basal total – viva e morta. As espécies associadas estiveram presentes em 15 estações e atingem sua maior representatividade em área basal viva na estação 27A com 43,35%.

A contribuição em área basal morta supera 10% apenas na estação 11, uma floresta dominada por *Rhizophora* spp.; nas demais estações, a contribuição em área basal morta mantém-se abaixo de 5%.

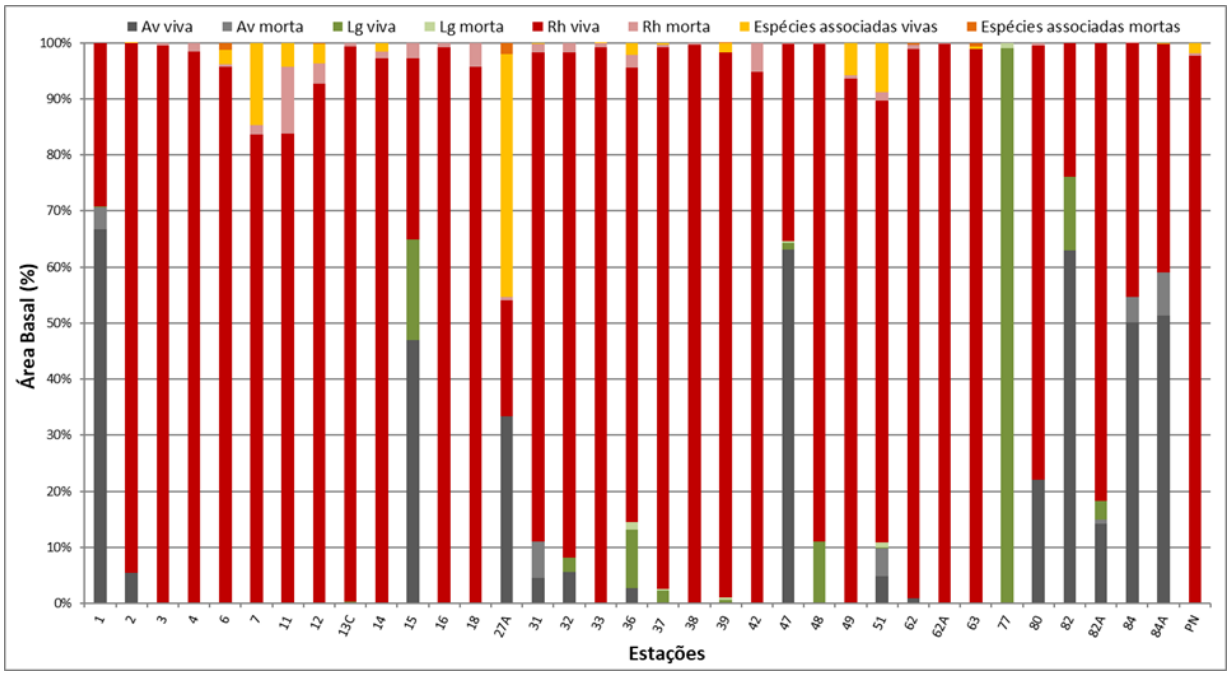


Figura 11-142: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição da costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Av = *A. germinans*; Lg = *L. racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

A altura média das árvores na costa leste do sistema costeiro de Soure variou entre 5,7 m (estação 82A) e 35,3 m (estação 16) e a altura média do dossel, entre 9,8 m (estações 27A e 77) e 41,9 m (estação 16) (Figura 11-143). Apesar da expressiva variação da altura média das árvores, os resultados revelam que as florestas desta região figuram entre as mais altas quando comparadas com as outras áreas de estudo deste projeto.

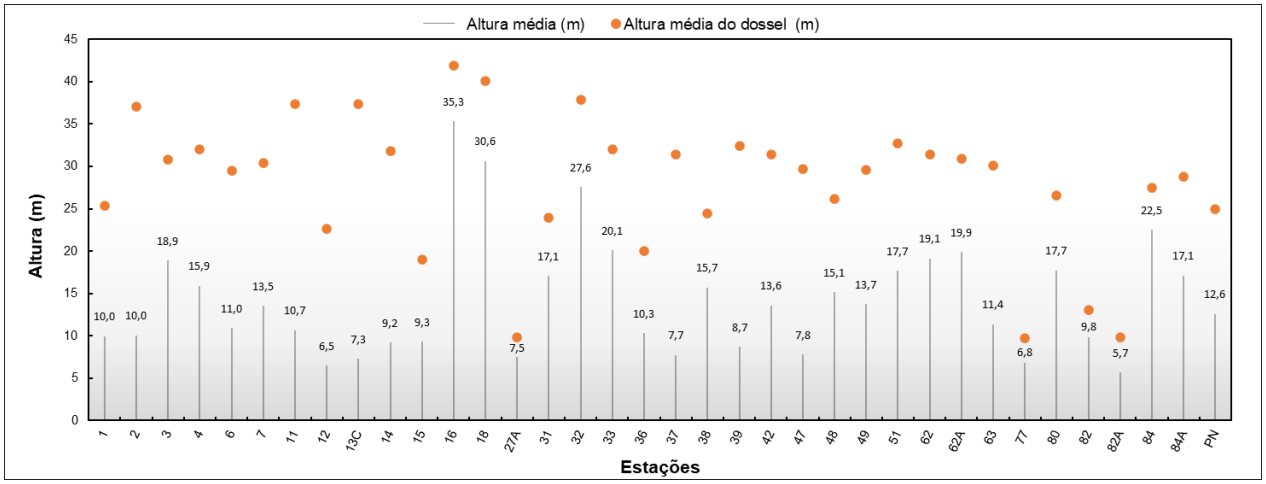


Figura 11-143: Altura média das florestas e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) por estação de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

A altura média do dossel está acima de 22 m em 83% das estações seguida da faixa de altura intermediária, entre 11 m e 22 m, que agrupa 8% das estações (Figura 11-144). Em 9% das estações, esse parâmetro é inferior a 11 m. As três estações com maior altura média do dossel foram as estações 16, 18 e 32 (ver Figura 11-143). Estas se encontram na faixa litorânea próximas à cidade de Soure: nas proximidades do igarapé Barra Vermelha (estações 16 e 18) e no interior do igarapé do Céu (estação 32).

Estes resultados indicam que a maior parte das estações de medição representam florestas em uma faixa superior de altura de dossel (Figura 11-144), e que, portanto, as florestas da costa leste do sistema costeiro de Soure tendem a ser bastante desenvolvidas estruturalmente.

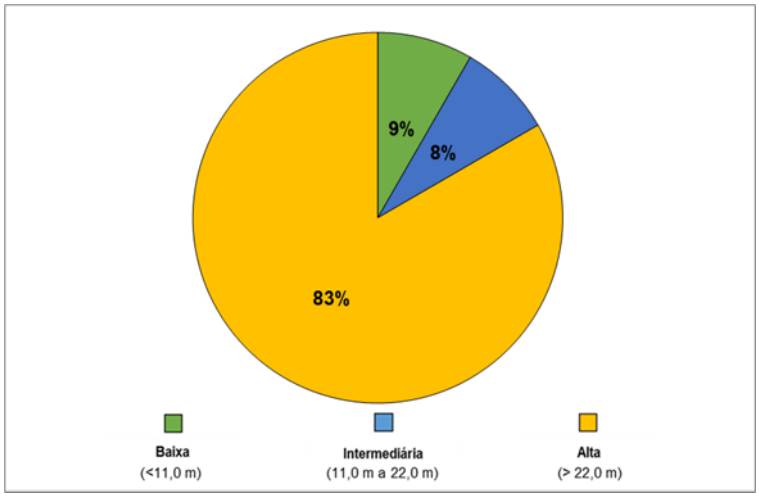


Figura 11-144: Distribuição relativa das estações de medição por classes de altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

Os valores de DAP médio são classificados como representativos de baixo desenvolvimento estrutural quando são inferiores a 9 cm; como de desenvolvimento intermediário quando os valores se situam entre 9 e 18 cm; e como de alto desenvolvimento quando são superiores a 18 cm, conforme apresentado no Capítulo 11.2 Métodos.

Na costa leste do sistema costeiro de Soure, os resultados de DAP médio por estação variaram entre 4,6 cm e 48,2 cm (Figura 11-145). Esta variação expressiva sugere a existência de florestas com diferentes

graus de desenvolvimento estrutural. Apesar desta heterogeneidade estrutural, é possível afirmar que as florestas de mangue deste sistema encontram-se na classe de alto desenvolvimento estrutural quando o parâmetro analisado é o DAP médio, que é superior a 18 cm na maioria das estações de medição (ver Figura 11-145).

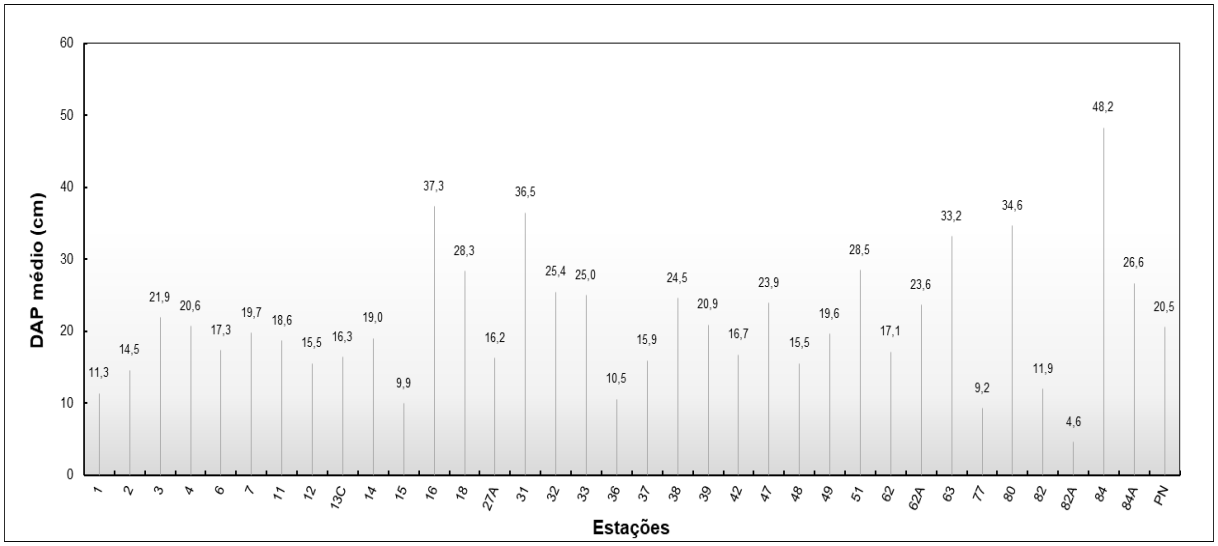


Figura 11-145: DAP médio (cm) por estação de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

Os valores de densidade nas estações de medição da costa leste do sistema costeiro de Soure variaram entre 174 tr.ha^{-1} e 9.900 tr.ha^{-1} (Figura 11-146). A Figura 11-147 apresenta a espacialização dos dados de densidade de acordo com as classes *baixa* (densidade até 1.000 tr.ha^{-1}), *intermediária* (densidade entre 1.000 e 2.820 tr.ha-1) e *alta* (densidade acima de 2.820 tr.ha^{-1}). É possível observar que na porção mais ao sul, próxima ao centro urbano de Soure (Figura 11-147, A), encontram-se as estações com densidades intermediárias e altas enquanto na porção mais ao norte (Figura 11-147, B), entre os igarapés do Céu e Turé, os valores de densidade registrados são mais baixos. A densidade na porção no limite norte das estações de medição (Figura 11-147, C) não seguiu esse padrão, ocorrendo estações com valores de densidade dentro das três classes.

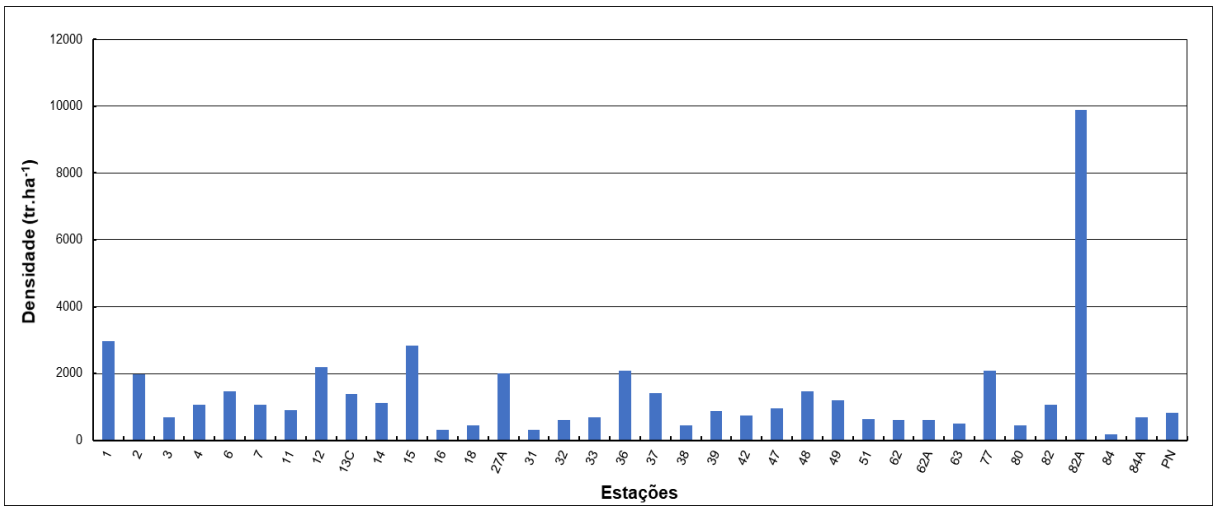


Figura 11-146: Densidade (tr.ha^{-1}) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). É possível perceber que a maior parte das estações encontra-se até o limiar de 2000 tr.ha^{-1}, isto é, valores baixos e intermediários de densidade.

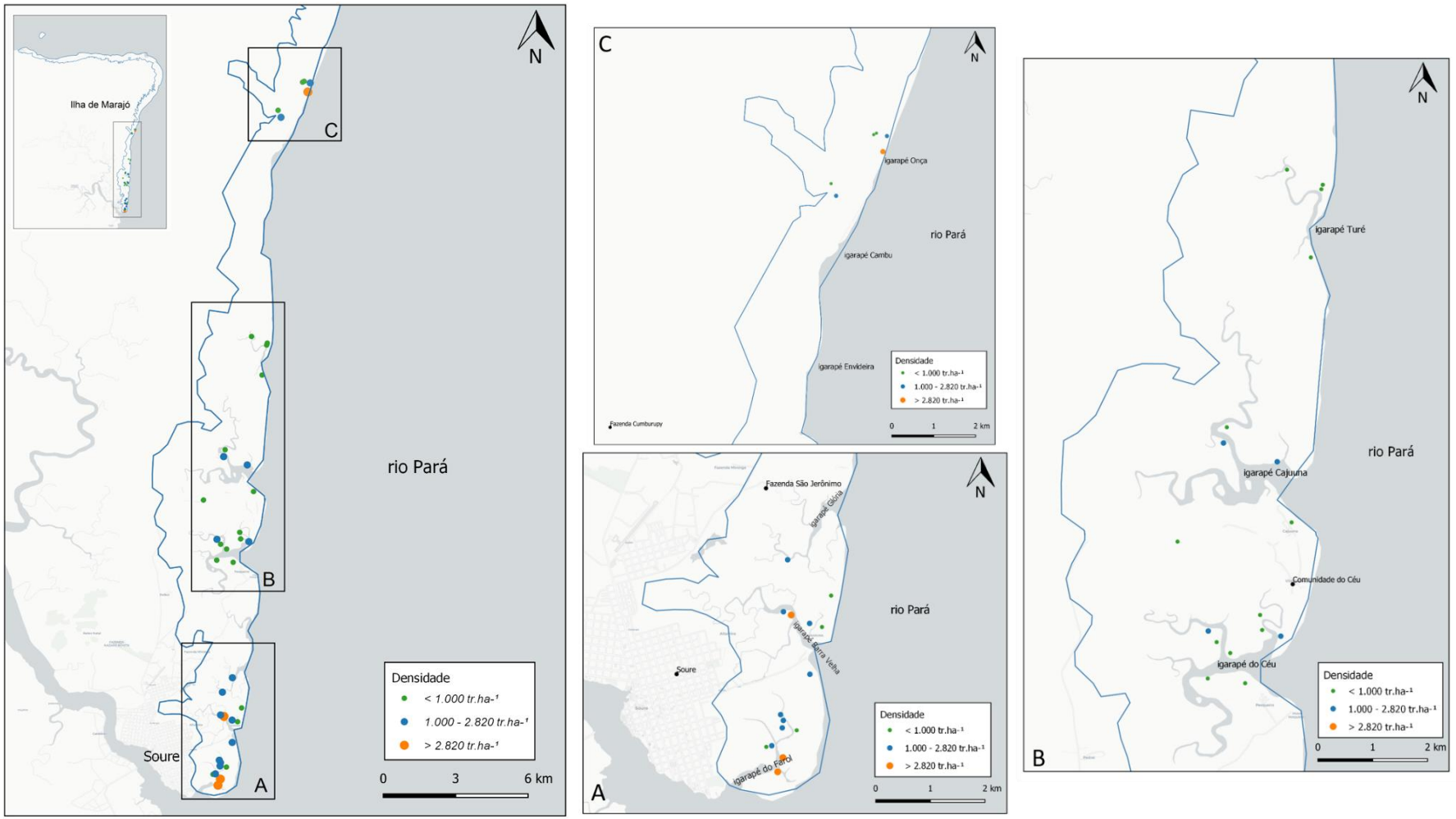


Figura 11-147: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Nos detalhes, a ampliação das faixas litorâneas da área de estudo próxima ao centro urbano de Soure (A); no trecho entre os igarapés do Céu e Turé (B) e no trecho entre os igarapés Envideira e Onça (C).

A costa leste do sistema costeiro de Soure, portanto, apresenta florestas com predomínio de estações com baixa densidade (Figura 11-148). De uma forma geral, este padrão está bem relacionado aos dados de altura e é um indicativo de que as florestas desse segmento da costa são bem desenvolvidas.

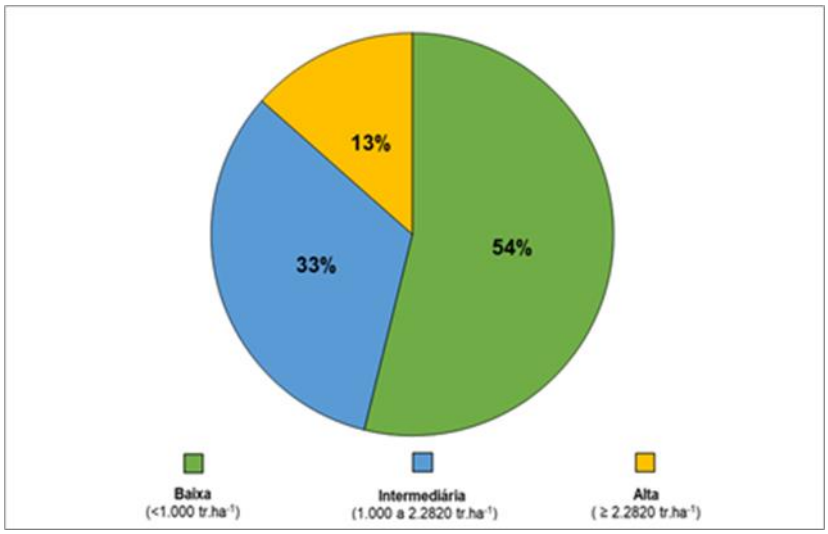


Figura 11-148: Distribuição relativa das estações de medição por classe de densidade de troncos vivos na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

11.5.3.2. Desenvolvimento estrutural

O desenvolvimento estrutural de uma floresta de mangue é estabelecido a partir de uma relação entre as forçantes ambientais, que podem subsidiar ou drenar energia do ecossistema. Este balanço determina o maior ou menor desenvolvimento estrutural de uma dada floresta. A avaliação do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue é indispensável para a análise do seu estado de amadurecimento e conservação. Neste contexto, as estações de medição da costa leste do sistema costeiro de Soure foram classificadas quanto ao desenvolvimento estrutural de acordo com os critérios apresentados no item 11.2.3.2. Considerando as florestas amostradas na costa leste do sistema costeiro de Soure, em um total de 36 estações de medição, 23 apresentaram alto desenvolvimento estrutural; 12, desenvolvimento intermediário e 1 estação, baixo desenvolvimento.

Conforme mencionado no item 11.2.3.2, a análise de correlação entre os valores de densidade e DAP médio das estações foi uma das ferramentas utilizadas na integração desses importantes parâmetros descritores da estrutura da vegetação para avaliar o desenvolvimento estrutural das florestas. O modelo comparativo entre o DAP médio e a densidade de troncos desenvolvido por Jimenez *et al.* (1985), com o objetivo de estudar a mortalidade em florestas de mangue, foi utilizado como instrumento para a análise do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue a partir da relação entre esses dois parâmetros.

A Figura 11-149 apresenta a comparação entre o resultado da dispersão dos valores de densidade e DAP médio obtidos nas estações de medição na costa leste do sistema costeiro de Soure e o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985).

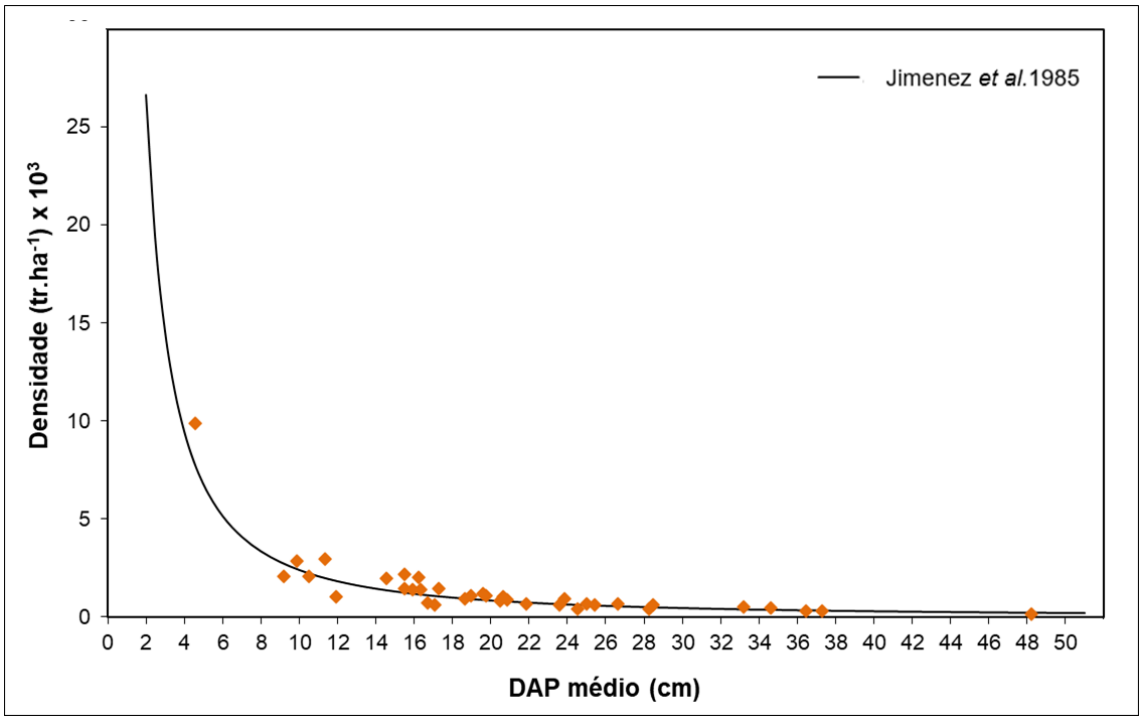


Figura 11-149: Densidade (tr.ha^{-1}) e DAP médio (cm) das estações medidas no sistema costeiro de Soure (PA). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): y= 74960 x$^{-1,493}$.

O ajuste dos dados ao modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985) pode ser observado pela proximidade entre os pontos, que representam as estações, e a curva do modelo. No caso das florestas de mangue do sistema costeiro de Soure (PA), a comparação entre os resultados de densidade e DAP e a curva apresentada por Jimenez *et al.* (1985) mostra que a maior parte dos resultados da correlação é consistente com o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985), ou seja, estão próximos à curva.

Assim, pode-se afirmar que o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue do sistema costeiro de Soure está bem representado pelo modelo de Jimenez *et al.* (1985) e indica uma floresta de desenvolvimento estrutural intermediário a elevado. Essa condição é evidenciada pela distribuição da maioria das estações na porção da curva em que esta tende a ficar paralela ao eixo do DAP médio, pois possuem DAP médio alto (acima de 16 cm) combinado a baixas densidades (inferiores a 1.000 tr.ha^{-1}), características indicadoras do alto desenvolvimento estrutural. O restante das estações encontram-se na faixa intermediária de desenvolvimento com densidade superior a 1.000 tr.ha^{-1} e DAP inferior a 16 cm. Uma estação apenas destaca-se das demais, por apresentar DAP médio abaixo de 6 cm e densidade próxima a 10. 000 tr.ha^{-1}, indicando estar em estágio de desenvolvimento estrutural diferente da maioria das estações de medição. Esse ajuste dos dados observados ao modelo de Jimenez *et al.* (1985) indica que a maior parte das florestas estudadas é controlada pelo processo natural de amadurecimento, estando submetidas à reduzida ação de distúrbios e tensores, que possam interferir na relação DAP Médio/densidade.

11.5.3.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue

A costa leste do sistema costeiro de Soure é dominada por florestas de *Rhizophora* spp., conforme mencionado, e está sob forte influência fluviomarinha, condição que permite a ocupação por espécies vegetais terrestres associadas, não caracterizadas como espécies de mangue. Menezes *et al.* (2008) observaram nas florestas do sistema costeiro de Soure a presença das espécies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora harrisonni*, *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora mangle* e outras vegetações terrestres associadas. A ocupação majoritária de *Rhizophora* spp. na costa leste do sistema costeiro de Soure está em conformidade com o esperado para a região, pois há no estuário uma menor concentração de salinidade em função da influência fluvial que favorece o estabelecimento dessas espécies.

A espécie *A. germinans* possui contribuição reduzida na costa leste do sistema costeiro de Soure, distribuição que pode ser influenciada pela fisiologia dessa espécie. Menezes *et al.* (2008) constataram que na ilha do Marajó como um todo, a ocupação de *A. germinans* se restringe aos locais de topografia mais elevada e valores mais altos de salinidade, condições incomuns na costa leste do sistema costeiro de Soure.

As espécies associadas, como mencionado anteriormente, representam uma variedade de espécies terrestres que podem coexistir com o manguezal. Entre as condições para que estas espécies subsistam, destaca-se a salinidade baixa, pois estas contam com mecanismos ecofisiológicos de tolerância ao sal (ALMEIDA, 1996). Neste estudo, embora o levantamento fitossociológico tenha como foco as espécies de mangue, as espécies associadas foram registradas e contabilizadas quando presentes nas estações de medição.

Nesta área de estudo, o sistema manguezal e várzea são interligados por correntes fluviais e fluxos de marés que asseguram uma dispersão das espécies associadas tanto para o interior do estuário quanto para a linha de costa, especialmente onde a salinidade é baixa (LOUBRY, 1995). Esta característica hidrodinâmica explica a maior diversidade de espécies vegetais encontrada nas regiões estuarinas da ilha do Marajó quando comparadas com as regiões expostas à maior influência marinha no Pará, que restringem sua ocupação exclusivamente com vegetação de mangue (ALMEIDA, 1996).

Os resultados da estrutura da vegetação no sistema costeiro de Soure seguem o padrão geral esperado de relação entre os parâmetros analisados. Assim como para outras áreas, observa-se a relação positiva entre o desenvolvimento estrutural com o DAP médio, as alturas média e de dossel e a área basal; enquanto a relação entre o desenvolvimento estrutural com a densidade é negativa. A ocorrência de florestas em diferentes estágios de desenvolvimento estrutural é esperada e compatível com florestas saudáveis e bem conservadas.

Considerando o desenvolvimento estrutural, os resultados do presente levantamento mostraram-se compatíveis com os de outros estudos realizados nessa área. Apesar da grande amplitude de valores de altura média observada nas estações de medição da costa leste do sistema costeiro de Soure, é possível afirmar que os valores encontrados neste estudo são superiores a valores registrados por Menezes *et al.* (2008) que encontraram altura máxima de dossel de 25 m na região de Vigia (PA), ao passo que no sistema costeiro de Soure, identificamos que a maior parte das estações possui altura de dossel superior a 25 m.Considerando a média de altura das estações de medição (14,3 m), é notável que o resultado do presente levantamento é similar ao encontrado por Carvalho (2016), que descreveu bosques de mangue no sistema costeiro de Soure com valores médios de altura de 11,6 m.

Destaca-se o predomínio de florestas com alto desenvolvimento estrutural nessa área de estudo. Essa tendência pode, de maneira geral, indicar que há condições ambientais favoráveis ao natural desenvolvimento estrutural, permitindo que as florestas alcancem estrutura próxima ao potencial máximo da vegetação dessa área de estudo.

A partir desta análise, é possível afirmar que as florestas do sistema costeiro de Soure estão entre as de maior desenvolvimento estrutural das áreas de estudo do Projeto Costa Norte. A espécie predominante é *Rhizophora* spp., cujos indivíduos figuram entre as árvores com maior altura de dossel quando comparadas às demais áreas de estudo, atingindo os 40 m de altura.

11.5.3.4. Vistoria dos manguezais no norte da Ilha de Marajó (PA)

11.5.3.4.1. Descrição geral

A avaliação dos tipos de vegetação presentes na porção norte da Ilha de Marajó, próximo ao povoado de Araraquara, foi realizada integralmente a partir de vistorias, pois não foi possível retornar a essa região da área de estudo durante o período de execução do Projeto em virtude das difíceis condições de acesso e prolongados períodos de chuva. Assim, a avaliação da vegetação nessa região baseou-se no levantamento de campo (vistorias) e no mapeamento da vegetação produzido a partir da análise de imagens de satélites de alta resolução. As vistorias foram realizadas considerando a diversidade paisagística desse trecho da costa da ilha do Marajó e contemplou as áreas costeiras como: comunidades florestais, igarapés, praias e cordões arenosos. Assim, os resultados encontrados apresentam, de maneira geral, as características e a distribuição das espécies de mangue dentro da comunidade vegetal presente na região.

A área costeira localizada na região norte da Ilha de Marajó (PA), entre o igarapé Pacoval e as proximidades da ilha do Machado, apresentam características de vegetação litorânea bastante singulares quando comparadas às demais áreas de estudo desse Projeto. A descarga de água doce do rio Amazonas é de tal magnitude que sua influência é fortemente percebida nas águas costeiras dessa região, construindo um domínio fluviomarinho em toda sua extensão. Essa configuração ambiental promove mudanças hidrodinâmicas expressivas, sendo observados transportes de deriva litorânea, com ampla variação de direção e velocidade, associados aos sistemas fluviais e marinhos da costa norte da ilha do Marajó. O balanço sempre favorável ao fluxo do rio, devido à grande magnitude da descarga fluvial, promove uma expressiva redução de salinidade neste trecho da costa. Essa grande magnitude de descarga fluvial não permite que a energia das marés se sobreponha ao escoamento da água doce; nesta situação a energia da maré atua represando a água doce, ou com salinidade reduzida, no interior dos igarapés e nas praias. Nesse contexto, a energia da maré, ao atuar no represamento da água doce, provoca o aumento da altura do nível da água sem, entretanto, aumentar a salinidade. Com isso, nesse trecho da costa norte da ilha do Marajó, a variação da maré não adiciona água de maior salinidade ao sistema. Conforme mencionado, a onda de maré apenas represa o fluxo do rio Amazonas e de água doce dos igarapés.

A vegetação costeira responde a estas forças hidrodinâmicas e apresenta uma clara mistura entre espécies vegetais de ambientes terrestres, dulcícolas (várzea) e marinhos que se desenvolvem segundo padrões geomorfológicos cíclicos de erosão (Figura 11-150) e sedimentação costeira. Dessa forma, as áreas costeiras são ocupadas por vegetações arbóreas e arbustivas que colonizam e se desenvolvem segundo adaptações próprias a dinâmica ali presente, sendo difícil dissociá-las de seus ambientes ou mesmo associá-las às características clássicas de definição de ecossistemas caracterizando-se como um conjunto único e particular de vegetação típica de vários ambientes.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-150: Frente erosiva da Ilha de Marajó (detalhe para árvores tombadas e caídas).

Nesse cenário, as espécies típicas de mangue ocorrem tanto em pequenos agrupamentos como misturadas a outras vegetações e, dessa forma, se distribuem por toda a face norte da Ilha de Marajó. Nessa região, encontram-se indivíduos dos três gêneros característicos de mangue do litoral brasileiro, nas condições mencionadas anteriormente, e interagindo na dinâmica costeira e sendo observados em sistemas florestais bastante complexos, que ocupam tantos os sistemas marginais como as áreas mais interiores da ilha. As fisionomias vegetais podem variar de margens de igarapés ocupadas por espécies de mangue (Figura 11-151, Figura 11-152, Figura 11-153); margens ocupadas por tabocal, açaí, aturiá, aninga (Figura 11-154 e Figura 11-155) e até todos estes juntos em pequenos trechos (Figura 11-156).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-151: Margem ocupada por *Rhizophora* spp. no igarapé Pacoval.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-152: Margem ocupada por *Laguncularia racemosa* no igarapé São João.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-153: Margem ocupada por *Avicennia germinans* no igarapé Araraquara.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-154: Margem ocupada por diferentes espécies, como aninga, palmeiras e tabocal, no igarapé da Campina.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-155: Margem ocupada por diferentes espécies, entre elas a aninga, no igarapé Pacoval.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-156: Interação entre espécies de mangue e vegetação terrestre (*Avicennia germinans* com trepadeiras).

No igarapé Pacoval, por exemplo, a descrição de uma seção transversal traz a ocupação da margem por *Rhizophora* spp. (ver Figura 11-151), seguindo por tabocal e terminando em uma vegetação terrestre. Nas áreas terrestres internas, podem ainda ser encontradas espécies de mangue em meio a comunidades vegetais diferentes. Esse igarapé marca o último setor da costa com a formação florestal de manguezal contínuo; a oeste deste, as espécies de mangue são mais raras e aparecem bastante inseridas no conjunto de vegetação com outras comunidades vegetais.

Devido à dificuldade logística para chegar ao norte da Ilha de Marajó e o risco associado ao deslocamento por terra, parte das vistorias ocorreram por meio de pequenas embarcações que adentraram o interior dos igarapés da região. Os desembarques foram realizados em pontos de controle, previamente selecionados para vistorias internas da vegetação e onde o acesso à vegetação era preexistente (natural ou antrópico), garantindo assim a segurança da equipe (Figura 11-157 e Figura 11-158). Esta estratégia permitiu o levantamento de dados qualitativos *in situ* e identificação da ocorrência de indivíduos das espécies de mangue no meio da vegetação; estes foram registrados e tiveram suas localizações marcadas por GPS, em campo.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-157: Comunidade vegetal interna com a presença de indivíduos de espécie de mangue (*Rhizophora* spp.).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-158: Área interna colonizada por espécies de mangue.

11.5.3.4.2. Relações com o Mapeamento Digital

O mapeamento realizado a partir de imagens de satélite de alta resolução permitiu identificar as características da vegetação na região e registrar a ocorrência de manguezais, ampliando e complementando os resultados obtidos por meio das vistorias em campo, conforme relatado no item anterior. No entanto, comunidades vegetais complexas e de difícil identificação pelo sensoriamento remoto foram mapeadas, de modo conservador, como pertencentes a classe “Outros”. Assim, nesta classe estão incluídas formações florestais em que podem ocorrer, de maneira esparsa e irregular, indivíduos das espécies de mangue. A estratégia de mapear as comunidades complexas como “Outros” foi adotada para que a metodologia de mapeamento fosse consistente e alinhada em todas as áreas de estudo, onde a classe “Mangue” foi utilizada somente nos casos em que a vegetação era predominantemente composta por espécies de mangue. Uma outra preocupação que norteou essa decisão foi a de evitar superestimar o mapeamento de manguezal no sistema costeiro de Soure.

De modo a auxiliar o entendimento desta região do sistema costeiro de Soure, a presença de indivíduos de espécies de mangue, que foram identificados e mapeados pela vistoria, tiveram suas alturas obtidas pelo levantamento realizado pelo LiDAR. Dessa forma, no igarapé Pacoval, foram encontrados indivíduos de *Rhizophora* spp com alturas médias de 20,7 a 27,4 m; e, no igarapé Araraquara, indivíduos de *Avicennia*

germinans com altura média variando entre 26,2 a 33,9 m. Estes valores representam a altura média de indivíduos de mangue como uma referência para o desenvolvimento estrutural das árvores de mangue nessa região do litoral norte da ilha de Marajó.

11.5.3.5. Fitofisionomias

As fitofisionomias representam um detalhamento da estrutura vegetal que revela a variabilidade que pode ser observada em uma floresta de mangue, conforme informado no item 11.2.3.2. Cada fitofisionomia representa áreas de florestas caracterizadas por estruturas de vegetação semelhantes entre si e, por outro lado, apresenta aspectos da vegetação que a diferencia de outras áreas – neste caso, outras fitofisionomias.

A identificação das fitofisionomias presentes nas florestas de mangue da costa leste do sistema costeiro de Soure (PA) foi realizada com base nos dados de medição da estrutura vegetal, nos parâmetros calculados a partir desses dados e em análises e interpretação dos resultados obtidos, conforme descrito no item 11.2.3.2.

Conforme mencionado nas demais áreas de estudo, a análise de agrupamento foi utilizada com o propósito de identificar as estações similares entre si, reunindo-as em um mesmo grupo, que foram interpretados como as fitofisionomias. As variáveis utilizadas nessa análise foram a dominância de cada uma das três espécies (% em área basal), o DAP médio e a altura média do dossel de cada estação. A Figura 11-159 apresenta o dendrograma resultante dessa análise, que permitiu identificar 13 fitofisionomias na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA).

A distância selecionada para estabelecer o corte para separação das fitofisionomias (agrupamentos de estações com características similares) na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA) foi a distância euclidiana de 18, como indicado pela linha vermelha na Figura 11-159. Essa distância considerou manter a unidade de estações que possuíam proximidade, como ocorre nas fitofisionomias 11, 12 e 13, de modo que um corte com distância maiores terminaria por unir agrupamentos que não possuem características em comum.

Conforme descrito no Cap. 11.2 Métodos, essa distância foi selecionada e ajustada a partir da análise das características dos grupos formados com cortes a diferentes distâncias, de modo a refletir um equilíbrio entre a distinção das diferenças entre os grupos formados e o agrupamento de estações com características ecológicas semelhantes.

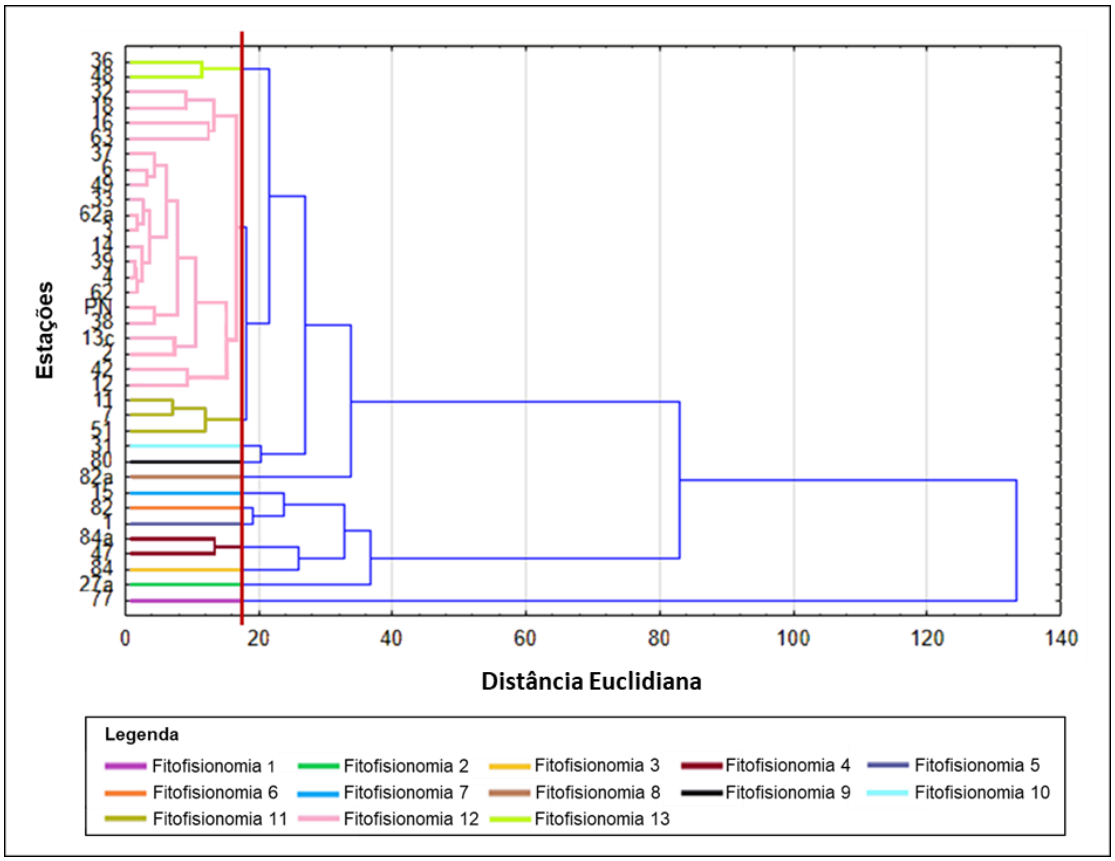


Figura 11-159: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias da costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Cada grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 18, como indicado pela linha vermelha vertical.

Na Tabela 11-16, estão indicadas as 13 fitofisionomias identificadas na costa leste do sistema costeiro de Soure e as estações de medição que as representam. A distribuição espacial das fitofisionomias é apresentada na Figura 11-160. A fitofisionomia 12 é a mais frequente, distribuindo-se desde a proximidade do centro urbano de Soure até o igarapé Turé, como pode ser observado nas ampliações A e B na Figura 11-160. O limite norte das campanhas de medição apresenta a maior variabilidade de fitofisionomias, sendo seis fitofisionomias (1, 3, 4, 6, 8 e 9) restritas a essa região, conforme observa-se na ampliação C na Figura 11-160.

Tabela 11-16: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue do sistema costeiro de Soure (PA) e as estações de medição que as representam.

Fitofisionomia	Estações	Fitofisionomia	Estações
1	77	8	82A
2	27A	9	80
3	84	10	31
4	47 e 84A	11	7, 11 e 51
5	1	12	2, 3, 4, 6, 12, 13C, 14, 16, 18, 32, 33, 37, 38, 39, 42,49, 62, 62A, 63 e PN
6	82	13	36 e 48
7	15		

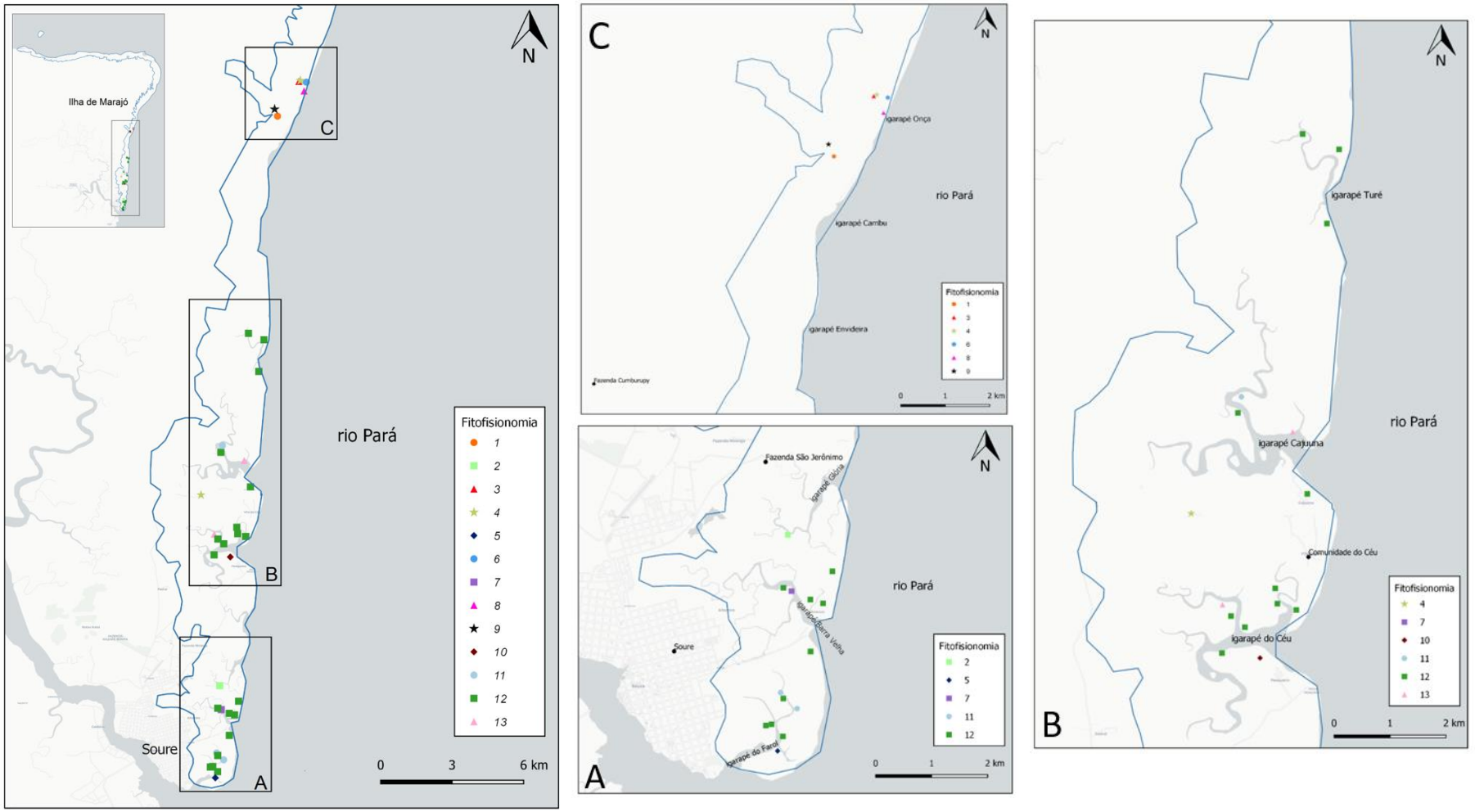


Figura 11-160: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Nos detalhes, a ampliação das faixas litorâneas da área de estudo próxima ao centro urbano de Soure (A); no trecho entre os igarapés do Céu e Turé (B) e no trecho entre os igarapés Envideira e Onça (C).

As características gerais de cada fitofisionomia estão descritas a seguir, relacionando-as com o ambiente e destacando informações relevantes observadas em campo. Adicionalmente, a distribuição do número de indivíduos por classes de altura e dap com a indicação das espécies foi analisada para cada estação, como informação adicional para distinção das fitofisionomias, embora não esteja apresentada neste documento. Como mencionado anteriormente, essa análise permitiu identificar importantes características das florestas, que não são detectadas pela análise de agrupamento, como por exemplo: (i) qual espécie ocupa os diferentes estratos de altura de uma estação e, principalmente, qual espécie ocupa o dossel; (ii) identificar a ocorrência de recrutamento de jovens; (iii) identificar ocorrência e sobreposição de coortes numa mesma floresta, entre outros processos. Essas informações também foram incorporadas à descrição das fitofisionomias apresentadas a seguir.

11.5.3.5.1. Descrição das Fitofisionomias

Os critérios que permitiram separar as 13 fitofisionomias encontradas na costa leste do sistema costeiro de Soure foram, principalmente, a composição de espécies e a estrutura da vegetação (DAP médio, densidade, altura média e altura média do dossel). Na dominância relativa das espécies, podemos observar que *Rhizophora* spp. tem presença majoritária nas Fitofisionomias 8, 9, 10, 11, 12 e 13. A espécie *A. germinans* é dominante na Fitofisionomia 5, enquanto *L. racemosa* e as espécies associadas prevalecem nas Fitofisionomias 1 e 2, respectivamente. As Fitofisionomias 3, 6 e 7 representam florestas com espécies mistas de mangue, onde ocorrem os três gêneros existentes no Brasil. A dominância relativa de espécies em cada estação de medição ordenadas por fitofisionomia está apresentada na Figura 11-161.

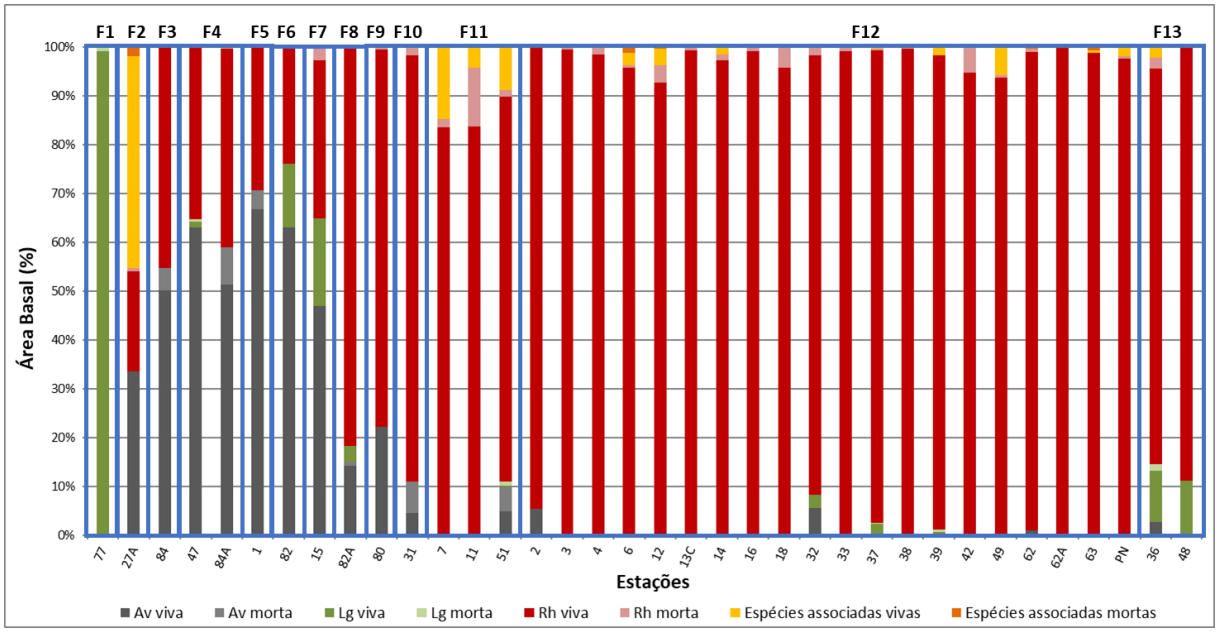


Figura 11-161: Dominância relativa (% de área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp..

Os resultados de outros parâmetros descritores da vegetação foram analisados em conjunto com a composição de espécies para compreender o aspecto de cada fitofisionomia. Foram eles: DAP médio (Figura 11-162), densidade (Figura 11-163), altura média e altura média do dossel (Figura 11-164). Os resultados desses parâmetros também foram organizados por fitofisionomia, na intenção de proporcionar melhor visualização do conjunto de características que agruparam determinadas estações em uma mesma fitofisionomia. Conforme mencionado, esses descritores sintetizam informações sobre a estrutura da

vegetação nas estações de medição, permitindo sua comparação, principalmente para estações onde há homogeneidade na composição de espécies e na estrutura da vegetação.

A classificação do desenvolvimento estrutural das fitofisionomias em baixo, intermediário e alto foi realizada a partir do desenvolvimento estrutural das estações que compõe cada fitofisionomia, utilizando também essas classes.

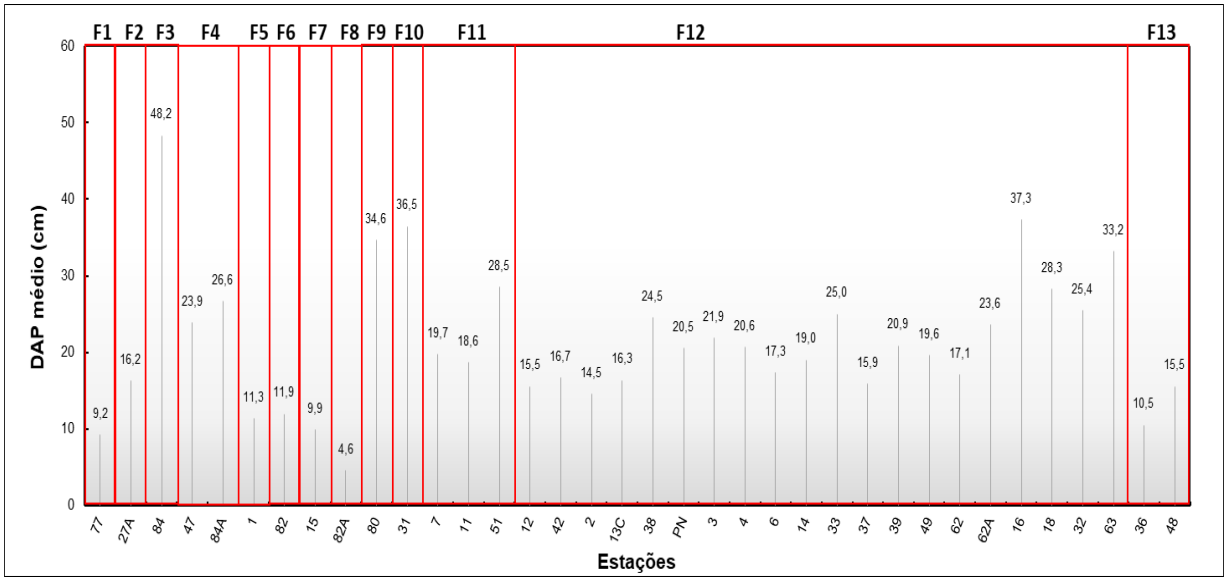


Figura 11-162: DAP médio (cm) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Estações agrupadas por fitofisionomia.

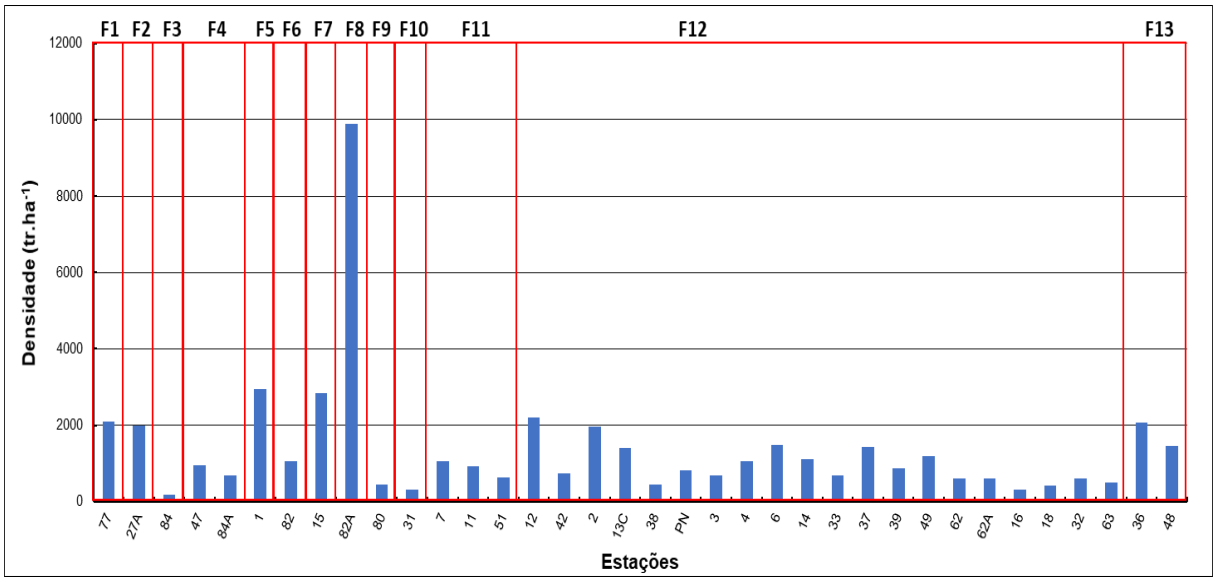


Figura 11-163: Densidade (tr.ha^{-1}) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Estações agrupadas por fitofisionomia.

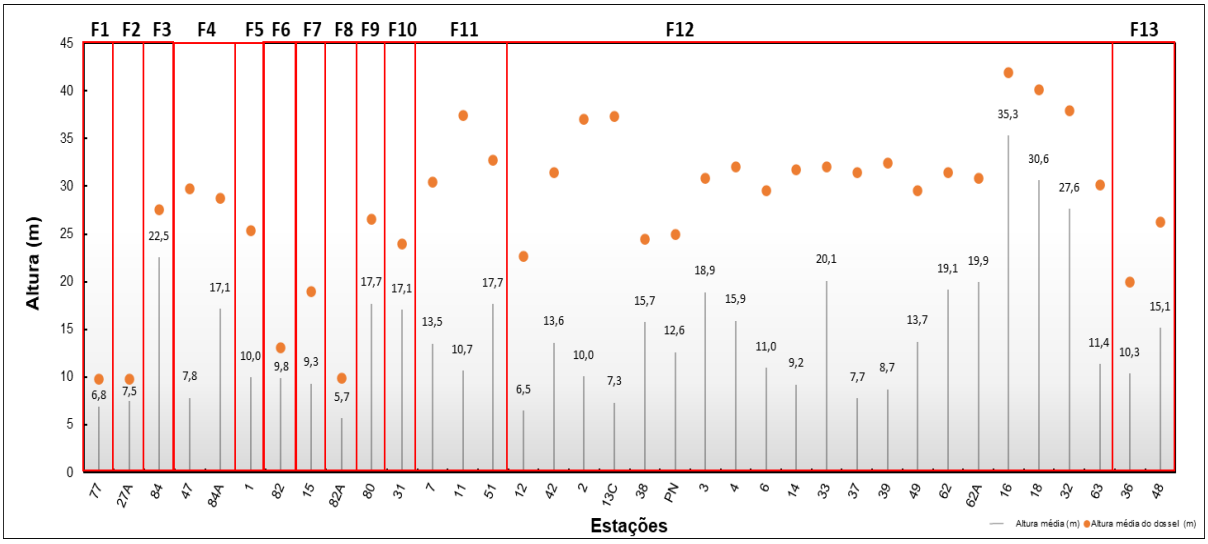


Figura 11-164: Altura média da floresta (linhas rotuladas) e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) (círculos laranjas) por estação de medição no sistema costeiro de Soure (PA). Estações agrupadas por fitofisionomia.

Na Tabela 11-17, estão apresentados os valores de salinidade das estações e seus valores médios nas fitofisionomias identificadas na costa leste do sistema costeiro de Soure (PA). Os valores médios de salinidade das fitofisionomias variaram entre 4,8 e 13,0, valores muito baixos de salinidade para áreas ocupadas por manguezais. Estes valores encontram-se próximos aos valores considerados ótimos para o crescimento de espécies de mangue, a saber: 7 para *Bruguiera parviflora* (PARIDA *et al.*, 2004), 8 a 18 para *Rhizophora mucronata* (HOPPE-SPEER *et al.*, 2011) e 9 para *Avicennia marina* (SPALDING *et al.* 2010).

Tabela 11-17: Salinidade média nas estações e fitofisionomias no sistema costeiro de Soure (PA).

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
1	77	4,8 ± 1,1	4,8
2	27A	-	-
3	84	5 ± 0	5,0
4	47	18 ± 1,2	13,0
	84A	8 ± 0	
5	1B	5,6 ± 0,5	
6	82	-	-
7	15	-	-
8	82A	5 ± 0	5,0
9	80	8 ± 0	8,0
10	31A	8,8 ± 0,8	8,8
11	7A	7,6 ± 1,3	6,0
	11A	2,8 ± 0,4	
	51	7,5 ± 0,7	

Tabela 11-17: Continuação.

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
12	2A	5 ± 0	6,6
	3	9,4 ± 0,5	
	4	4,8 ± 0,4	
	6A	3,4 ± 0,5	
	12A	8,2 ± 1,1	
	14A	4,4 ± 1,1	
	16	2,2 ± 0,4	
	18	2 ± 0	
	32	8,6 ± 0,9	
	33	8 ± 0	
	37	-	
	38	7,4 ± 0,5	
	39A	6,8 ± 0,4	
	42	-	
	49	8,8 ± 0,4	
	62	9,6 ± 0,5	
	63	10 ± 0,7	
	13C	4,6 ± 0,5	
	62A	8,3 ± 0,6	
	PN	7 ± 0	
13	36	12,8 ± 1,3	10,7
	48A	8,6 ± 0,5	

Com relação às medições de salinidade intersticial, ressalta-se que, em algumas estações, a medição da salinidade pode ter sido impedida pela condição muito seca do sedimento, que torna inviável a coleta de água intersticial. Essa situação costuma ocorrer em áreas de baixa frequência de inundação pelas marés. Em situações menos comuns, o alagamento do sedimento de acordo com a condição de maré pode ter inviabilizado a medição. Nesses casos, os dados não puderam ser coletados nem apresentados.

Conforme relatado no item 11.4.1, as medidas de pH e Eh nas estações foram realizadas de forma pontual e a variabilidade dos valores medidos nas estações foi muito alta. Essas condições impossibilitaram a análise consistente de tais dados, por isso, optou-se por não apresentá-los.

Os aspectos gerais de cada fitofisionomia identificada estão descritos a seguir, considerando suas características estruturais da vegetação e o ambiente no qual ela está inserida. Foi selecionada uma estação representativa de cada fitofisionomia para ilustrar a descrição apresentada. Informações adicionais, oriundas de campo e não detectadas pela análise de agrupamento, foram destacadas sempre que existentes e quando relevantes para a análise e a descrição da fitofisionomia.

Fitofisionomia 1

A Fitofisionomia 1 é caracterizada pela composição monoespecífica de *Laguncularia racemosa* com desenvolvimento estrutural intermediário. Esta fitofisionomia é composta pela estação 77, sendo sua contribuição em área basal viva de 99,1% enquanto a de indivíduos mortos é de 0,9%. Tem valor de DAP médio igual a 9,2 cm e densidade de 2.092 tr.ha^{-1}. A altura média é de 6,8 m enquanto a altura média do dossel é de 9,8 m.

Esta fitofisionomia encontra-se no interior de um igarapé denominado Cambu, em um trecho curto de manguezal que termina nos campos interiores. Este fator pode ser um fator que intensifique a competição local por espaço entre espécies diferentes, situação que pode, eventualmente, determinar um menor desenvolvimento da floresta. Em contraste, no interior deste mesmo igarapé encontra-se a Fitofisionomia 8, composta pelas outras espécies de mangue (*Rhizophora* spp. e *A. germinans*) em floresta de alto desenvolvimento. Nesta fitofisionomia encontram-se árvores com muitas ramificações em ambiente com presença de clareiras, conforme é observado na Figura 11-165.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-165: Fitofisionomia 1, representada pela estação 77. Em destaque, a presença exclusiva de *L. racemosa* e sua arquitetura altamente ramificada com dossel com menor cobertura foliar, evidenciada pela penetração de luz solar até o sedimento.

Fitofisionomia 2

A Fitofisionomia 2 é uma floresta mista composta por espécies associadas, *A. germinans e Rhizophora* Essa fitofisionomia é representada apenas pela estação 27A. O seu desenvolvimento estrutural é classificado como intermediário. O dossel é fechado com predominância de *A. germinans* e *Rhizophora* spp. e apesar dos indivíduos das espécies associadas serem mais numerosos e ocuparem maior área basal, estas não possuem altura elevada.

As espécies associadas possuem dominância em área basal viva de 43,3%, enquanto *A. germinans* possui 33,4 % e *Rhizophora* spp. conta com 20,6 %. A contribuição em área basal morta total corresponde a 2,6%.

O valor de DAP médio nessa fitofisionomia é de 16,2 cm e a sua densidade foi calculada em 2.000 tr.ha^{-1}. O valor de altura média é de 7,5 m enquanto o dossel tem média de 9,8 m de altura.

Esta fitofisionomia encontra-se no interior do igarapé Glória, localizado próximo ao centro urbano de Soure. No seu entorno imediato existem espécies de vegetação tipicamente terrestre como palmeiras, trepadeiras e vegetação rasteira (conforme observado na Figura 11-166) e, portanto, é possível associar esta fitofisionomia como uma transição entre o domínio de vegetação de mangue e estas espécies terrestres que não toleram salinidade.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-166: Fitofisionomia 2, representada pela estação 27A. É possível perceber que embora ocorram indivíduos de espécies de mangue como *Rhizophora* spp., as espécies associadas têm presença expressiva na paisagem.

Fitofisionomia 3

A Fitofisionomia 3 representa uma floresta de composição mista e equilibrada entre *Rhizophora* spp. e *A. germinans* de alto desenvolvimento estrutural composta apenas pela estação 84. Estas espécies encontram-se proporcionalmente bem distribuídas no dossel, enquanto o estrato inferior é ocupado por jovens de *Rhizophora* spp. Sua arquitetura é de porte ereto, onde todos os indivíduos possuem somente um tronco.

Nesta fitofisionomia, a espécie *A. germinans* possui contribuição relativa de 50,1% e *Rhizophora* spp. de 45,3%. Todos os mortos desta fitofisionomia correspondem à espécie *A. germinans* e somam 4,6%. Quanto aos parâmetros estruturais, esta fitofisionomia possui DAP médio de 48,2 cm e a densidade é de 174 tr.ha^{-1}. A altura média registrada é de 22,5 m e a altura média do dossel é 27,5 m.

Esta fitofisionomia encontra-se no interior do igarapé Onça, no limite norte da área de estudo até onde foram estabelecidas estações de medição. Esta encontra-se muito próxima da estação 84A, uma estação representante da Fitofisionomia 4, que será discutida a seguir. Ambas representam florestas de alto desenvolvimento estrutural, possivelmente por encontrarem-se distantes de possíveis tensores como a intensa ação marinha e ação antrópica. Na Figura 11-167, é possível observar os aspectos característicos desta fitofisionomia como o equilíbrio entre espécies e o elevado desenvolvimento estrutural.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-167: Fitofisionomia 3, representada pela estação 84. Em primeiro plano destaca-se um indivíduo do gênero *Rhizophora* bem desenvolvido enquanto no segudo plano encontram-se outros indivíduos maduros de *A. germinans.*

Fitofisionomia 4

A Fitofisionomia 4 é uma floresta de elevado desenvolvimento estrutural dominada por *A. germinans* com grande contribuição de *Rhizophora* spp composta pelas estações 47 e 84A. O dossel, portanto, é distribuído entre essas duas espécies, embora ocorra um sub-bosque com indivíduos de *L. racemosa* ou espécies associadas nesta fitofisionomia. Embora a maior parte dos indivíduos desta fitofisionomia possuam um único tronco, é comum identificar ramificações de dois até três troncos por indivíduo.

Nesta fitofisionomia, a contribuição relativa em área basal viva de *A. germinans* varia entre 51,3% e 63,1% enquanto *Rhizophora* spp. varia de 35,1% a 40,7%. Ocorre a eventual presença de *L. racemosa* (até 1,2%) e espécies associadas (até 0,2%). A contribuição em área basal morta varia de 0,6% a 7,7%. O DAP médio calculado para a Fitofisionomia 4 variou de 23,9 cm a 26,6 cm; os valores de densidade, entre de 676 $tr.ha^{-1}$ e 943 $tr.ha^{-1}$. A altura média variou entre 7,8 m a 17,1 m ao passo que a média do dossel registrada está entre 28,8 m e 29,7 m. Destaca-se que os resultados desses parâmetros estão consistentes com a classificação dessa fitofisionomia como de alto desenvolvimento estrutural.

Esta fitofisionomia é encontrada em duas áreas distintas geograficamente. Uma estação encontra-se próximo ao igarapé Cajuuna, afastado do corpo d'água; a outra, no interior do igarapé Onça, próxima à Fitofisionomia 3, com a qual são compartilhadas características estruturais em comum. A Figura 11-168 ilustra o aspecto geral dessa fitofisionomia.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-168: Fitofisionomia 4, representada pela estação 84A. É possível perceber a coexistência de um indivíduo de *A. germinans* de porte ereto, bem ao centro da foto, com indivíduos de *Rhizophora* spp. ramificados.

Fitofisionomia 5

A Fitofisionomia 5 apresenta desenvolvimento estrutural intermediário e é dominada por *A. germinans* com contribuição de *Rhizophora* spp. Essa fitofisionomia está representada pela estação 1. O dossel é constituído majoritariamente pela espécie *A. germinans* e os estratos inferiores são ocupados exclusivamente por *Rhizophora* spp. A maior parte dos indivíduos possui apenas o tronco principal, ocorrendo menos frequentemente indivíduos com ramificações de dois ou três troncos.

A contribuição em área basal viva de *A. germinans* é de 67,0% e de *Rhizophora* spp., 29,0%. Os indivíduos mortos nesta fitofisionomia representam 4,0% e pertencem a espécie *A. germinans*. O DAP médio registrado na Fitofisionomia 5 é de 11,3 cm e sua densidade foi calculada em 2.960 tr.ha^{-1}. A altura média da fisionomia é de 10,0 m enquanto a altura média do dossel é de 25,3 m.

Esta fitofisionomia está presente na entrada do igarapé Farol, em um contexto de predominância de outras fitofisionomias como a 11 e a 12 (ver Figura 11-160, A), que possuem semelhanças como a classe de desenvolvimento estrutural intermediário. A Figura 11-169 ilustra o aspecto geral desta fitofisionomia.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-169: Fitofisionomia 5, representada pela estação 1. Em primeiro plano está uma *A. germinans* bem desenvolvida em um contexto de floresta com presença de *Rhizophora* spp. com troncos mais finos e eventuais indivíduos ramificados.

Fitofisionomia 6

A Fitofisionomia 6 caracteriza-se por ser uma floresta de desenvolvimento estrutural intermediário e dominada por *A. germinans*, mas com contribuição menor de *Rhizophora* spp. e *L. racemosa*. Esta fitofisionomia está representada pela estação 82. O dossel é ocupado em mesma proporção por todas as espécies que compõem essa fitofisionomia, sendo o sub-bosque formado exclusivamente por *A. germinans.* Esta fitofisionomia é composta, em sua maioria, por indivíduos ramificados.

Nesta fitofisionomia, a dominância relativa de indivíduos vivos da espécie *A. germinans* é de 63,0%, com presença de *Rhizophora* spp. e *L. racemosa* (23,9% e 13,2% respectivamente), sem ocorrência de indivíduos mortos. O DAP médio registrado nessa fitofisionomia é de 11,9 cm e a densidade, de 1.056 tr.ha^{-1}. A altura média da fitofisionomia é 9,8 m e a altura média do dossel, 13,1 m.

A Fitofisionomia 6 encontra-se no limite norte da área de estudo onde foram realizadas campanhas de medição no interior do igarapé Onça. Ocorrem praias de sedimento arenoso no seu entorno, o que pode ser um indicativo de maior influência marinha como ventos e ondas. Estes fatores geralmente contribuem para reduzir o potencial máximo de desenvolvimento estrutural da floresta. É possível também observar um acúmulo de serapilheira no solo da floresta indicando uma reduzida lavagem pelas marés o que também contribui para redução das características estruturais deste tipo de fisionomia. A Figura 11-170 ilustra as características citadas desta fitofisionomia, com destaque para o solo coberto por serapilheira.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-170: Fitofisionomia 6, representada pela estação 82. É possível notar indivíduos ramificados e presença de diferentes espécies ocupando o espaço de floresta. O dossel não é integralmente fechado, de modo que é comum a presença de clareiras. Cabe observar o solo coberto de serapilheira.

Fitofisionomia 7

A Fitofisionomia 7 é uma floresta mista com desenvolvimento intermediário composta principalmente por *A. germinans* e *Rhizophora* spp., em contribuição equilibrada entre ambas, seguida da presença de *L. racemosa* composta pela estação 15. Seu dossel é dominado sobretudo por *A. germinans* e *L. racemosa* ao passo que os estratos que contém os indivíduos jovens é ocupado exclusivamente por *Rhizophora* spp. A arquitetura da Fitofisionomia 7 é formada por indivíduos eretos, de tronco único em sua maioria.

A dominância relativa de *Rhizophora* spp. é de 83,6% de área basal viva. As espécies associadas também compõem esta fisionomia, com 14,7% de contribuição em área basal. Cerca de 2,7% da área basal é ocupada por indivíduos mortos de *Rhizophora* spp. Esta fitofisionomia destaca-se por possuir uma parcela significativa de ocupação de espécies associadas combinada com um bosque de *Rhizophora* spp. O DAP médio é de 19,7 cm e a densidade estimada é de 1.070 tr.ha^{-1}. A altura média nesta fitofisionomia é 9,3 m e a altura média do dossel, 19,0 m.

Esta fitofisionomia encontra-se próximo ao centro urbano de Soure, no interior do igarapé Barra Velha e o contexto ao seu redor inclui estações que representam a Fitofisionomia 12, a fitofisionomia de maior representatividade na costa leste do sistema costeiro de Soure. A Fitofisionomia 7 representa uma ocupação de diversas espécies no mesmo local, em contraste com a Fitofisionomia 12, que é dominada quase que integralmente por *Rhizophora* spp. A Figura 11-171 ilustra esta composição de mais de uma espécie nessa fitofisionomia.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-171: Fitofisionomia 7, representada pela estação 15. É possível notar a presença numerosa de indivíduos de *Rhizophora* spp. com menor DAP e poucos indivíduos de *A. germinans* com um desenvolvimento ligeiramente mais elevado.

Fitofisionomia 8

A Fitofisionomia 8 caracteriza-se por ser uma floresta dominada por *Rhizophora* spp. com baixo desenvolvimento estrutural composta pela estação 82A. Outras espécies estão presentes como *A. germinans* e *L. racemosa*, mas estas estão presentes com poucos indivíduos. A maior parte dos indivíduos encontram-se nos primeiros estratos de altura. O dossel é uma composição mista entre *A. germinans* e *Rhizophora* spp. *L. racemosa* está restrita à ocupação por indivíduos que colonizam o ambiente, com menores alturas e troncos menos desenvolvidos. No caso de *Rhizophora* spp., apesar dos indivíduos não apresentarem troncos ramificados, é expressiva a quantidade de rizóforos emitidos de modo que os indivíduos ficam com espaço restrito entre si (Figura 11-172)

Esta fitofisionomia possui dominância relativa de *Rhizophora* spp. com 81,7% de área basal viva e presença minoritária de *A. germinans* (14,2% de contribuição em área basal viva) e *L. racemosa* (3,2% de contribuição em área basal viva). Os indivíduos mortos pertencem à espécie *A. germinans* e somam 0,8% da área basal ocupada, não ocorrendo espécies associadas. O DAP médio é de 4,7 cm e a densidade é de 9.990 $tr.ha^{-1}$. A altura média registrada é de 5,7 m e a altura média do dossel é de 9,9 m.

Esta fitofisionomia está localizada no limite norte da área de estudo, próxima à Fitofisionomia 6. Da mesma forma, a Fitofisionomia 8 está submetida a uma maior influência marinha que possivelmente contribui para limitar as condições de desenvolvimento da vegetação neste local. Na Figura 11-172, observa-se o baixo desenvolvimento estrutural dessa fitofisionomia e grande quantidade de rizóforos.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-172: Fitofisionomia 8, representada pela estação 82A. É possível notar a grande quantidade de indivíduos de *Rhizophora* spp. com uma grande quantidade de rizóforos e um baixo desenvolvimento estrutural.

Fitofisionomia 9

A Fitofisionomia 9 representa uma floresta com alto desenvolvimento estrutural dominada por *Rhizophora* spp. mas com presença significativa de *A.* germinans. Essa fitofisionomia é representada apenas pela estação 80. Nesta fitofisionomia não ocorrem outras espécies além destas duas. O dossel é dividido entre *Rhizophora* spp. e *A. germinans,* mas o estrato inferior é ocupado exclusivamente por *Rhizophora* spp. Esta fitofisionomia apresenta porte ereto com eventuais indivíduos apresentando ramificações nos troncos.

Nesta fitofisionomia, a dominância de *Rhizophora* spp é de 77,4% de contribuição em área basal viva, seguida da espécie *A. germinans* (22,1% de contribuição em área basal viva). Os indivíduos mortos são de *Rhizophora* spp. e somam 0,5%. O DAP médio calculado na Fitofisionomia 9 é 34,6 cm; a densidade é de 443 tr.ha^{-1}. A altura média calculada nesta fitofisionomia é de 17,7 m e a altura média do dossel é de 26,6 m.

A Fitofisionomia 9 encontra-se no interior do igarapé Cambu, próximo ao limite norte de onde foram executadas as campanhas de medição. A Fitofisionomia 1 encontra-se neste mesmo igarapé, mas as duas fitofisionomias são diferentes em termos de estrutura, uma vez que esta última apresenta desenvolvimento estrutural intermediário. A Figura 11-173 retrata as principais características desta fitofisionomia citadas anteriormente.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-173: Fitofisionomia 9, representada pela estação 80. Destaca-se a presença de indivíduos de *Rhizophora* spp. e *A. germinans* com alto desenvolvimento estrutural, indicado pela grande altura das árvores e espessura dos troncos.

Fitofisionomia 10

A Fitofisionomia 10 caracteriza-se pelo alto desenvolvimento estrutural e pela dominância de *Rhizophora* spp., sendo pequena a parcela ocupada por *A. germinans* e espécies associadas. Essa fitofisionomia é representada apenas pela estação 31. No entanto, a relação altura média do dossel/diâmetro (a altura do peito) dos troncos é menor do que quando comparada a outras fitofisionomias de *Rhizophora* spp. com alto desenvolvimento estrutural. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp com poucos indivíduos de *A. germinans*, não ocorrendo outras espécies. A arquitetura desta fitofisionomia caracteriza-se pela presença expressiva de indivíduos com troncos ramificados.

A dominância de *Rhizophora* spp nesta fitofisionomia é de 87,2% de contribuição em área basal viva. A dominância relativa de *A. germinans* é de 4,5% de contribuição em área basal viva enquanto as espécies associadas ocupam 0,2% desta área basal. A área basal de indivíduos mortos nesta fitofisionomia é mais expressiva, distribuindo-se entre *A. germinans* (6,5%) e *Rhizophora* spp. (1,5%). *L. racemosa* e outras espécies associadas não ocorrem nesta fitofisionomia. O DAP médio é de 36,5 cm e a densidade registrada é de 303 tr.ha^{-1}. A altura média é de 17,1 m e a altura média do dossel é de 24,0 m.

Esta fitofisionomia está localizada na foz do igarapé do Céu, em um contexto onde a Fitofisionomia 12 é prevalecente. Ambas fitofisionomias possuem estações de alto desenvolvimento estrutural e encontram-se em um grande igarapé da região. A Figura 11-174 retrata a característica de alto desenvolvimento estrutural dessa fitofisionomia.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-174: Fitofisionomia 10, representada pela estação 31. É possível perceber a predominância de *Rhizophora* spp. com alto desenvolvimento estrutural.

Fitofisionomia 11

A Fitofisionomia 11 é caracterizada por um alto desenvolvimento estrutural e dominância por *Rhizophora* spp. com importante contribuição das espécies associadas e eventualmente de *A. germinans.* As estações que a compõem são a 7, 11 e 51. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp., enquanto as espécies associadas ocupam os estratos inferiores. A arquitetura desta fitofisionomia é mais próxima de uma floresta ereta, com poucas ramificações ocorrendo por indivíduo.

A dominância relativa de *Rhizophora* spp. varia de 78,7% a 83,7% com eventual presença de *A. germinans* (máximo de 5,0% de contribuição em área basal) e *L. racemosa* (máximo de 0,1%). As espécies associadas são expressivas nesta fitofisionomia, ocupando área basal viva entre 4,2% e 14,7%. Outro fator de destaque é expressividade de contribuição da área basal morta, que varia de 1,7% a 12,0%. O DAP médio variou de 18,6 cm na estação 11 até 28,5 cm, na estação 51. Os valores de densidade registrados nesta fitofisionomia estão na faixa entre 644 $tr.ha^{-1}$ e 1.070 $tr.ha^{-1}$. O valor de altura média desta fisionomia varia de 10,7 m a 17,7 m e a altura média do dossel está entre 30,4 m e 37,4 m.

Esta fitofisionomia encontra-se no interior do igarapé Cajuuna e do Farol, que são importantes cursos d'água da região, e de modo geral encontra-se associada à Fitofisionomia 12, com a qual compartilha características em comum como a predominância de *Rhizophora* spp. e o alto desenvolvimento estrutural. A Figura 11-175 retrata a dominância de *Rhizophora* spp. e o alto desenvolvimento estrutural.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-175: Fitofisionomia 11 representada pela estação 11. Destaca-se a presença de indivíduos de *Rhizophora* spp. com maior desenvolvimento e a vegetação de espécie associada com menor porte.

Fitofisionomia 12

A Fitofisionomia 12 é a fitofisionomia mais frequente na costa leste do sistema costeiro de Soure e é representada por 20 estações – 2, 3, 4, 6, 12, 14, 16, 18, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 49, 62, 63, 13C, 62A e PN. É uma fitofisionomia fortemente dominada por *Rhizophora* spp., formando um amplo agrupamento com desenvolvimento estrutural intermediário a alto. Todos os estratos são dominados por *Rhizophora* spp. nesta fitofisionomia. A arquitetura é variada, em função sobretudo da presença de jovens em certas estações de medição ou de sua ausência em florestas maduras.

A dominância relativa de *Rhizophora* spp. varia de 90,1% a 99,8% nesta fitofisionomia com eventual presença de *A. germinans* (máximo de 5,6% na estação 32), *L. racemosa* (máximo de 2,7% na estação 32) e espécies associadas (máximo de 5,7% na estação 49). Os indivíduos mortos possuem contribuição em área basal que varia de 0,1% a 5,2%. Conforme mencionado, esta fitofisionomia destaca-se por ser o tipo mais comum na costa leste do sistema costeiro de Soure com dominância relativa de *Rhizophora* spp. acima de 90% em todas as estações. O DAP médio registrado variou de 14,5 cm (estação 2) até 37,3 cm (estação 16). Os valores de densidade registrados estão na faixa entre 303 tr.ha^{-1} e 2.192 tr.ha^{-1} (estações 16 e 12 respectivamente). O valor de altura média desta fisionomia varia de 6,5 m (estação 12) a 35,3 m (estação 16) e a altura média do dossel registrada está entre 22,6 m e 41,9 m nestas mesmas estações de medição.

Esta fitofisionomia ocupa toda a área de estudo do sistema costeiro de Soure, exceto no limite norte da área de estudo onde ocorreram campanhas de medição. Como apresentado na seção de Caracterização Geral deste capítulo, a costa leste do sistema costeiro de Soure recebe um elevado aporte de água doce, o que fisiologicamente facilita o estabelecimento de *Rhizophora* spp. como espécie dominante. Zonas costeiras com maior lavagem e menor variação de salinidade durante o dia favorecem o melhor estabelecimento de *Rhizophora* spp. (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Cabe ressaltar a existência de dois tipos de florestas dentro da Fitofisionomia 12. O primeiro apresenta apenas indivíduos maduros, sem a existência de um sub-bosque ou banco de jovens ocupado de forma significativa, como pode ser observado na Figura 11-176. O segundo tipo de floresta identificado apresenta indivíduos em todos os estratos da floresta, incluindo jovens e maduros, dentro da mesma estação de medição (Figura 11-177).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-176: Fitofisionomia 12, primeiro tipo de floresta, representada pela estação 16. Esta feição é composta inteiramente por indivíduos maduros, altamente desenvolvidos de *Rhizophora spp.*

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-177: Fitofisionomia 12, segundo tipo de floresta, representada pela estação 39. Floresta heterogênea composta por indivíduos de diferentes graus de desenvolvimento.

Fitofisionomia 13

A Fitofisionomia 13 é uma floresta com desenvolvimento intermediário que é dominada por *Rhizophora* spp. e apresenta contribuição significativa de *L. racemosa*. Esta fitofisionomia pode contar com a presença de *A. germinans*. As estações que compõem esta fitofisionomia são a 36 e 48. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. com contribuição de *L. racemosa. A. germinans* é mais recorrente nos estratos inferiores desta fitofisionomia. A arquitetura desta fitofisionomia inclui poucos indivíduos com muitos troncos ou com emissão de muitos rizóforos, denotando uma resposta a um local com certo rigor ambiental.

A dominância de *Rhizophora* spp. varia de 81,1% a 88,7% de contribuição em área basal relativa com presença de *L. racemosa* (variação de 10,5% a 11,1%) e *A. germinans* (dominância relativa máxima de 2,7% na estação 36). A medida de área basal ocupada pelos indivíduos mortos varia de 0,2% a 3,6%. Esta fitofisionomia destaca-se pela ocupação expressiva da espécie *L. racemosa* como a segunda espécie predominante, em contraste com *A. germinans* que geralmente ocupa este espaço. O DAP variou de 10,5 cm a 15,5 cm. Os valores de densidade registrados variaram entre 676 tr.ha^{-1} e 943 tr.ha^{-1}. Os valores de altura média variaram de 10,0 m a 15,1 m e a altura média do dossel variou entre 20,0 m e 26,2 m.

Esta fitofisionomia distribui-se nos igarapés do Céu e Cajuuna, ao norte do centro urbano de Soure. Sua proximidade com a foz destes igarapés aumenta seu contato com a influência marinha e de ventos. Estes fatores podem estar conectados na compreensão da formação destas fitofisionomias com um menor desenvolvimento estrutural. Estas características da fitofisionomia podem ser observadas na Figura 11-178.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-178: Fitofisionomia 13, representada pela estação 48. A presença de *Rhizophora* spp. nesta fitofisionomia é predominante, embora ocorram outras espécies como *L. racemosa*. A presença de muitos rizóforos está associada a um ambiente com maior rigor ambiental.

11.5.3.5.2. Síntese das Fitofisionomias

As faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação para as fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Soure (PA) estão apresentadas na Tabela 11-18. Os parâmetros são: dominância relativa (área basal %), DAP médio (cm), altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), densidade de troncos vivos (tr.ha-1), área basal morta (%).

Tabela 11-18: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Soure (PA).

Fitofisionomia	Composição de espécies (%)				DAP médio (cm)	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal morta (%)
	Av	*Lg*	*Rh*	As					
1	0,0	99,1	0,0	0,0	9,2	6,8	9,8	2.092	0,9
2	33,4	0,0	20,6	43,3	16,2	7,5	9,8	2.000	2,6
3	50,1	0,0	45,3	0,0	48,2	22,5	27,5	174	4,6
4	51,3 - 63,1	0 - 1,2	35,1 - 40,7	0 - 0,2	23,9 - 26,6	7,8 - 17,1	28,8 - 29,7	676 - 943	0,6 - 7,7
5	66,7	0,0	29,3	0,0	11,3	10,0	25,3	2.960	4,0
6	63,0	13,2	23,9	0,0	11,9	9,8	13,1	1.056	0,0
7	46,9	18,0	32,3	0,0	9,9	9,3	19	2.832	2,7
8	14,2	3,2	81,7	0,0	4,6	5,7	9,9	9.900	0,8
9	22,1	0,0	77,4	0,0	34,6	17,7	26,6	443	0,5
10	4,5	0,0	87,2	0,2	36,5	17,1	24	303	8,0
11	0 - 4,9	0 - 0,1	78,8 - 83,7	4,2 - 14,7	18,6 - 28,5	10,7 - 17,7	30,4 - 37,4	644 - 1.070	1,7 - 12,0
12	0 - 5,6	0 - 2,7	90,1 -99,8	0 - 5,7	14,5 - 37,3	6,5 - 35,3	22,6 - 41,9	303 - 2.192	0,1 - 5,2
13	0 - 2,7	10,5 - 11,1	81,1 - 88,7	0 - 2,1	10,5 - 15,5	10,3 - 15,1	20,0 - 26,2	1.461 - 2.076	0,2 - 3,6

Legenda: *Av* = *Avicennia germinans*; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp.; As = Espécies associadas.

Na Tabela 11-19, estão resumidas as informações sobre as fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Soure (PA), com as respectivas estações de medição, a composição de espécies e o desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-19: Fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Soure (PA): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural.

Sistema Costeiro de Soure				
Fitofisionomia	Estações de Medição	Composição	Composição do dossel	Classe de Desenvolvimento Estrutural
1	77	Monoespecífica de Lg	Monoespecífica de Lg	Intermediário
2	27A	Mista de As com presença de Av e Rh	Dominada por As com contribuição de Av e Rh.	Intermediário
3	84	Mista de Av e Rh	Dominada por Av e Rh	Alto
4	47 e 84A	Dominada por Av com contribuição de Rh e eventual presença de Lg e As.	Dominada por Av e Rh	Alto
5	1	Dominada por Av com contribuição de Rh	Dominada por Av com contribuição de Rh	Intermediário
6	82	Dominada por Av , eventual presença de Rh e Lg	Mista de Av, Rh e Lg	Intermediário
7	15	Mista de Av e Rh e eventual presença de Lg	Dominada por Av e Rh com contribuição de Lg	Intermediário
8	82A	Dominada por Rh, com contribuição eventual de Av e Lg	Mista de Rh e Av	Baixo
9	80	Dominada por Rh com presença de Av	Mista de Rh e Av	Alto
10	31	Dominada por Rh com presença de Av e eventual presença de As	Dominada por Rh com pequena contribuição de Av	Alto
11	7, 11 e 51	Dominada por Rh eventual presença de As, Av e Lg	Dominada por Rh	Alto
12	2, 3, 4, 6, 12, 13C, 14, 16, 18, 32, 33, 37, 38, 39, 42,49, 62, 62A, 63 e PN	Monoespecífica ou dominada por Rh, eventual presença de As, Av e Lg	Dominada por Rh	Intermediário / Alto
13	36 e 48	Dominada por Rh com contribuição de Lg e Av	Dominada por Rh com contribuição de Lg	Intermediário

Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp,; As = Espécies associadas citadas por ordem de contribuição

11.5.4. Florestas de Mangue do Sistema Costeiro de Sucuriju (AP).

11.5.4.1. Descrição geral

O sistema costeiro de Sucuriju está localizado na região do Cabo Norte, a ponta proeminente do estado do Amapá, a nordeste da capital do estado, Macapá, no entorno da Reserva Biológica (REBIO) do Lago Piratuba. O Distrito de Sucuriju localiza-se aproximadamente entre os paralelos de 1°40'47.84"N e 1°40'32.41"N e os meridianos 49°56'19.67"W e 49°55'50.39"W e está a 220 km de Macapá. Esta região é altamente energética, caracterizando-se por uma planície inundável fluvio-marinha, com sedimentos fixados predominantemente por manguezais (NETO, 2003). Prost e Rabelo (1996) consideram que uma das peculiaridades da costa do Amapá é a adaptação dos manguezais litorâneos às condições impostas pela grande descarga fluvial e ao regime de macromarés. Esses aspectos conferem a esta região uma dinâmica sedimentar própria que consequentemente geram florestas de mangue com características particulares. Destaca-se a influência da água doce nesse sistema, em que parte da floresta é alagada durante o período de chuvas, além da ocorrência de áreas permanentemente inundadas, como o entorno do lago Piratuba.

A caracterização das florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju tem como base os dados de estrutura da vegetação de mangue coletados em 16 estações de medição. Neste sistema, também foram vistoriadas 13 estações com a intenção de ampliar espacialmente as áreas visitadas e a base de informações sobre as florestas de mangue que ocupam este sistema. Na Figura 11-179, é apresentada a localização das estações de medição e de vistoria nesta área de estudo.

Destaca-se, conforme esclarecido nos “Métodos” (Cap. 11.2), que os mapas apresentados são ilustrativos e que há, em algumas áreas, um desalinhamento que faz com que algumas estações de medição apareçam representadas na água, em decorrência da diferença temporal e das escalas de representação das bases de dados utilizadas como base cartográfica e como base de dados para gerar a localização das estações de medição. No entanto, esclarecemos que o posicionamento das diversas estações, como apresentado nos mapas, está correto.

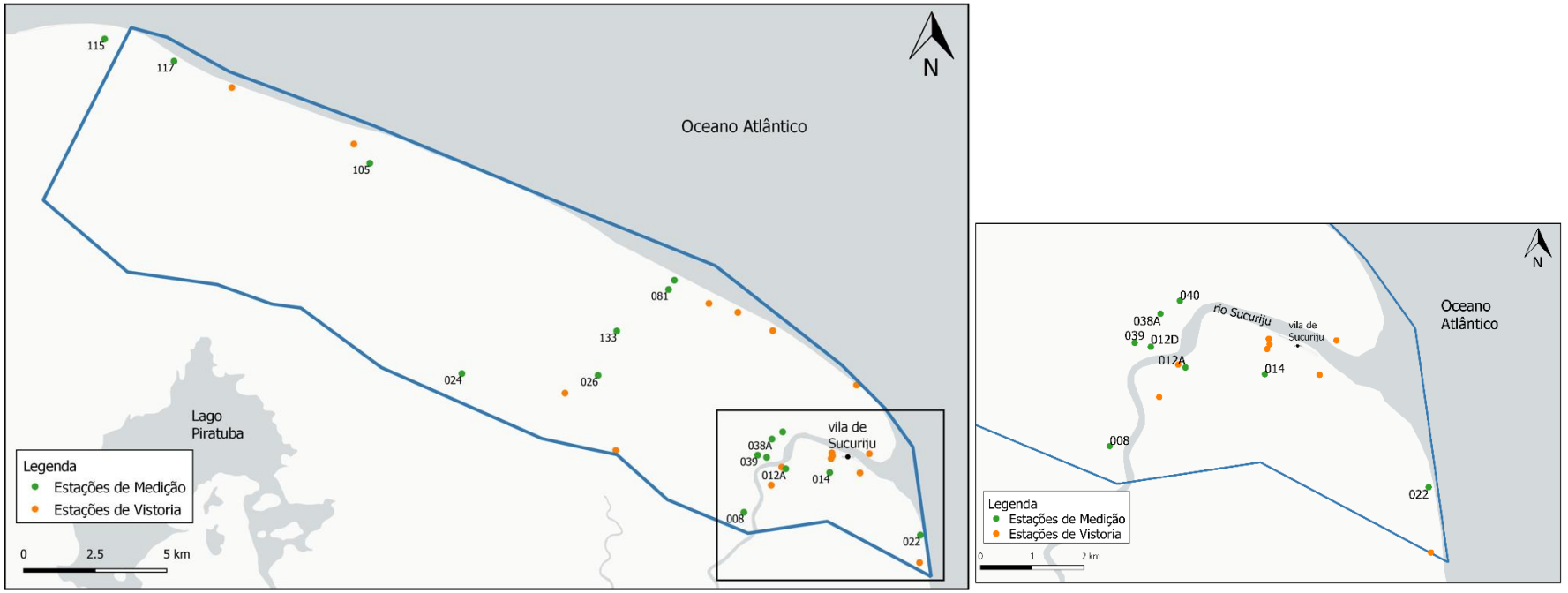


Figura 11-179: Localização das estações de medição e vistoria no sistema costeiro de Sucuriju (AP). No recorte ampliado, localização das estações próximas ao rio Sucuriju. O polígono com contorno em azul indica os limites da área de estudo.

Os resultados dos parâmetros da estrutura da vegetação nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), calculados a partir dos dados registrados em campo, estão apresentados na Tabela 11-20. Os parâmetros são: altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), DAP médio (cm), densidade de troncos vivos (tr.ha-^{1}), área basal total viva (m^{2}.ha^{-1}) e área basal relativa (%) ocupada pelas espécies encontradas nestas florestas e de acordo com a condição, se vivo ou morto.

Tabela 11-20: Dados de estrutura da vegetação nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). *Av* = *Avicennia germinans*; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp.

Estação	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	DAP médio (cm)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal viva (m^{2}.ha^{-1})	Área basal viva (%)			Área basal morta (%)		
						Av	*Lg*	*Rh*	*Av*	*Lg*	*Rh*
8	15,0 ± 7,5	24,2	18,6	800	21,7	28,2	0	49,5	21,1	0	1,2
12A	19,1 ± 10,2	30,5	34,1	444	40,5	59,9	0	34,7	3,4	0	2,0
12D	14,0 ± 10,4	30,4	25,1	760	37,8	71,7	0	28,0	0	0	0,3
14	15,9 ± 5,7	23,3	15,3	1188	21,7	4,7	0	89,9	0	0	5,3
22	7,6 ± 8,2	29,0	12,9	2122	27,9	7,4	1,1	86,9	0	0	4,6
24	20,0*	23,0*	21,9	351	13,3	0	0	89,7	0	0	10,3
26	13,0*	20,0*	12,7	596	7,6	0	0	90,8	0	0	9,2
38	15,0 ± 11,0	30,5	25,2	507	25,3	54,2	0,2	29,5	12,8	0	3,4
39	22,2 ± 6,5	30,4	21,2	683	24,0	31,7	0	62,8	1,1	0	4,4
40	19,1 ± 10,4	29,9	26,7	630	35,2	46,6	0	41,7	10,7	0	1,1
81	21,5 ± 4,0	25,0	30,9	450	33,7	9,1	0	85,2	2,1	0	3,6
82	14,4 ± 8,2	25,7	23,4	722	31,2	38,0	0	44,4	10,5	0	7,0
105	10,1 ± 7,4	18,4	23,2	640	27,0	59,4	0,1	39,8	0	0	0,7
115	9,9 ± 5,7	21,1	19,1	867	24,7	0	0	96,8	0	0	3,2
117	10,8 ± 6,8	22,7	21,8	1053	39,2	61,0	0	30	3,4	0	5,6
133	18,0*	20*	16,3	696	14,5	0	0	96,7	0	0	3,3

* As condições de alagamento encontradas nas estações 24, 26 e 133 impossibilitaram a medição da altura de cada indivíduo. Por isso, nessas estações, a altura média e altura média de dossel foram estimadas e não foi possível calcular o desvio padrão.

Nas florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju (AP), foram observados indivíduos das espécies *Rhizophora* spp., *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa,* conforme mencionado no item 11.2 Métodos. Entre as espécies identificadas, *Rhizophora* spp. apresentou a maior média de dominância relativa na área de estudo, com 68% e variação entre 28 e 96,7%, seguida de *Avicennia germinans* com 32% (variação entre 4,7 e 71,7%) (Figura 11-180). A espécie *Laguncularia racemosa*, apesar de observada na região, contabilizou menos de 1% (0,09%) de média de dominância relativa (variação entre 0,1 e 1,1%), por isso não aparece na representação gráfica da dominância relativa.

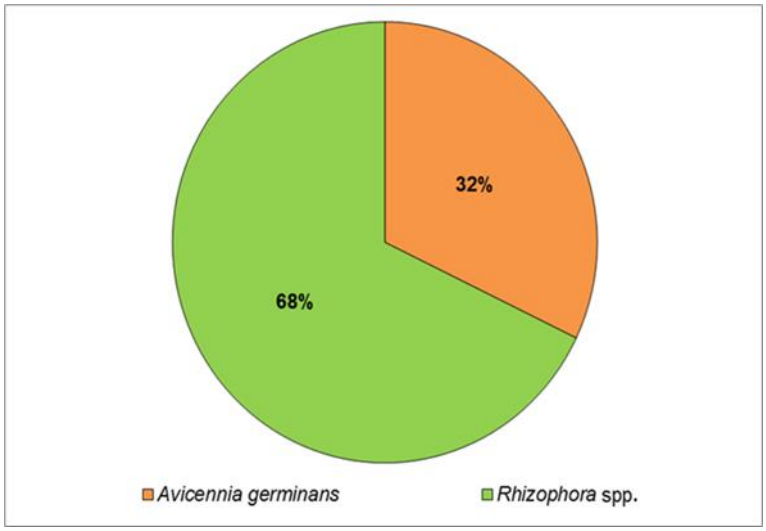


Figura 11-180: Dominância relativa das espécies de mangue no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Na Figura 11-181 e na Figura 11-182, a distribuição da dominância relativa das espécies de mangue – contribuição em área basal viva por cada espécie presente nas estações – é representada geograficamente no sistema costeiro de Sucuriju (AP). Na Figura 11-183**,** encontram-se os valores de dominância relativa em cada estação.

A partir das informações apresentadas na Figura 11-181, na Figura 11-182, na Figura 11-183 e na Tabela 11-20, observa-se que 12 estações apresentam composição mista de *Rhizophora* spp. e *Avicennia germinans,* e quatro estações são monoespecíficas *de Rhizophora* spp. Em três estações (estações 22, 38 e 105), há presença de *Laguncularia racemosa*, porém sua contribuição é inferior a 1,5%. Em relação à área basal morta, *Rhizophora* spp. contribui com 0,3% a 10,3%, enquanto a contribuição de *Avicennia germinans* varia entre 0 e 21,1%. Não foi observada contribuição de *Laguncularia racemosa* em área basal morta em nenhuma das estações medidas.

Das quatro estações monoespecíficas de *Rhizophora* spp., as estações 24, 26 e 133 encontram-se próximas à região do Lago Piratuba, em área permanentemente alagada por água doce, enquanto a estação 115, localiza-se na linha de costa (estação localizada a noroeste da área de estudo).

Avicennia germinans apresenta importante contribuição em algumas estações, como nas estações 105 e 117, localizadas a noroeste da área de estudo, próximas a costa; e nas estações 12A, 12D e 38, próximas às margens do rio Sucuriju e margem de canal, respectivamente. Não há nenhuma estação de medição monoespecífica de *Avicennia germinans.*

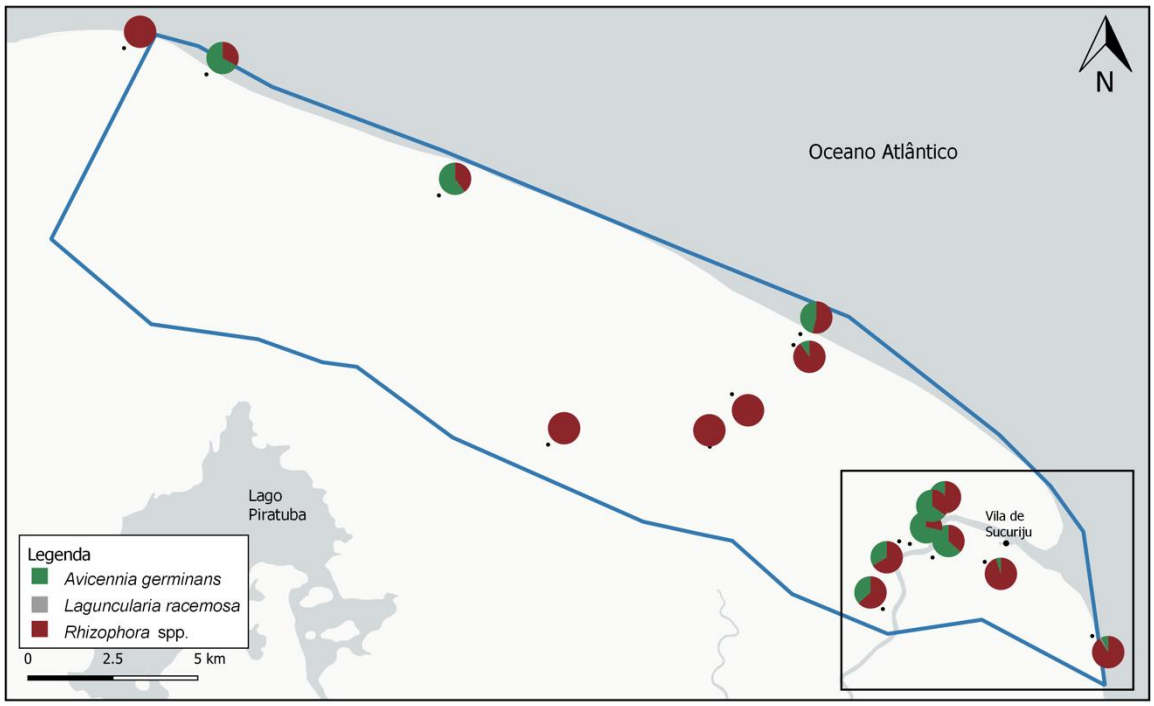


Figura 11-181: Dominância relativa (%) das espécies nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

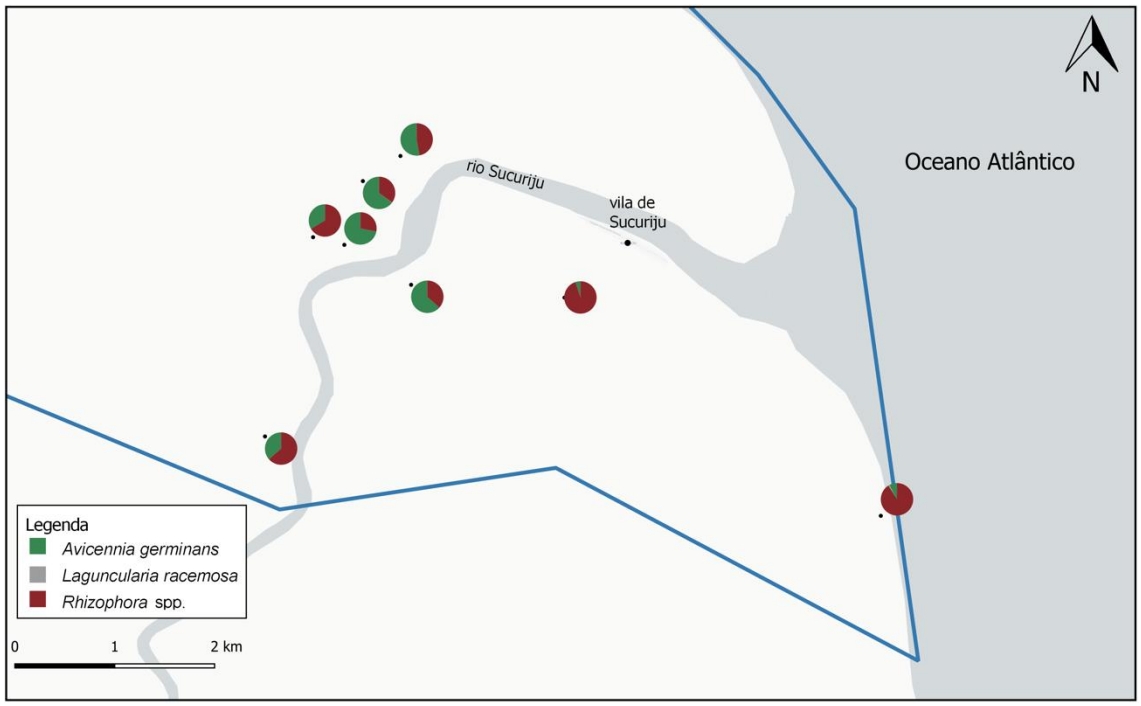


Figura 11-182: Dominância relativa das espécies (%) nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), recorte ampliado das estações localizadas às margens do rio Sucuriju.

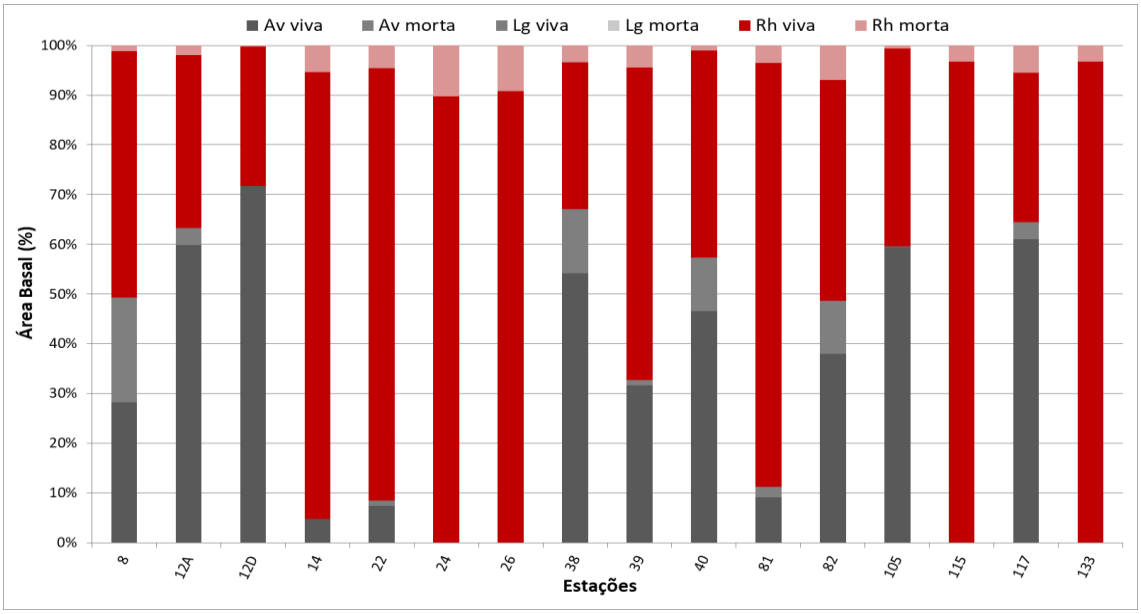


Figura 11-183: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP). Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

As principais características da estrutura da vegetação – altura média (m) e altura média do dossel (m), DAP médio (cm), área basal total viva ($m^2.ha^{-1}$) e densidade de troncos vivos ($tr.ha^{-1}$) – das florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju (AP) estão apresentadas a seguir.

Os valores de altura média da floresta variaram de 7,6 a 22,2 m e os de altura média do dossel estiveram entre 18,4 e 30,5 m (Figura 11-184). Destaca-se a proximidade entre os valores dos dois parâmetros de altura (altura média e altura média do dossel) na maioria das estações, o que indica florestas sem um sub-bosque bem marcado e compostas por indivíduos de alturas relativamente uniformes.

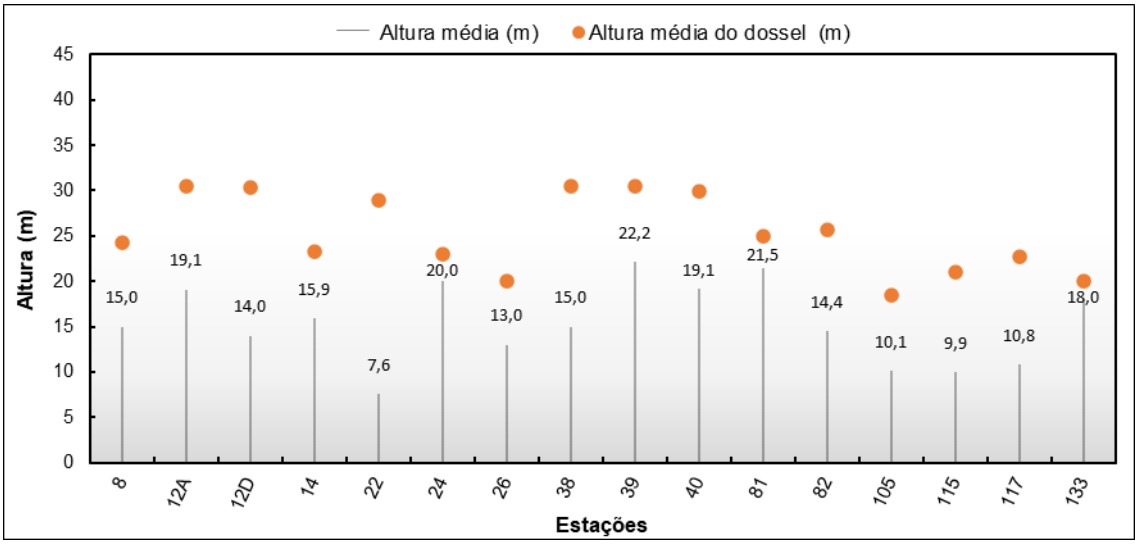


Figura 11-184: Altura média das florestas e altura média do dossel (10 indivíduos mais altos) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Considerando-se as classes de altura média do dossel estabelecidas para todas as áreas de estudo (ver Cap. 11.2 Métodos), a altura média do dossel, nas estações de medição do sistema costeiro de Sucuriju (AP), ultrapassa 22 m em 75% das estações. Em 25%, a altura média do dossel está entre 11 e 22 m. (Figura 11-185). Assim, as estações medidas no sistema costeiro de Sucuriju (AP) apresentam valores para altura média do dossel nas classes correspondente aos níveis intermediário e alto de desenvolvimento estrutural, não havendo nenhuma estação com altura média de dossel classificada como baixa.

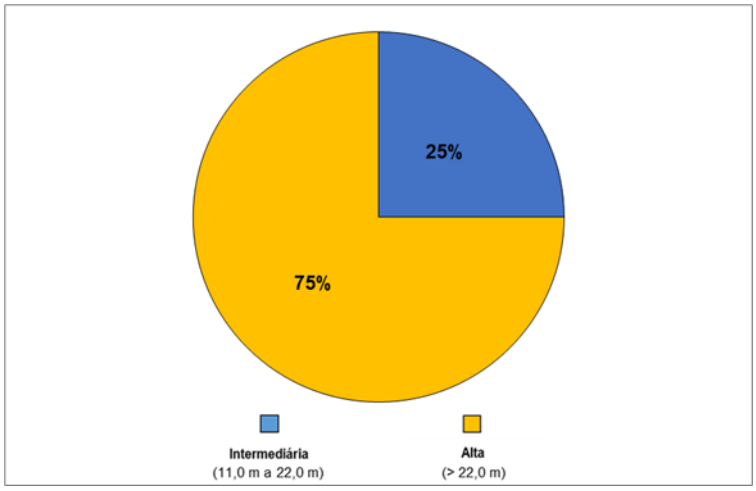


Figura 11-185: Distribuição relativa (%) das estações de medição por classes de altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Os valores de DAP médio variaram entre 12,7 cm e 34,1 cm (Figura 11-186) e os valores de área basal viva, entre 7,6 $m^2.ha^{-1}$ e 40,5 $m^2.ha^{-1}$ (Figura 11-187). Conforme apresentado no Capítulo 11.2 Métodos, são classificados como representativos de baixo desenvolvimento estrutural, os valores de DAP médio inferiores a 9 cm, valores entre 9 e 18 cm são classificados como intermediários e valores de DAP médio superiores a 18 cm são classificados como altos. No sistema costeiro de Sucuriju (AP), as estações apresentaram valores de DAP médio e área basal viva intermediários e altos quando comparados às classes de DAP médio estabelecidas para todas as áreas de estudo.

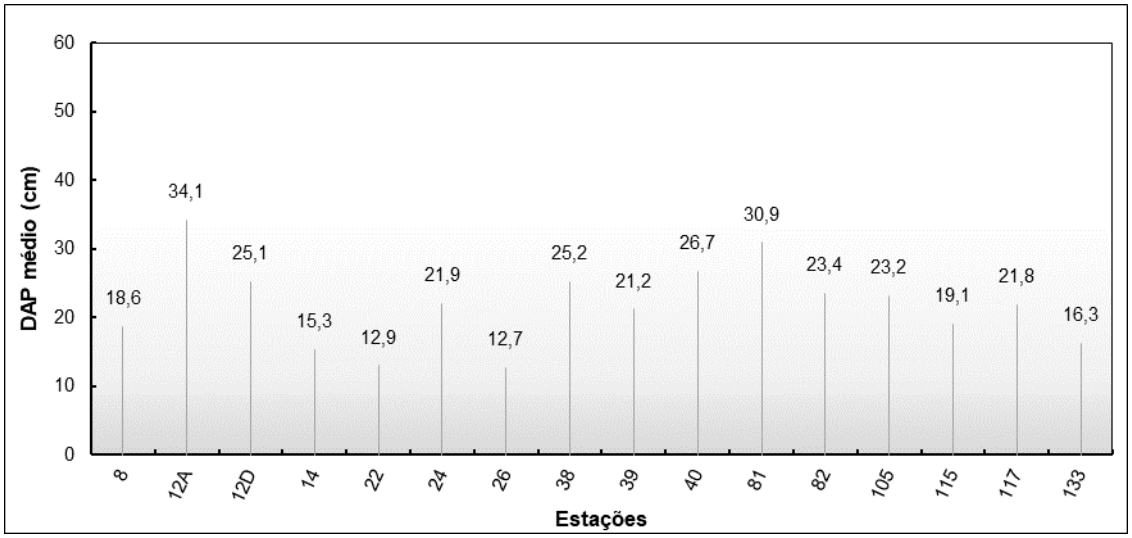


Figura 11-186: DAP médio (cm) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

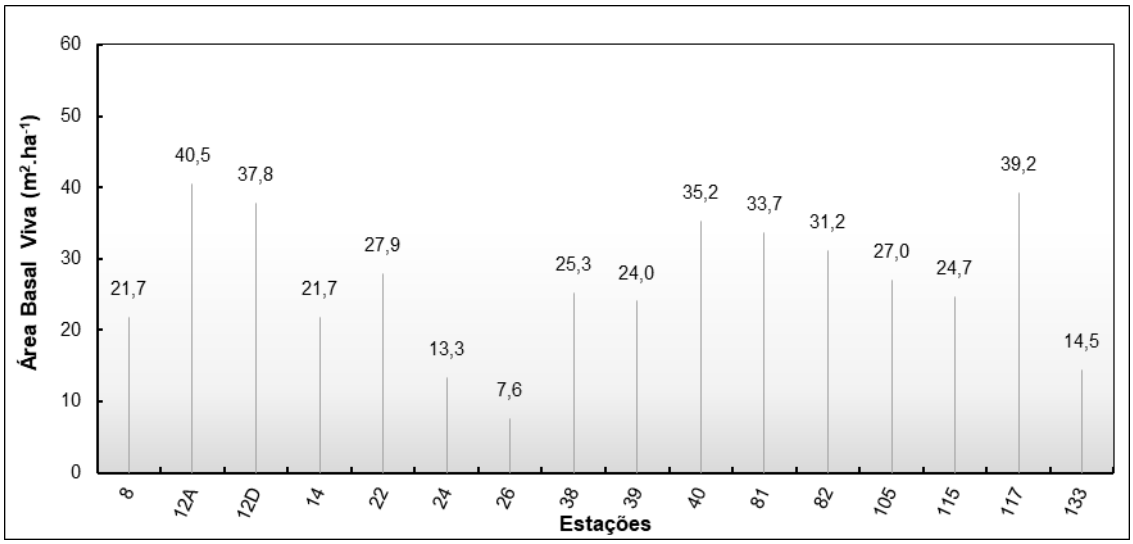


Figura 11-187: Área basal ($m^2.ha^{-1}$) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Os valores de densidade variaram entre 351 $tr.ha^{-1}$ e 2.122 $tr.ha^{-1}$ (Figura 11-188). Observando o mapa da Figura 11-189, observa-se que duas das estações com os maiores valores de densidade (estações 22 e 117) encontram-se na linha de costa, a noroeste e a sudeste da área de estudo, enquanto a estação 14 está localizada próxima à margem do rio, atrás da vila de Sucuriju. As estações onde observa-se baixa densidade estão distribuídas por toda área de estudo e, em geral, possuem valores por volta de 400 $tr.ha^{-1}$, exemplificadas pelas estações 12A, 24 e 81.

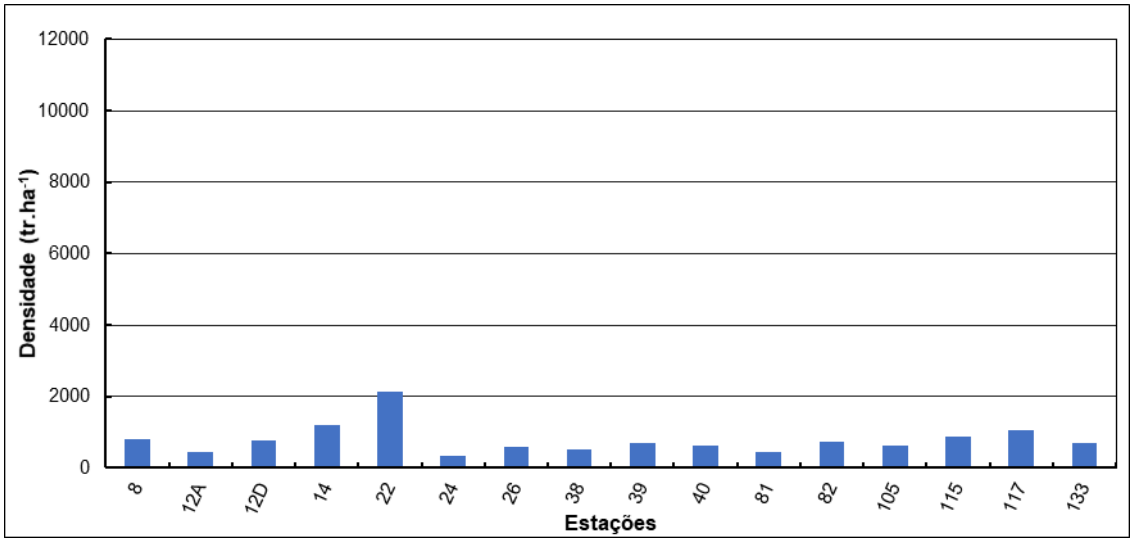


Figura 11-188: Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

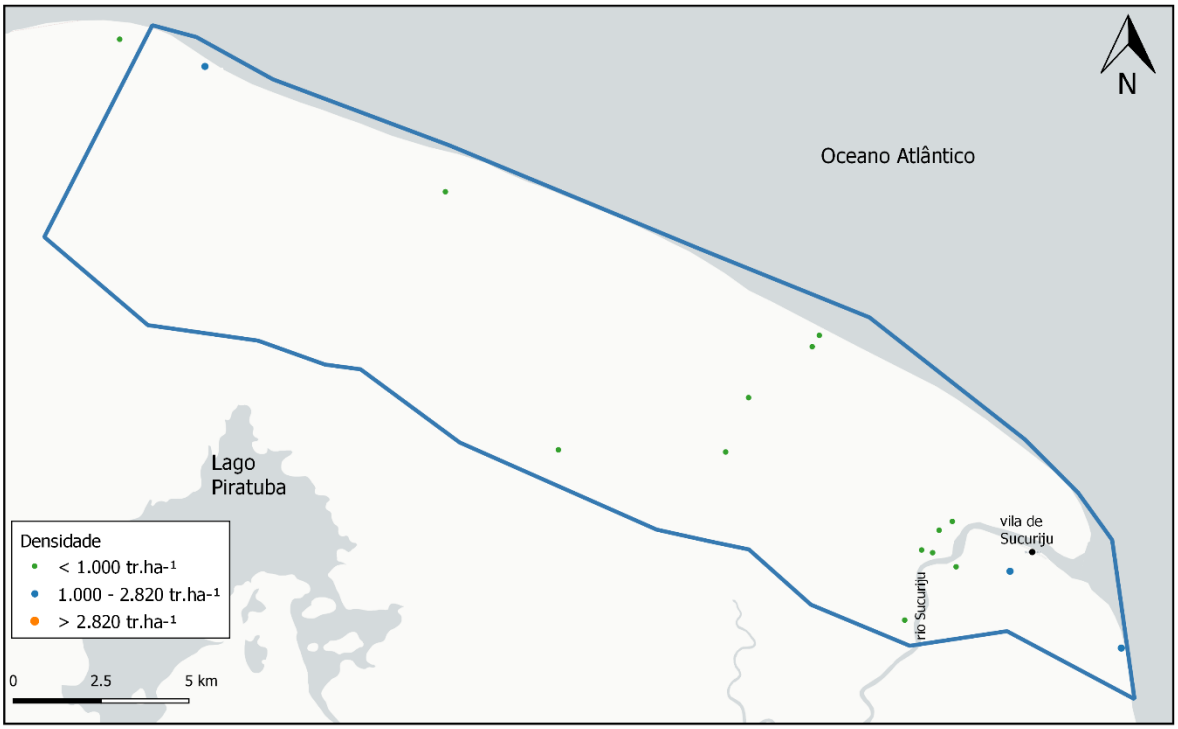


Figura 11-189: Distribuição espacial das classes de densidade considerando os resultados em cada estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Na Figura 11-190, é apresentada a distribuição relativa das estações de medição por classes de densidade (tr.ha^{-1}), conforme estabelecidas para todas as áreas de estudo (ver Cap. 11-2 Métodos), sendo: baixa, até 1.000 tr.ha^{-1}; intermediária, entre 1.000 e 2.820 tr.ha^{-1}; e alta, acima de 2.820 tr.ha^{-1}. No sistema costeiro de Sucuriju (AP), não há estações classificadas como de alta densidade. Em 81% das estações (13), a densidade foi classificada como baixa e em 19% (3 estações), os valores de densidade estiveram na classe intermediária.

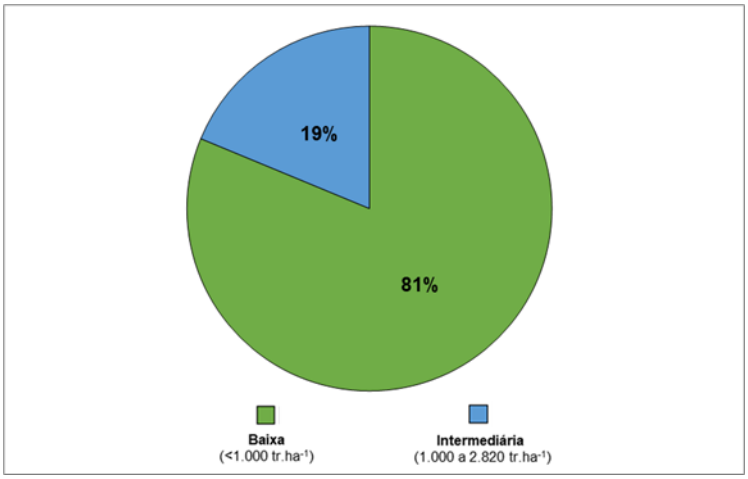


Figura 11-190: Distribuição relativa (%) das estações de medição nas classes de densidade de troncos vivos no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

A Figura 11-191 e a Figura 11-192 ilustram estações com densidades baixa e intermediária, respectivamente.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-191: Floresta com densidade baixa, 444 tr.ha^{-1}, exemplificada pela estação 12A, no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-192: Floresta com densidade intermediária, com 1.053 tr.ha^{-1}, exemplificada pela estação 117, no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

11.5.4.2. Desenvolvimento estrutural

A avaliação do desenvolvimento estrutural das florestas é de extrema importância para análise do estado de amadurecimento e conservação das florestas de mangue. As estações foram classificadas quanto ao desenvolvimento estrutural conforme os critérios apresentados no item 11.2.3.1. Essa avaliação indicou que no sistema costeiro de Sucuriju, 12 estações apresentam alto desenvolvimento estrutural e 4 apresentam desenvolvimento estrutural intermediário.

Conforme mencionado no item 11.2.3.2, a análise de correlação entre os valores de densidade e DAP médio das estações foi uma das ferramentas utilizadas na integração desses importantes parâmetros descritores da estrutura da vegetação para avaliar o desenvolvimento estrutural das florestas. O modelo comparativo entre o DAP médio e a densidade de troncos desenvolvido por Jimenez *et al.* (1985) com o objetivo de estudar a mortalidade em florestas de mangue foi usado. Esses pesquisadores elucidaram a relação entre esses dois parâmetros, contribuindo para o entendimento sobre o desenvolvimento estrutural nos manguezais.

A Figura 11-193 apresenta a comparação entre o resultado da dispersão dos valores de densidade e DAP médio obtidos nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju e o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985).

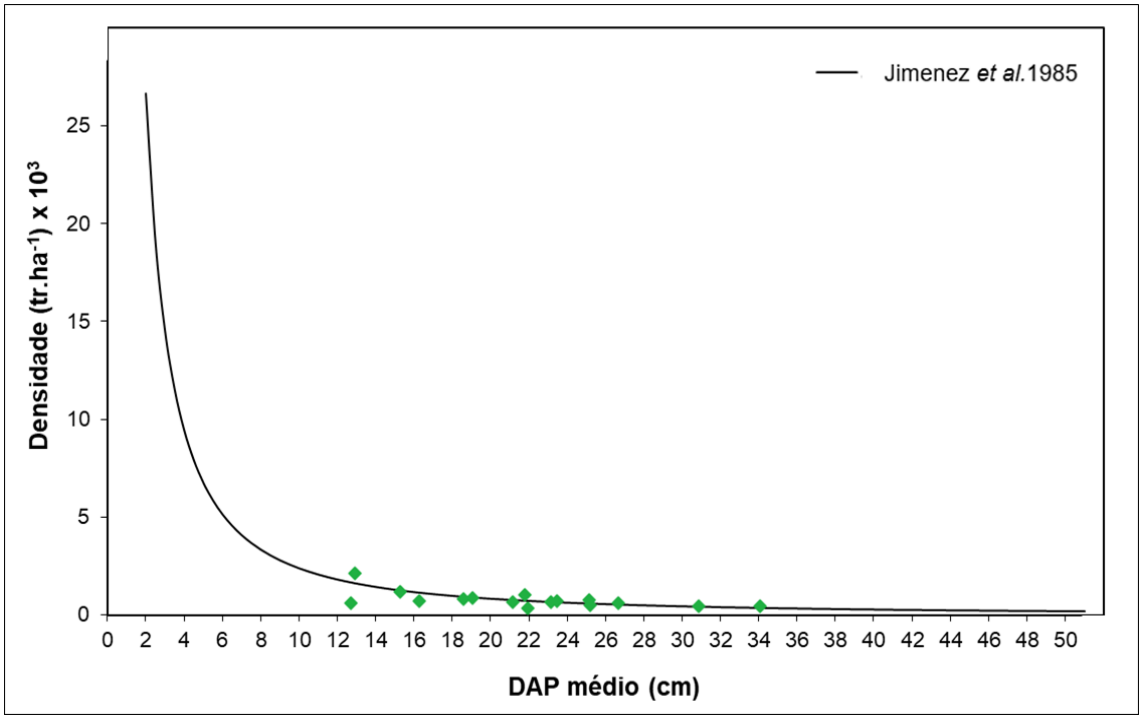


Figura 11-193: Densidade (tr.ha^{-1}) e DAP médio (cm) das estações medidas no sistema costeiro de Sucuriju (AP). A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): y= 74960 x$^{-1,493}$.

O ajuste dos dados ao modelo pode ser observado pela proximidade entre os pontos, que representam as estações, e a curva do modelo. No caso das florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju (AP), a comparação entre os resultados de densidade e DAP e a curva apresentada por Jimenez *et al.* (1985) mostra que a maior parte dos resultados da correlação é consistente com o modelo proposto por Jimenez *et al.* (1985), ou seja, estão próximos à curva. Apenas na estação 26 observa-se ligeiro distanciamento da curva, que pode ser justificado por características específicas dessa floresta, que interferem na relação entre os parâmetros analisados, ou seja, no desenvolvimento estrutural. Esse é um exemplo de florestas localizadas na porção mais interna do sistema, sujeitas a forte alagamento por água doce, onde são observados agrupamentos isolados de árvores de mangue (Figura 11-194).

Figura 11-194: Grupos de árvores de mangue ocupando área alagada, no entorno do lago Piratuba, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

As estações com desenvolvimento intermediário (DAP médio entre 9 e 18 cm) apresentaram um ajuste muito bom ao modelo, como pode ser observado na Figura 11-193. Há apenas três estações com densidade ligeiramente diferente do esperado quando comparado ao modelo de Jimenez *et al.* (1985). Duas estações de desenvolvimento intermediário apresentaram densidades abaixo do esperado para o DAP médio que apresentam (estações 26 e 133), e uma estação (estação 22) apresentou um valor de densidade um pouco maior que o esperado.

As estações com desenvolvimento estrutural alto (DAP médio superior a 18 cm) também apresentaram um ajuste muito bom ao modelo. Somente uma estação (117) apresentou valor de densidade ligeiramente inferior ao esperado para a faixa de DAP médio em que se encontra.

Assim, pode-se afirmar que o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju (AP) está bem representado pelo modelo de Jimenez *et al.* (1985) e indica uma floresta de elevado desenvolvimento estrutural. Essa condição é evidenciada pelo posicionamento da maioria das estações na porção da curva em que esta tende a ficar paralela ao eixo do DAP médio, devido ao DAP elevado e crescente (acima de 18 cm) combinado a baixas densidades (inferiores a 1.000 tr.ha^{-1}). Esse alto ajuste dos dados observados, ao modelo de Jimenez *et al.* (1985) demonstra que a maior parte das florestas estudadas é controlada pelo processo natural de amadurecimento, estando submetidas à reduzida ação de distúrbios e tensores, que possam interferir na relação DAP Médio/densidade, como a observada nas florestas anteriormente citadas.

11.5.4.3. Síntese das características gerais da floresta de mangue

Prost e Rabelo (1996) descreveram que as florestas de mangue de *Avicennia,* ou siriubais, como são conhecidas essas florestas, constituem 2/3 dos manguezais da costa do Amapá. Os resultados encontrados no presente levantamento, entretanto, mostram que o sistema costeiro de Sucuriju (AP) é caracterizado por florestas de mangue monoespecíficas de *Rhizophora* spp. e florestas mistas, compostas principalmente por *Rhizophora* spp. e *Avicennia germinans,* onde raramente *Avicennia germinans* é dominante. Alguns indivíduos de *Laguncularia racemosa* estão presentes, porém em baixa contribuição para a área basal viva

das florestas estudadas. Assim, nas áreas de florestas amostradas no presente levantamento *Avicennia* não apresentou dominância tão expressiva quanto a descrita por esses autores, o que pode refletir as condições peculiares desse sistema em comparação com outros trechos da costa do Amapá.

Costa Neto *et al.* (2003) e Costa Neto *et al.* (2006) descreveram que na foz do rio Sucuriju são encontradas florestas mistas, com os gêneros *Rhizophora* e *Avicennia* dominantes e florestas maduras com predominância de *Rhizophora* ou *Avicennia*, resultados semelhantes aos do presente levantamento. Por se tratar de um sistema muito dinâmico, em que a margem costeira, principalmente, está sujeita a uma alta energia hidrodinâmica, é provável que a margem da atual área de estudo tenha sido modificada ao longo dos anos pela erosão, levando a alterações na dominância relativa pelas espécies que a ocupam ou até mesmo causando a supressão das florestas de *Avicennia* observadas pelos pesquisadores Prost e Rabelo (1996).

Considerando-se o desenvolvimento estrutural das florestas de mangue, os resultados do presente levantamento mostraram-se compatíveis com os de outros estudos realizados nessa área. Os valores de DAP médio encontrados estão próximos aos valores relatados por Costa Neto *et al.* (2003), de 19 cm a 46 cm. Além de valores elevados de DAP médio na maior parte das estações, a maioria das estações apresenta densidade baixa e o dossel das florestas alcança, em algumas delas, cerca de 30 m de altura. A partir desta análise, é possível afirmar que as estações medidas no sistema costeiro de Sucuriju estão entre as de maior desenvolvimento estrutural das áreas de estudo do Projeto Costa Norte. Observa-se que, para a maioria das estações, as alturas média e de dossel são próximas, indicando que não há uma estratificação vertical evidente, ou seja, a ocorrência de sub-bosque nas estações medidas não é comum e indicam que as florestas são maduras e encontram-se em condição de grande estabilidade.

A ausência de *Laguncularia racemosa* nas estações de medição também está associada ao alto desenvolvimento estrutural encontrado nessa área de estudo. Geralmente, *Laguncularia racemosa* desenvolve-se em áreas abertas, de alta incidência solar, por isso essa espécie é associada a processos de colonização e regeneração do mangue. As condições descritas são opostas às encontradas em florestas antigas e bem estabelecidas, como as que se observa no sistema costeiro de Sucuriju (AP). Essa observação reforça que as florestas dessa área de estudo sejam saudáveis e bem preservadas.

As condições ambientais encontradas nesse sistema são de grande relevância para o entendimento das características das florestas de mangue encontradas, pois a disponibilidade de água doce favorece, em certa medida, a ocorrência de florestas com alto desenvolvimento estrutural. Por outro lado, seu excesso pode comprometer o desenvolvimento estrutural e levar ao desenvolvimento de particularidades na arquitetura das árvores, pois nas estações onde há alagamento temporário ou permanente por água doce (por exemplo, estações 24 e 133), o desenvolvimento estrutural é inferior ao das estações onde essas condições não são encontradas (por exemplo, estações 115 e 12D). As características das florestas e as condições ambientais de onde ocorrem são apresentadas no item 11.3.4.4 Fitofisionomias, a seguir.

11.5.4.4. Fitofisionomias

As fitofisionomias representam um detalhamento da estrutura vegetal que revela a variabilidade que pode ser observada em uma floresta de mangue, conforme anteriormente mencionado no item 11.4.1. Cada fitofisionomia reúne áreas de florestas que apresentem estrutura de vegetação semelhante entre si, ressaltando aspectos da vegetação que a diferencia de outras áreas – neste caso, outras fitofisionomias.

A identificação das fitofisionomias presentes nas florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju foi realizada com base nos dados de estrutura vegetal medidos em expedições de campo, nos parâmetros calculados a partir desses dados e em análises e interpretação de dados.

A análise de agrupamento foi utilizada com o propósito de identificar similaridades entre as estações, agrupando as mais semelhantes, que foram interpretadas como as fitofisionomias. As variáveis utilizadas nessa análise foram a dominância de cada uma das três espécies (% em área basal) o DAP médio e a altura média do dossel de cada estação. A Figura 11-195 apresenta o dendrograma resultante dessa análise, que permitiu identificar cinco fitofisionomias.

A exemplo do realizado para os manguezais da Baía de Turiaçu, foi realizada análise da arquitetura das florestas de mangue que compõem algumas das fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju, tendo em vista que há gradiente ambiental associado ao período de inundação por água doce. Esse sistema possui forte influência de áreas permanente ou periodicamente alagadas por água doce, estando parte do manguezal sob influência direta desses corpos de água, como pode se observar pelos valores baixos de salinidade obtidos nas florestas de mangue estudadas, que sempre foram inferiores a 14,5 (ver Tabela 11-22, adiante). Assim, apesar de algumas florestas terem sido agrupadas em uma mesma fitofisionomia, por apresentarem parâmetros associados ao desenvolvimento estrutural e à composição de espécies semelhantes, podem estar submetidas a diferentes condições ambientais, as quais podem ser detectadas através da análise de parâmetros descritores da arquitetura das florestas, atributos esses não considerados na análise de agrupamento.

Portanto, para o sistema costeiro de Sucuriju, para descrição da arquitetura em algumas das fitofisionomias identificadas, foram analisados o número médio de troncos por indivíduos, a relação DAP médio/altura média) e a posição em relação à franja ou ao corpo de água doce interior.

A análise desses atributos para as florestas de mangue estudadas no sistema costeiro de Sucuriju demonstra que as florestas associadas aos ambientes alagados por água doce (periodicamente ou permanentemente) possuem arquitetura ramificada com valores entre 3,09 e 5,52 troncos/individuo, típicas de florestas submetidas a algum tipo de estresse. Nas demais florestas essa relação oscila entre 1,0 e 1,17 troncos/indivíduo, característica de florestas que se desenvolvem sob condições mais favoráveis. Quando analisamos a relação DAP médio/altura média observam-se para as florestas associadas aos sistemas alagados de água doce valores entre 0,90 a 1,10, ao passo que para as demais florestas os valores dessa relação são normalmente superiores a 1,24, podendo atingir 2,29.

A análise conjunta desses dois índices demonstra que as florestas associadas às áreas alagadas de água doce apresentam-se fortemente ramificadas, como reflexo da ação de algum tipo de tensor. Todavia, a baixa relação DAP médio/altura média, indica que apesar de haver a ação de tensor (indicado pela relação troncos/individuo), o mesmo não é limitante ao crescimento dos indivíduos em altura, como normalmente observado em sistemas hipersalinos submetidos a estresse hídrico e salino. Em outras palavras, a arquitetura observada nas florestas associadas a esses ambientes, é reflexo de estresse físico associado ao crescimento em áreas fortemente alagadas, que requerem investimento maior das plantas em estruturas de sustentação, que, todavia, não inibem o crescimento das plantas, tendo em vista a condição ótima em termos fisiológicos, observada sob baixas salinidades.

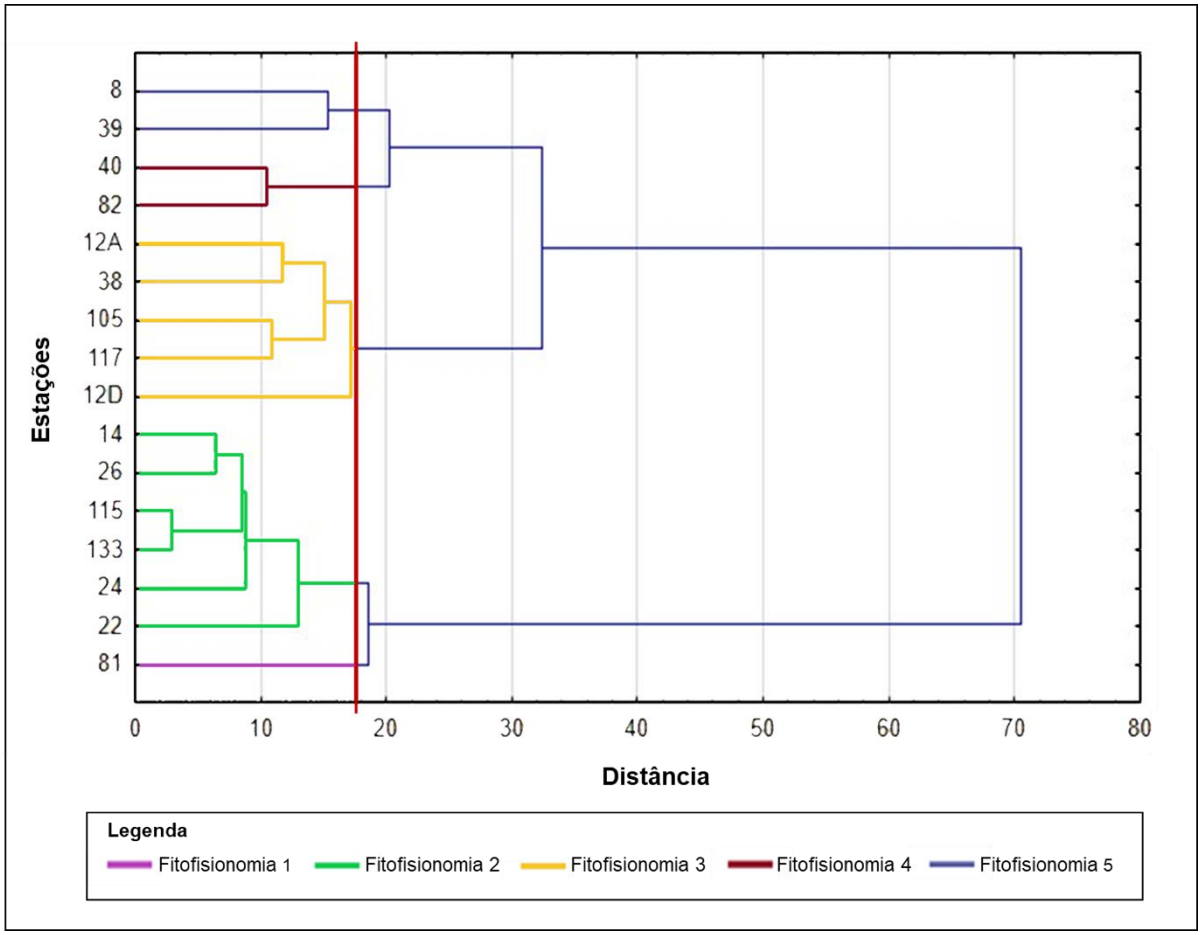


Figura 11-195: Dendrograma resultante da análise de agrupamento, onde os grupos formados abaixo da distância de corte representam as fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP). Cada grupo/fitofisionomia foi indicado por uma cor. A distância euclidiana de corte foi 18, como indicado pela linha vermelha vertical.

A distância selecionada para estabelecer o corte para separação das fitofisionomias (agrupamentos de estações com características similares) no sistema costeiro de Sucuriju (AP) foi a distância euclidiana de 18, como indicado pela linha vertical vermelha na Figura 11-195. Reiterando, conforme descrito no Cap. 11.2 Métodos e para as demais áreas, essa distância foi selecionada e ajustada a partir da análise das características dos grupos formados com cortes a diferentes distâncias, de modo a refletir um equilíbrio entre a distinção das diferenças entre os grupos formados e o agrupamento de estações com características ecológicas semelhantes. Em casos específicos, diferenças relevantes dentro de um mesmo grupo podem ser identificadas, como por exemplo características de arquitetura das árvores, que não são captadas pela análise de agrupamento realizada. Nesses casos, a fitofisionomia é dividida em tipos (subgrupos) e as características e diferenças são apontadas na descrição e análise da fitofisionomia.

Na Tabela 11-21, estão indicadas as fitofisionomias e as estações de medição que as representam. Na Figura 11-196, está representada a distribuição das fitofisionomias na área de estudo, indicadas por diferentes cores.

Tabela 11-21: Fitofisionomias identificadas nas florestas de mangue do sistema costeiro de Sucuriju (AP) e as estações de medição que as representam.

Fitofisionomia	Estações
1	81
2	14, 22, 24, 26, 115 e 133
3	12A, 12D, 38, 105 e 117
4	40 e 82
5	8 e 39

Na Figura 11-196, observa-se que a Fitofisionomia 1, composta somente pela estação 81, localiza-se na linha de costa. A Fitofisionomia 2 tem sua distribuição variada, com uma estação próxima ao rio Sucuriju, estações próximas à costa e outras próximas ao lago Piratuba. As Fitofisionomias 3 e 4 são compostas por estações próximas à linha de costa e ao rio Sucuriju e a Fitofisionomia 5, por duas estações à montante do rio Sucuriju.

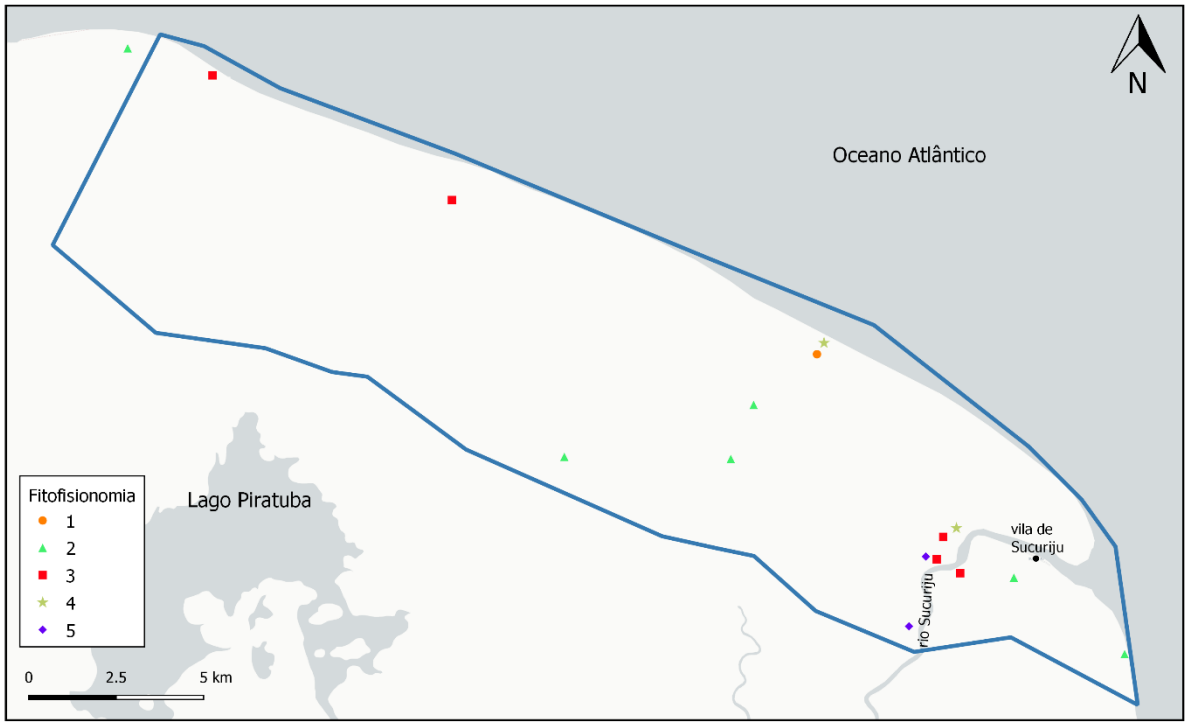


Figura 11-196: Identificação das estações de medição segundo as fitofisionomias de florestas de mangue no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

11.5.4.4.1. Descrição das Fitofisionomias

Os critérios que permitiram separar as fitofisionomias, conforme mencionado, foram, principalmente, a composição de espécies, DAP médio, densidade, altura média e altura média do dossel). A composição de

espécies pode ser observada na Figura 11-197, que apresenta os resultados da dominância relativa por espécies em cada estação de medição, ordenadas por fitofisionomias. Na interpretação dos resultados, área basal morta é um parâmetro apresentado sem distinção das espécies.

A estrutura da vegetação é analisada a partir de diferentes parâmetros: DAP médio (Figura 11-198), densidade (Figura 11-199), altura média e altura média do dossel (média da altura das 10 árvores mais altas) (Figura 11-200).Esses resultados também foram organizados graficamente por fitofisionomia, na intenção de proporcionar melhor visualização do conjunto de características que agruparam determinadas estações em uma fitofisionomia. Tais descritores são eficientes em sintetizar informações sobre a estrutura da vegetação nas estações de medição, permitindo sua comparação, principalmente no caso das estações onde há homogeneidade na composição de espécies e na estrutura da vegetação.

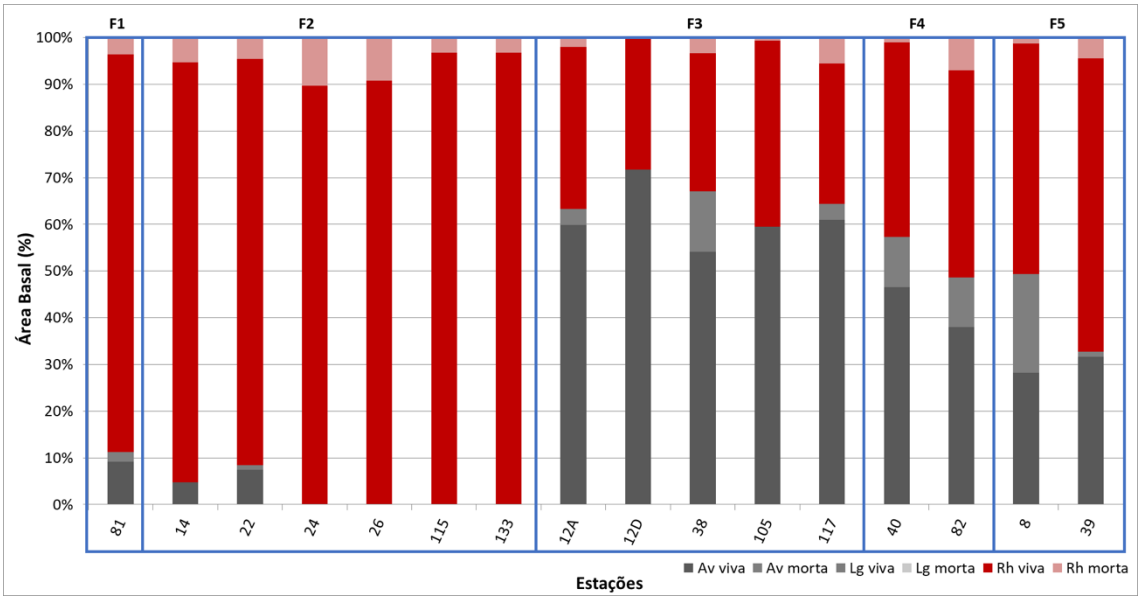


Figura 11-197: Dominância relativa (% da área basal) - viva e morta - de cada espécie nas estações de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP) agrupadas por fitofisionomia.
Av = Avicennia germinans; Lg = Laguncularia racemosa; *Rh = Rhizophora* spp.

A classificação do desenvolvimento estrutural das fitofisionomias nas classes baixo, intermediário e alto foi realizada a partir da classificação de cada uma das estações que compõem a fitofisionomia descrita.

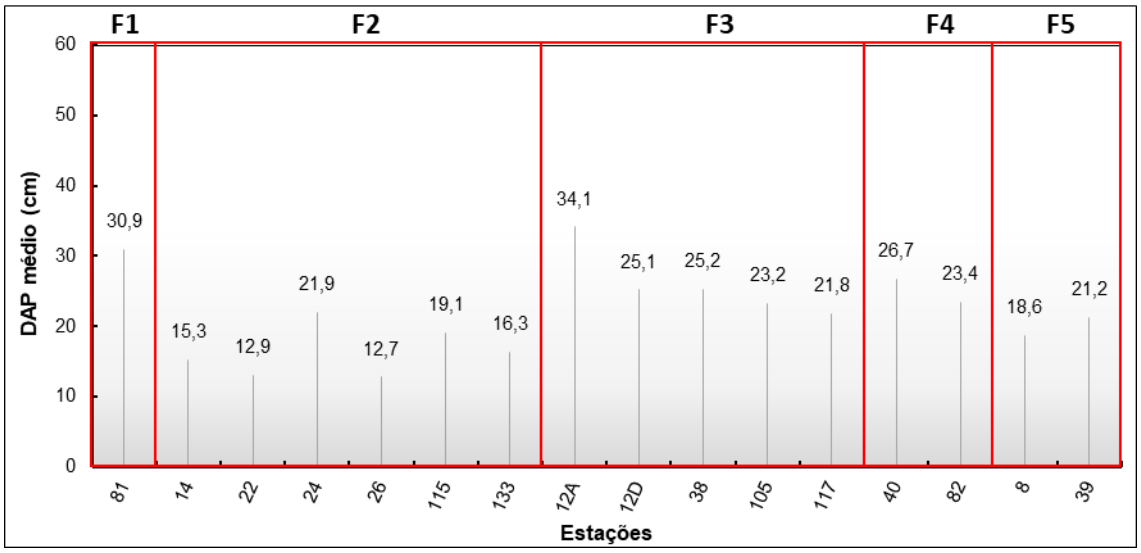


Figura 11-198: DAP médio (cm) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), agrupadas por fitofisionomia.

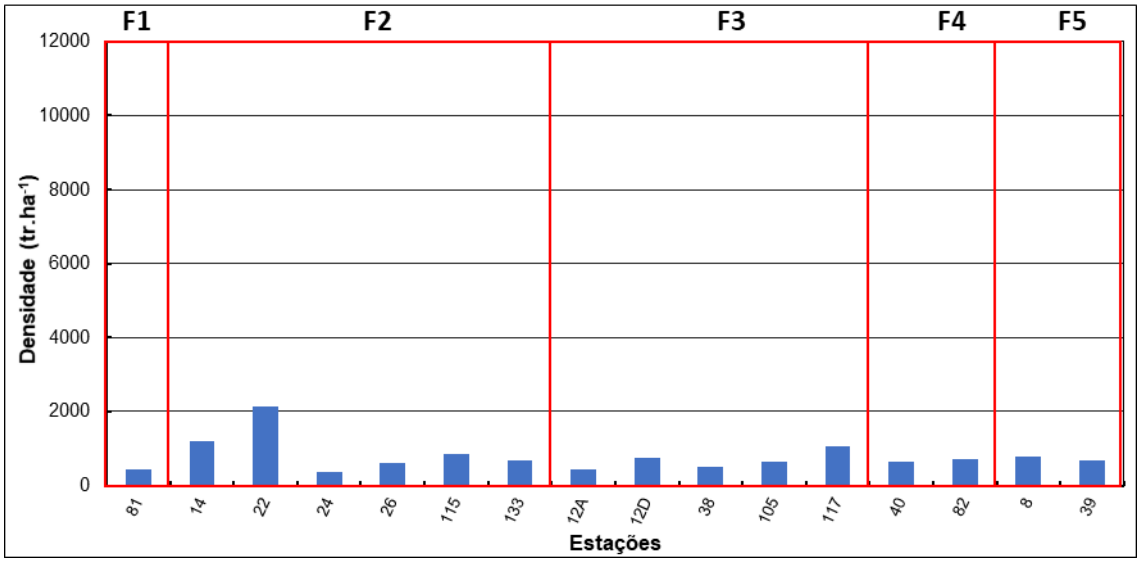


Figura 11-199: Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), agrupadas por fitofisionomia.

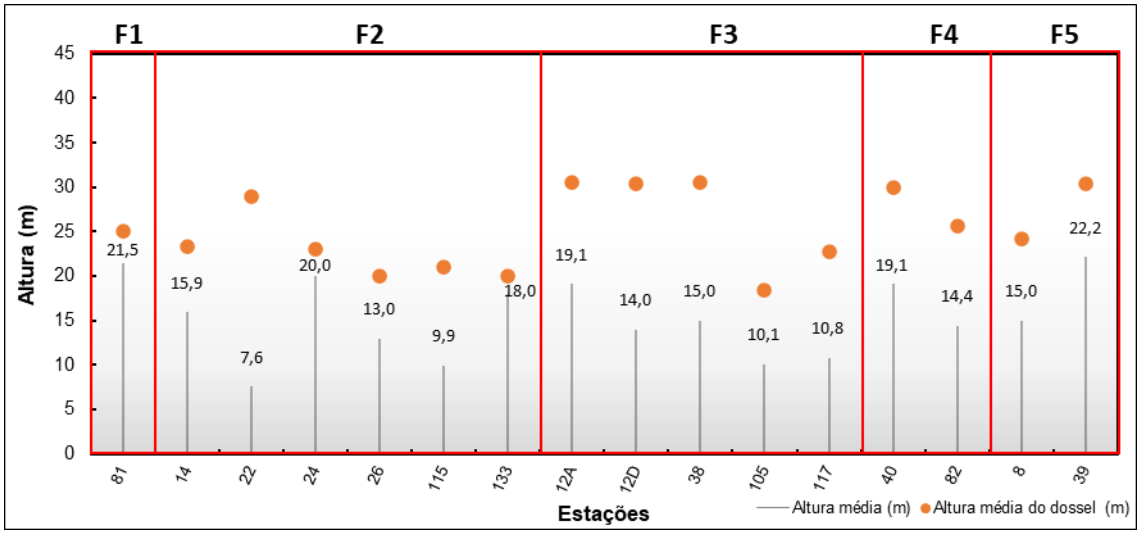


Figura 11-200: Altura média (m) da floresta e altura média do dossel (m) (10 indivíduos mais altos) por estação de medição no sistema costeiro de Sucuriju (AP), agrupadas por fitofisionomia.

Na Tabela 11-22, estão apresentados os valores de salinidade das estações e seus valores médios nas fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP). Os valores médios de salinidade das fitofisionomias variaram entre 5,8 e 14,4. Esses valores são tidos como baixos para manguezais, e estão próximos aos valores considerados ótimos para o crescimento de espécies de mangue, conforme mencionado no item 11.4.3.

Tabela 11-22: Salinidade média nas estações e fitofisionomias no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fitofisionomia	Estações	Salinidade média (Estação)	Salinidade média (Fitofisionomia)
1	81	9,8 ± 5,3	9,8
2	14	5,8 ± 1,8	5,8
	22		
	24		
	26		
	115		
	133		
3	38		11,9
	105		
	117		
	12A	9,4 ± 3,8	
	12D	14,4 ± 1,3	
4	40	8,6 ± 1,3	8,6
	82		
5	8	10 ± 1,2	11
	39	12 ± 1,6	

Ressalta-se que, em algumas estações, a medição da salinidade pode ter sido impedida pela condição muito seca do sedimento, que torna inviável a coleta de água intersticial. Essa situação costuma ocorrer em áreas de baixa disponibilidade hídrica. É possível que o alagamento do sedimento tenha inviabilizado a medição em algumas estações. Nesses casos os dados não puderam ser coletados nem apresentados.

Conforme relatado no item 11.4.1., as medidas de pH e Eh nas estações foram realizadas de forma pontual e a variabilidade dos valores medidos nas estações foi muito alta. Essas condições impossibilitaram a análise consistente de tais dados, por isso, optou-se por não apresentá-los.

As características gerais de cada fitofisionomia estão descritas a seguir, relacionando-as com o ambiente e destacando informações relevantes observadas em campo. Adicionalmente, a distribuição do número de indivíduos por classes de altura e dap com a indicação das espécies foi analisada para cada estação, como informação adicional para distinção das fitofisionomias, embora não esteja apresentada neste documento. Como mencionado anteriormente, essa análise permitiu identificar importantes características das florestas, que não são detectadas pela análise de agrupamento, como por exemplo: (i) qual espécie ocupa os diferentes estratos de altura de uma estação e, principalmente, qual espécie ocupa o dossel; (ii) identificar a ocorrência de recrutamento de jovens; (iii) identificar ocorrência e sobreposição de coortes numa mesma floresta, entre outros processos. Essas informações também foram incorporadas na descrição das fitofisionomias apresentadas a seguir.

Fitofisionomia 1

A Fitofisionomia 1 apresenta florestas de alto desenvolvimento estrutural dominadas por *Rhizophora* spp., com contribuição de *Avicennia germinans*. Há ocorrência de indivíduos com arquitetura retorcida, que determina altura do dossel relativamente reduzida em relação ao DAP médio que apresentam, o que se reflete na relação DAP médio/altura média, que apresenta valor de 1,44, muito similar aos valores observados em florestas arbustivas submetidas a algum tipo de tensor. O dossel da floresta é dominado por *Rhizophora* spp. com presença de *Avicennia germinans.*

Essa fitofisionomia é composta por apenas uma estação, a estação 81, que é dominada por *Rhizophora* spp., cuja contribuição para área basal viva é de 85,2%. *Avicennia germinans* apresenta-se com baixa contribuição, com valor de 9,1%. A contribuição em área basal morta nesta fitofisionomia é de 5,7%. O DAP médio é de 30,9 cm e a densidade registrada foi de 450 tr.ha^{-1}. A altura média é de 21,5 m e a altura média do dossel é de 25,0 m.

A Fitofisionomia 1 é composta somente pela estação 81 e localiza-se próxima à linha de costa (ver Figura 11-196). Essa área é topograficamente elevada, sofrendo, portanto, menor alagamento pelas marés. Em algumas épocas do ano pode permanecer alagada por água doce. É possível que a arquitetura retorcida das árvores encontradas nessa área seja uma resposta à essa condição de menor alagamento pelas marés. A dominância de *Rhizophora* spp. também pode estar associada à essa condição, pois essa espécie apresenta maior tolerância ao alagamento frequente, tanto por água doce quanto por água salgada, que outras espécies. Essa fitofisionomia apresenta algumas semelhanças com a Fitofisionomia 2, em termos de composição de espécie e desenvolvimento estrutural. A Figura 11-201 ilustra as características descritas, com destaque para a arquitetura retorcida das árvores e a presença de canais, pelos quais, acredita-se, a água doce atinja essa região.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-201: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 1, estação 81, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. com arquitetura retorcida, no plano de fundo e às margens do canal, e presença de canais, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fitofisionomia 2

As estações dessa fitofisionomia são fortemente dominadas por *Rhizophora* spp.; predominantemente monoespecíficas, com eventual ocorrência de *Avicennia germinans* e/ou *Laguncularia racemosa*. O desenvolvimento estrutural é intermediário e eventualmente pode ser alto, com ocorrência de indivíduos bem desenvolvidos. As árvores podem apresentar arquitetura retorcida ou ereta. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp.

Rhizophora spp. apresenta dominância relativa variando de 86,9 a 96,8% em área basal viva. *Avicennia germinans* ocorre eventualmente, com contribuição de 4,7 a 7,4%. *Laguncularia racemosa* ocorre em algumas áreas, com contribuição extremamente baixa, 1,1% para área basal viva. A contribuição em área basal morta varia entre 3,2% e 10,3% nesta fitofisionomia.

Nas estações da Fitofisionomia 2, há dois estágios de desenvolvimento identificados. Nas estações de desenvolvimento estrutural intermediário, os valores de DAP médio variaram de 12,7 a 16,3 cm, as densidades, entre 596 e 2.122 $tr.ha^{-1}$. Os valores de altura média variaram entre 7,6 e 18,0 m e os de altura média do dossel, entre 20,0 e 29,0 m. Nas estações de alto desenvolvimento estrutural, os valores de DAP médio variaram de 19,1 a 21,9 cm, a densidade variou entre 351 e 867 $tr.ha^{-1}$ e a altura média, entre 9,9 e 20,0 m; e a altura média do dossel, entre 21,1 e 23,0 m.

As estações dessa fitofisionomia estão distribuídas por todo o sistema costeiro estudado (ver Figura 11-196). A predominância de indivíduos de médio a grande porte de *Rhizophora* spp. indica que essas sejam florestas maduras. Os parâmetros estruturais indicam semelhança entre as estações dessa fitofisionomia quanto à composição de espécies e desenvolvimento estrutural. No entanto, existe uma diferenciação relevante entre as estações no que se refere à arquitetura das árvores, dependendo do tipo de ambiente ocupado. Por esse motivo, essa fitofisionomia foi subdividida em dois tipos, Fitofisionomia 2A e Fitofisionomia 2B, conforme descrito a seguir.

As florestas que pertencem ao subgrupo 2A apresentam arquitetura semelhante, com árvores eretas e pouco ramificadas, com uma ligeira diferença quanto ao estágio de desenvolvimento em que se encontram. Nesse subgrupo as florestas apresentam média de 1,03 a 1,12 troncos/individuo e relação DAP médio/altura média entre 0,96 e 1,92. O desenvolvimento estrutural reduzido da estação a leste (22) em comparação à estação a oeste (115) tem como causa mais provável à diferença de estabilidade das duas áreas. A estação 115 encontra-se em um segmento mais estável da costa, enquanto a estação 22 encontra-se em uma área mais dinâmica, que sofre mais distúrbio. A Figura 11-202 ilustra as características gerais desse subgrupo, representada pela estação 115. Destaca-se o desenvolvimento estrutural intermediário, associado à baixa densidade de troncos de *Rhizophora* spp.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-202: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 2A, estação 115, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. com baixa densidade, sistema costeiro de Sucuriju (AP).

As florestas do subgrupo 2B ocorrem nas proximidades do lago Piratuba e apresentam uma particularidade bem marcada. Essas áreas são permanentemente alagadas por água doce. A resposta adaptativa da floresta a essa condição ambiental é observada pela formação de sistemas de “ilhas”, agrupamentos de indivíduos de *Rhizophora* spp. muito antigos e muito ramificados, com uma ampla estrutura de rizóforos para dar sustentação aos indivíduos que crescem nesse ambiente permanentemente alagado. As estações desse tipo de fitofisionomia apresentam média de 3,09 a 5,52 troncos/indivíduo, enquanto nas outras florestas essa média é próxima a 1 tronco por indivíduo. A relação DAP médio/altura média nessas florestas oscila entre 0,9 e 1,1. A Figura 11-203 ilustra as características gerais dessa fitofisionomia, representada pela estação 26, onde destaca-se o ambiente alagado, formando as “ilhas” de *Rhizophora* spp.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-203: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 2B, exemplificada pela estação 26, onde é possível observar árvores de *Rhizophora* spp. ocupando áreas permanentemente alagadas nas proximidades do lago Piratuba, no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fitofisionomia 3

As florestas que compõe a Fitofisionomia 3 são florestas mistas com predomínio de *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural alto, com importante contribuição de *Rhizophora* spp. e eventual presença de jovens de *Laguncularia racemosa*. Seu dossel é dominado por *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp.

Avicennia germinans contribui com 54 % a 71,7 % em área basal viva, a maior contribuição desta espécie nas estações medidas no sistema costeiro de Sucuriju (AP), enquanto *Rhizophora* spp. contribui com 28 % a 39,8 %. A contribuição de *Laguncularia racemosa*, quando presente, é extremamente baixa, com máximo de 0,2%. A contribuição em área basal morta varia de 0,3% a 16,1% nas estações dessa fitofisionomia. Nas florestas da Fitofisionomia 3, os valores de DAP médio variaram de 21,8 a 34,1 cm; a densidade variou de 444 a 1.053 $tr.ha^{-1}$ e os valores de altura média, oscilaram entre 10,1 e 19,1 m e os de altura do dossel, entre 18,4 e 30,5 m.

Nessa fitofisionomia, estão as florestas com maior dominância relativa de *Avicennia germinans* e maior desenvolvimento estrutural da área de estudo. A distribuição de suas estações ocorre próximo à linha de costa e às margens do rio Sucuriju (ver Figura 11-196), áreas livres do alagamento permanente a que estão sujeitas algumas florestas das outras fitofisionomias. Tais condições favorecem o alto desenvolvimento estrutural alcançado nesta fitofisionomia, que indica que essas sejam florestas maduras. Na Figura 11-204 é apresentado o aspecto geral da floresta da estação 12D, que está entre as mais altas dessa área de estudo, com 30,4 m de altura média do dossel.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-204: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 3, exemplificada pela estação 12D, onde é possível observar indivíduos de grande porte de *Avicennia germinans* e de médio porte de *Rhizophora* spp. no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fitofisionomia 4

A Fitofisionomia 4 é composta de florestas mistas, com predomínio de *Rhizophora* spp. ou de *Avicennia germinans*, com alto desenvolvimento estrutural. O dossel é dominado por *Rhizophora* spp. com ocorrência de *Avicennia germinans* ou dominado por *Avicennia germinans* com ocorrência de *Rhizophora* spp.

Rhizophora spp. apresenta dominância de 41,7,0% a 44,4% de área basal viva nas florestas desta fitofisionomia enquanto *Avicennia germinans* contribui com 38,0% a 46,6%. A contribuição para a área basal morta varia entre 11,8 e 17,5%. As florestas da Fitofisionomia 4 apresentam DAP médio entre 23,4 e 26,7m; densidade, entre 630 e 722 tr.ha^{-1}; altura média, entre 14,4 e 19,1; e altura média do dossel, entre 25,7 e 29,9.

As estações dessa fitofisionomia apresentam dominância relativa equilibrada entre *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp., e o desenvolvimento estrutural está entre os maiores dessa área de estudo indicando que essas sejam florestas maduras. A distribuição de suas estações também ocorre próximo à linha de costa e às margens do rio Sucuriju (Figura 11-196), áreas livres do alagamento permanente como citado anteriormente. Tais condições favorecem o crescimento das árvores, permitindo que o alto desenvolvimento estrutural seja alcançado nesta fitofisionomia. As estações dessa fitofisionomia guardam semelhanças com as da Fitofisionomia 3 quanto ao desenvolvimento estrutural e localização.

Na Figura 11-205, a estação 40 é apresentada como ilustração dessa fitofisionomia. Destaca-se seu alto desenvolvimento estrutural e a contribuição de *Rhizophora* spp.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-205: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 4, exemplificada pela estação 40, onde é possível observar grandes indivíduos de *Rhizophora* spp. no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fitofisionomia 5

As florestas dessa fitofisionomia possuem alto desenvolvimento estrutural. Há dominância de *Rhizophora* spp. com ocorrência de *Avicennia germinans*. O dossel dessas florestas é dominado por *Rhizophora* spp., com contribuição de *Avicennia germinans.*

Na Fitofisionomia 5 a dominância relativa de *Avicennia germinans* varia entre 28,2% e 31,7% em área basal viva, e de *Rhizophora* spp., entre 49,5% e 62,8%. A contribuição para a área basal morta varia entre 5,5 e 22,3%. As florestas dessa Fitofisionomia apresentaram valores de DAP Médio entre 18,6 e 21,2 cm; de densidade entre 683 e 800 $tr.ha^{-1}$; de altura média entre 15,0 e 22,2 m e entre 24,2 e 30,4 m de altura média do dossel. As estações da Fitofisionomia 5 localizam-se próximas ao rio Sucuriju (ver Figura 11-196). O alto desenvolvimento estrutural dessa fitofisionomia indica que essas sejam florestas maduras, o que deve estar associado às condições ambientais favoráveis de disponibilidade de água doce e de ambiente mais abrigado e estável. Na Figura 11-206, o aspecto geral da floresta é representado pela estação 8, com destaque para a baixa densidade e a ocorrência das duas espécies, *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp.

Fonte: Acervo NEMA

Figura 11-206: Aspecto geral de floresta pertencente à Fitofisionomia 5, exemplificada pela estação 8, onde é possível observar indivíduos grandes de *Rhizophora* spp. ao fundo e *Avicennia germinans* no primeiro plano, no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

11.5.4.4.2. Síntese das Fitofisionomias

As faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação para as fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP) estão apresentadas na Tabela 11-23. Os parâmetros são: dominância relativa (área basal %), DAP médio (cm), altura média (m), altura média do dossel (média dos 10 indivíduos mais altos) (m), densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1}), área basal morta (%).

Na Tabela 11-24 , estão resumidas as informações sobre as fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP), com as respectivas estações de medição, a composição de espécies e o desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-23: Faixas de variação dos principais parâmetros da estrutura da vegetação das fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP).

Fitofisionomia	Composição de espécies (%)			DAP médio (cm)	Altura média (m)	Altura média do dossel (m)	Densidade de troncos vivos (tr.ha^{-1})	Área Basal morta (%)
	Av	*Lg*	*Rh*					
1	9,1	0,0	85,2	30,9	21,5	25,0	450	5,7
2	0 - 7,4	0 - 1,1	86,9 - 96,8	12,7 - 21,9	7,6 - 20,0	20,0 - 29,0	351 - 2.122	11,7 - 15,1
3	54,2 - 71,7	0 - 0,2	28,0 - 39,8	21,8 - 34,1	10,1 - 19,1	18,4 - 30,5	444 - 1.053	0,3 - 16,1
4	38,0 - 46,6	0	41,7 - 44,4	23,4 - 26,7	14,4 - 19,1	25,7 - 29,9	630 - 72	11,8 - 17,5
5	28,2 - 31,7	0	49,5 - 62,8	18,6 - 21,2	15,0 - 22,2	24,2 - 30,4	683 - 800	5,5 - 22,3

Legenda: *Av* = *Avicennia germinans*; *Lg* = *Laguncularia racemosa*; *Rh* = *Rhizophora* spp.

Tabela 11-24: Fitofisionomias identificadas no sistema costeiro de Sucuriju (AP): estações de medição que as compõem, composição de espécies, composição do dossel e classe de desenvolvimento estrutural.

Sistema Costeiro de Sucuriju (AP)				
Fitofisionomia	**Estações de Medição**	**Composição**	**Composição do Dossel**	**Classe de Desenvolvimento Estrutural**
1	81	Dominada por Rh com contribuição de Av	Dominado por Rh, com presença de Av	Alto
2	14, 22, 24, 26, 115 e 133	Monoespecífica de Rh ou Dominada por Rh com ocorrência eventual de Av e/ou Lg	Dominado por Rh	Intermediário/Alto
3	12A, 12D, 38, 105 e 117	Mista com predomínio de Av importante ocorrência deRh e presença eventual de Lg	Dominado por Av e Rh	Alto
4	40 e 82	Mista de Rh e Av	Dominado por Rh, com ocorrência de Av; ou dominado por Av, com ocorrência de Rh	Alto
5	8 e 39	Mista com predomínio de Rh e ocorrência de Av	Dominado por Rh com ocorrência de Av	Alto

Legenda: Av = *Avicennia germinans*; Lg = *Laguncularia racemosa*; Rh = *Rhizophora* spp.

11.5.5. Desenvolvimento Estrutural dos Manguezais da Margem Equatorial Brasileira

As florestas de mangue que ocupam a Margem Equatorial Brasileira foram avaliadas a partir dos parâmetros estruturais obtidos em 179 estações de medição distribuídas nas áreas de estudo Baía de Turiaçu (MA), estuário de São Caetano de Odivelas (PA), sistema costeiro de Soure (PA) e sistema costeiro de Sucuriju (AP), conforme descrito nos itens anteriores desse capítulo. Os resultados encontrados indicam que 42% destas estações representam florestas com alto desenvolvimento estrutural; 40% representam florestas de desenvolvimento estrutural intermediário e 18%, de baixo desenvolvimento estrutural.

As características das florestas estudadas podem ser observadas ao compararmos os resultados da correlação entre os dados de densidade e DAP médio de cada uma das estações das áreas de estudo e o respectivo ajuste com a curva do modelo proposto por Jimenez *et al*. (1985), conforme representado na (Figura 11-207). Nessa figura notamos uma ampla distribuição das estações ao longo da curva e também um bom ajuste dos resultados da correlação na porção intermediária e superior do eixo de DAP médio das florestas, ou seja, no trecho da curva a partir do DAP médio de 9 cm. As estações localizadas nesse trecho da curva são as que identificamos, nas análises descritas anteriormente em cada área de estudo, como pertencentes às classes de desenvolvimento estrutural intermediário e alto. No terço inferior da curva, contudo, onde o DAP médio é menor que 9 cm, encontramos uma dispersão bastante acentuada das estações, apresentando tanto densidades acima, como abaixo do esperado pelo modelo, apontando para ampla variabilidade estrutural das florestas de mangue na Margem Equatorial Brasileira. É importante destacar que a análise de correlação entre os resultados de densidade e de DAP médio é uma forma objetiva e integrada de observar o desenvolvimento estrutural das florestas.

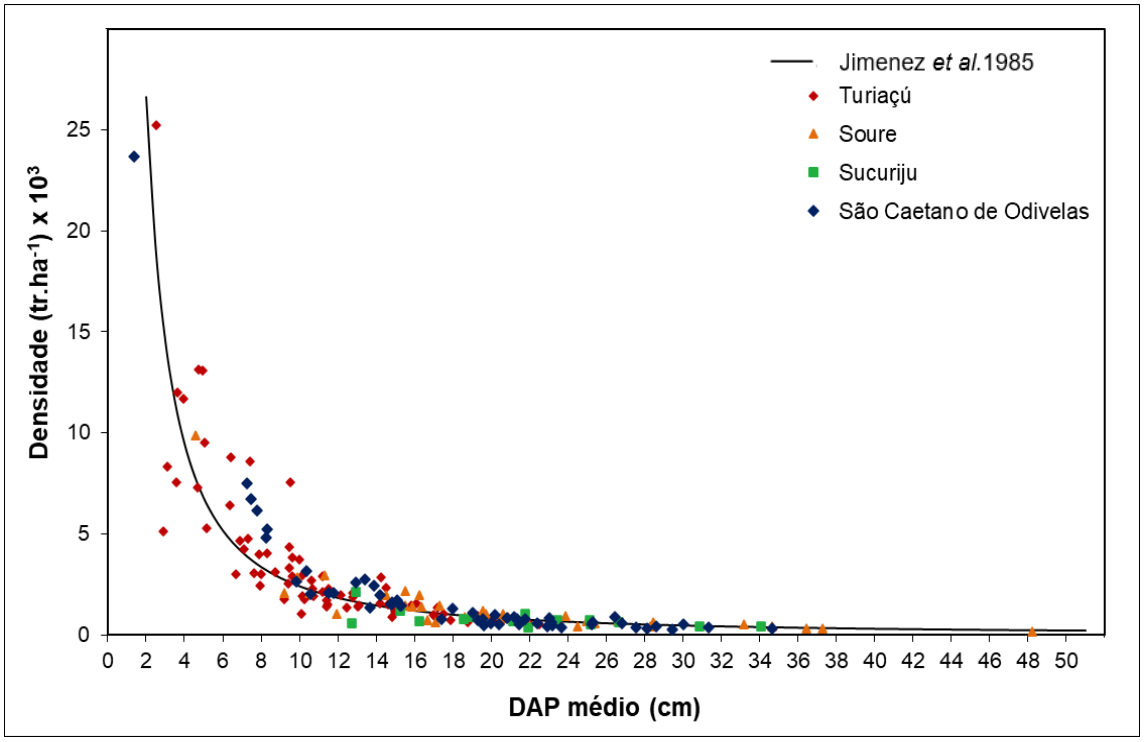


Figura 11-207: Densidade (tr.ha-1) e DAP médio (cm) das estações medidas em todas as áreas de estudo do Projeto Costa Norte. A curva teórica representa a relação proposta por Jimenez *et al.* (1985): y= 74960 $x^{-1,493}$.

Os padrões de desenvolvimento das florestas de mangue, de uma maneira geral, seguem uma relação direta entre a densidade e o DAP médio. Dessa forma, observamos que no início de seu desenvolvimento, as florestas possuem uma elevada densidade de troncos, como resultado da rápida ocupação de um espaço disponível. Isso significa que em uma condição natural de dispersão, os propágulos que chegam a

um local propício dão início a uma nova floresta ocupando o espaço disponível da maneira mais eficiente possível. Posteriormente, com o crescimento desses indivíduos, o diâmetro do tronco aumenta e há uma diminuição da densidade de troncos e de indivíduos na floresta, em um processo conhecido por desbaste natural da floresta.

Este comportamento ocorre tanto em um banco lamoso recém-depositado, quanto em uma clareira no interior da floresta, onde a morte ou queda de uma árvore de grande porte pode tornar o espaço novamente disponível para a colonização ou o desenvolvimento de indivíduos a partir do crescimento do sub-bosque. O tempo de ocorrência e a direção do desenvolvimento das florestas estão intimamente relacionados aos processos hidrodinâmicos costeiros que erodem ou disponibilizam o substrato (deposição), ao tempo de vida de uma árvore na Margem Equatorial Brasileira, ao rigor ambiental e à ocorrência de distúrbios que podem fazer com que o processo de desenvolvimento da floresta se dirija para amadurecimento ou regrida para fases anteriores e iniciais de desenvolvimento. Assim, a variabilidade no processo de desenvolvimento e amadurecimento das florestas de mangue é moldada por características e alterações locais relacionadas a eventos naturais, como por exemplo, erosão costeira, deposição, ondulação, ventos, entre outros. A frequência e intensidade desses eventos, juntamente com a variabilidade das condições ambientais locais, como aporte de água doce continental, clima e gradientes de salinidade, explicam a variabilidade encontrada na diversidade estrutural das florestas analisadas nas diferentes áreas de estudo. Assim, valores muito divergentes do modelo elaborado por Jimenez et al. (1985) podem encontrar respostas nas características ambientais locais a que estão submetidas as florestas de mangue.

A análise geral da distribuição das estações na Figura 11-207 sob a ótica do desenvolvimento estrutural permite observar que as maiores e talvez mais longevas florestas se encontram mais à direita da figura, com estações nas quais predominam os valores mais elevados de DAP médio (eixo x, Figura 11-207). Esse é um indício de um processo natural de desenvolvimento aliado à estabilidade do sistema e ao reduzido estresse ambiental que limitaria o crescimento das árvores, permitindo às florestas alcançarem o desenvolvimento máximo. Apesar das demais estações de alto desenvolvimento estrutural oscilarem em torno da curva, as oscilações são pequenas para todas as áreas de estudo demonstrando que estas florestas seguem os padrões naturais semelhantes para o desenvolvimento em cada uma das áreas, permitindo que, em praticamente todas as áreas, com exceção da Baía de Turiaçu, as florestas alcancem o máximo desenvolvimento estrutural estimado para a Margem Equatorial Brasileira. Em contraste, conforme explicado acima, a análise das estações classificadas em baixo e intermediário desenvolvimento estrutural, evidencia uma tendência de maior distância destas em relação à curva do modelo proposto por Jimenez et al. (1985), sendo maior a distância da curva quanto mais baixo for o desenvolvimento estrutural.

Padrões espaciais também foram identificados, com diferenças entre as áreas de estudo, assim, a separação das estações é evidente também quando analisamos a distribuição do desenvolvimento estrutural das estações por área de estudo. A Baía de Turiaçu representa um ambiente com uma ampla diversidade de florestas e forte influência das características locais, fato demonstrado principalmente na proporcionalidade entre as estações distribuídas nas classes de alto, intermediário e baixo desenvolvimento estrutural, respectivamente 15%, 52% e 33%. Segundo o mapeamento da distribuição espacial das florestas realizado utilizando os dados de altura das árvores fornecidos pelo levantamento por LiDAR, na Baía de Turiaçu há predomínio de florestas com desenvolvimento estrutural baixo (cerca de 67,1% da área das florestas mapeadas) ou intermediário (32,4% da área das florestas de mangue mapeadas). As florestas com altura compatível com alto desenvolvimento estrutural representaram apenas 0,5% da área de florestas de mangue mapeadas. Essas características refletem as condições mais severas desse trecho da costa, que apresenta uma estação seca bem definida (com déficit hídrico) e bastante

intensa. Observa-se ainda grande proporção de florestas de baixo desenvolvimento estrutural com densidade abaixo da prevista pelo modelo de Jimenez et al. (1985), o que também é reflexo do rigor ambiental típico de florestas de mangue se desenvolvendo em ambientes hipersalinos com estresse hídrico e salino. É observado na região, a existência de um gradiente ambiental de aumento desse estresse no sentido franja – transição com planície hipersalina. Este rigor ambiental é observado, principalmente, nos dados das estações de baixo desenvolvimento que estão próximas às áreas limítrofes do manguezal como zonas de transição e colonização, como exemplo podemos destacar as estações 10C, 98T, 100C, 95C, 98C entre outras, conforme relatado no item 11.4.1. Portanto, nesse sistema, encontram-se tanto florestas jovens que possuem maior aderência ao modelo de Jimenez et al. (1985), como florestas de baixo desenvolvimento estrutural se desenvolvendo em locais com maior rigor ambiental, como observado em zonas de maior salinidade na interface com planícies hipersalinas. Tal característica é representada pela maior dispersão de dados, com menor ajuste ao modelo, na faixa de menores DAP médio, padrão relatado por Soares et al. (2017) para florestas de mangue associadas a planícies hipersalinas, representando uma ocupação do espaço disponível abaixo do potencial máximo.

O sistema costeiro de Sucuriju apresenta florestas com características típicas de área com grande estabilidade ambiental e baixo estresse, com estações representando florestas de desenvolvimento estrutural alto (75% das estações) e intermediário (25% das estações). Tal padrão é representado no mapeamento das florestas de mangue, com cerca de 76% das florestas apresentado altura compatível com essas classes de desenvolvimento estrutural. Adicionalmente, o mapeamento nos revela que o restante dessa área é ocupada por florestas com altura do dossel inferior a 11 metros, sendo assim consideradas de baixo desenvolvimento estrutural, e que não foram quantificadas pelas estações de medição. É importante ressaltar que apesar da aparente estabilidade a qual essas florestas encontram-se submetidas, que se reflete na estrutura das mesmas, parte do sistema costeiro de Sucuriju é submetido à intensa dinâmica costeira, que provoca perda de parte da floresta de franja por processos erosivos. Portanto, quando descreve-se a estabilidade desse sistema, referimo-nos às florestas remanescentes de mangue.

As florestas do sistema costeiro de Soure também parecem refletir um comportamento relacionado à estabilidade ambiental. Os dados das estações se apresentam com um maior percentual nas classes de alto e intermediário desenvolvimento estrutural, 64% e 33%, respectivamente. A área possui 61% das florestas mapeadas dentro das classes de altura de dossel compatíveis com desenvolvimento estrutural intermediário e alto, apresenta as florestas com maior desenvolvimento estrutural dentre as medidas em campo em todas as áreas de estudo. Como exemplo desse grande desenvolvimento das florestas, podemos citar a estação 84, que possui DAP médio de 48,2 cm e densidade de 174 troncos.ha^{-1}.

O estuário de São Caetano de Odivelas apresenta uma grande diversidade de florestas, possuindo uma proporcionalidade e representatividade entre as estações de medição para as classes de alto, intermediário e baixo desenvolvimento estrutural com 58%, 32% e 12%, respectivamente. Dentre as estações medidas em campo nessa área, predominam florestas em estágio avançado da fase inicial de amadurecimento (entre as faixas de desenvolvimento estrutural baixo e intermediário). Todavia, no mapeamento, as florestas com altura de dossel compatível com níveis de desenvolvimento estrutural intermediário e alto correspondem a cerca de 76% da área mapeada. Nesse sistema, florestas maduras com alto desenvolvimento estrutural são as mais representativas dentre todas as áreas estudadas (35% da área mapeada). Observa-se ainda uma estação com desenvolvimento estrutural bastante baixo, representando fisionomia associada à área recém-formada por depósitos sedimentares. Essa amplitude de níveis de desenvolvimento estrutural reflete a variabilidade de ambientes nesse sistema, que inclui desde áreas submetidas à alta dinâmica costeira na entrada do estuário até áreas mais estáveis no interior do estuário. Assim, de acordo com os padrões locais de circulação hidrodinâmica, existem locais de rápida deposição de

substrato (areia ou lama) que são rapidamente colonizados por vegetação de mangue, como por exemplo as estações 91, 92, 18, 21, 28 e 77.

Conforme apresentado, as florestas de mangue da Margem Equatorial Brasileira, analisadas a partir das quatro áreas de estudo, apresentam-se como florestas saudáveis e de alto desenvolvimento estrutural. É possível afirmar ainda que as florestas de mangue de cada uma das áreas de estudo refletem, em seus arranjos estruturais, os processos dinâmicos a que estão submetidas, como circulação hidrodinâmica local e costeira, frequência de alagamento pela maré, amplitude de maré, contribuição de água doce, processos erosivos e deposicionais, entre outros.

Os resultados apresentados aqui sobre a vegetação de mangue no litoral norte do Brasil nos revelam manguezais com florestas pujantes que alcançam o alto desenvolvimento estrutural. Ao mesmo tempo, esses mesmos resultados, nos mostram um alinhamento e equilíbrio dessas florestas às forçantes ambientais locais, determinando uma alta diversidade estrutural, que se faz representar pelas inúmeras fitofisionomias descritas no presente estudo. Nesse sentido, a manutenção do vigor desses manguezais é o resultado de delicados processos de desenvolvimento das florestas que parecem totalmente ajustadas aos processos naturais locais e que, se forem perpetuados, garantirão toda grandiosidade e esplendor dos manguezais da Margem Equatorial Brasileira.

11.6. Considerações sobre a Identificação e Mapeamento das Fitofisionomias

A definição das “fitofisionomias espacializáveis” – aquelas fitofisionomias passíveis de serem mapeadas em escala regional através de técnicas de sensoriamento remoto, foi alcançada através de duas linhas paralelas e integradas de investigação: (i) identificação ecológica das fitofisionomias com base em dados fitossociológicos medidos em campo e (ii) identificação de diferentes “classes” de florestas de mangue com base em técnicas de sensoriamento remoto (ver Figura 10-9, Capítulo 10, item 10.2).

Essas duas linhas de investigação foram conduzidas de forma integrada, na busca de um mapeamento, em escala regional e o mais detalhado possível, das diferentes fitofisionomias que compõem as florestas de mangue estudadas. Para isso, partiu-se do pressuposto de que o mapeamento das florestas de mangue, como uma unidade homogênea, deveria ser superado em favor da identificação de sua variabilidade estrutural (composição de espécies e desenvolvimento estrutural), representada por diferentes fitofisionomias.

É importante destacar que a integração dessas duas abordagens não é tarefa fácil ou banal, tendo em vista as diferenças de escalas e de detalhamento das informações levantadas. Assim, podemos listar vantagens e limitações inerentes a cada uma dessas abordagens, conforme Tabela 11-25.

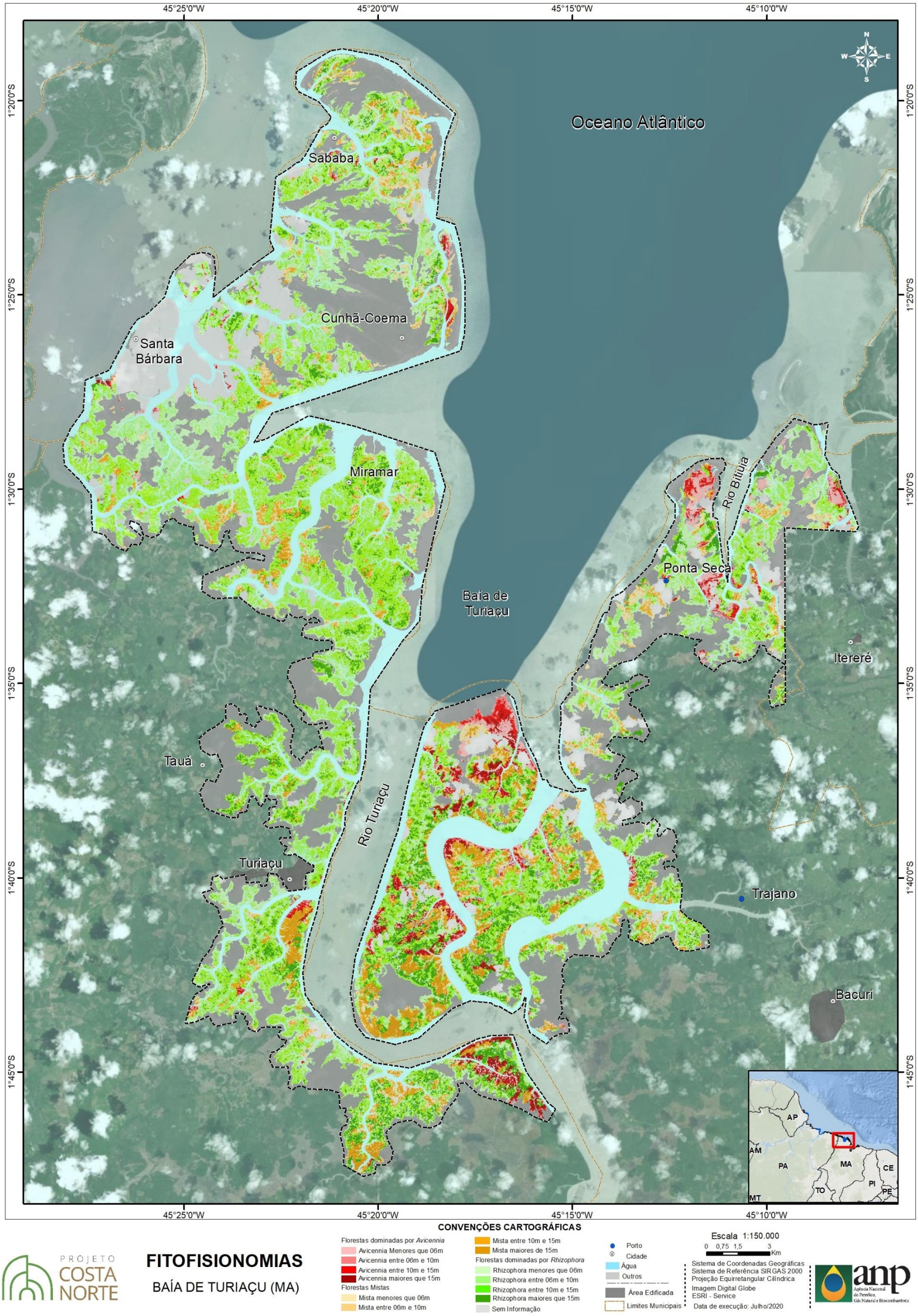
As ferramentas de mapeamento baseadas em sensores óticos – imagens de satélite – nos fornecem um panorama das características espectrais do dossel das florestas e, portanto, possuem apenas a capacidade de retratar a composição de espécies nesse estrato. O levantamento por LiDAR – aquisição de dados por laser, por sua vez, permite uma estimativa precisa da altura da floresta, sobretudo do dossel, como aplicado no presente estudo. Por outro lado, o levantamento fitossociológico das florestas permite uma caracterização mais completa de toda comunidade vegetal, descrevendo de forma detalhada não apenas as características do dossel, mas a composição da floresta por espécie, por condição (vivo/morto) e por classes de altura e diâmetro do tronco, parâmetros que permitem uma caracterização mais precisa do grau de desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-25: Técnicas de abordagem no mapeamento de fitofisionomias: vantagens e limitações.

Técnica/Abordagem	Vantagens	Limitações
Levantamento Fitossociológico	✓ Detalhamento e quantificação direta de diversas características da floresta e respectivos parâmetros estruturais.	✓ Limitação espacial; informações restritas às estações de medição. ✓ Dificuldades para extrapolação das informações para uma escala regional.
Análises por Sensoriamento Remoto	✓ Caracterização de florestas de mangue em escala regional.	✓ Caracterização limitada de parâmetros estruturais; restrita à composição de espécies e altura do dossel. ✓ Identificação da composição de espécies limitada àquelas que ocupam o dossel.

Portanto, através da comparação entre as vantagens e limitações das duas abordagens utilizadas, nota-se que as mesmas devem ser adotadas de forma complementar, pois basicamente as limitações de uma abordagem são supridas em grande parte pelas vantagens da outra. A integração dos resultados gerados por essas duas linhas de investigação permitiu espacializar as fitofisionomias identificadas e realizar o mapeamento final das fitofisionomias em cada área de estudo.

O mapeamento das fitofisionomias espacializáveis, resultantes da integração entre o levantamento fitossociológico e as análises por sensoriamento remoto, em cada área de estudo está apresentado na Figura 11-208, Baía de Turiaçu (MA); na Figura 11-209, estuário de São Caetano de Odivelas (PA); na Figura 11-210, sistema costeiro de Soure (PA); e na Figura 11-211, sistema costeiro de Sucuriju (AP). A metodologia que permitiu a espacialização das fitofisionomias está detelhadamente descrita no Capítulo 10. Destaca-se esse como um dos resultados mais relevantes do Projeto Costa Norte, pois a partir dele foi possível representar cartograficamente a heterogeneidade das florestas de mangue, antes possível apenas pelo relato de análises de estrutura da vegetação a partir dos levantamentos fitossociológicos de campo. Esse resultado constitui-se ainda na principal contribuição da componente biológica do Projeto Costa Norte às análises de vulnerabilidade das florestas de mangue localizadas na MEB à contaminação por óleo no caso de um evento acidental com vazamento de óleo no mar e à interpretação dos efeitos dos processos costeiros na região sobre as florestas de mangue.



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Florestas dominadas por *Avicennia*
- Avicennia Menores que 06m
- Avicennia entre 06m e 10m
- Avicennia entre 10m e 15m
- Avicennia maiores que 15m

Florestas Mistas
- Mista menores que 06m
- Mista entre 06m e 10m
- Mista entre 10m e 15m
- Mista maiores de 15m

Florestas dominadas por *Rhizophora*
- Rhizophora menores que 06m
- Rhizophora entre 06m e 10m
- Rhizophora entre 10m e 15m
- Rhizophora maiores que 15m
- Sem Informação

Porto
Cidade
Água
Outros
Área Edificada
Limites Municipais

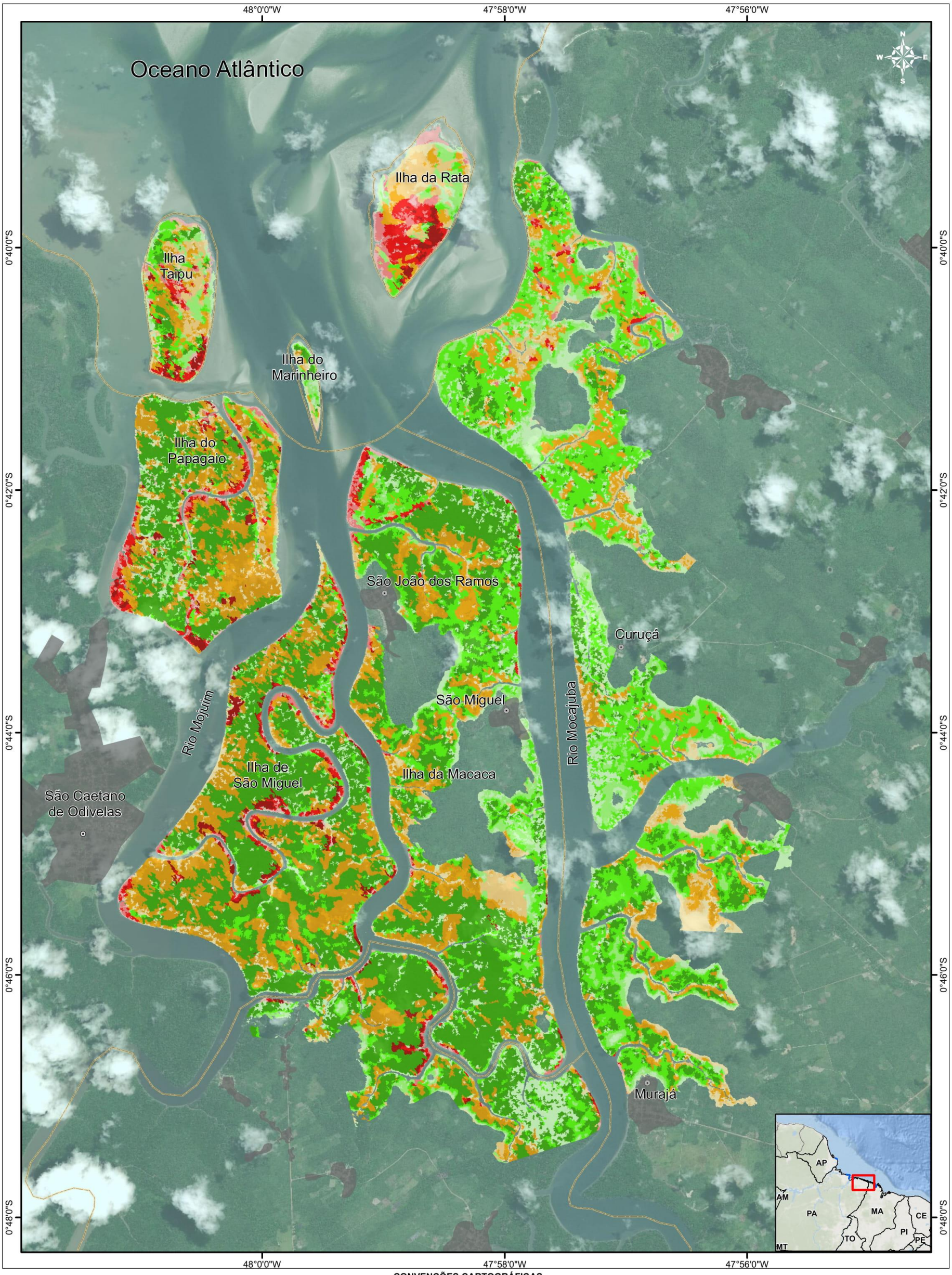
Escala 1:150.000
0 0,75 1,5 3 Km
Sistema de Coordenadas Geográficas
Sistema de Referência SIRGAS 2000
Projeção Equirretangular Cilíndrica
Imagem Digital Globe
ESRI - Service
Data de execução: Julho/2020

PROJETO COSTA NORTE

FITOFISIONOMIAS

BAÍA DE TURIAÇU (MA)

Figura 11-208: Fitofisionomias identificadas na Baía de Turiaçu (MA).



PROJETO COSTA NORTE

FITOFISIONOMIAS

ESTUÁRIO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS (PA)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Florestas dominadas por *Avicennia*
- Avicennia Menores que 10m
- Avicennia entre 10m e 17m
- Avicennia entre 17m e 23m
- Avicennia maiores que 23m

Florestas Mistas
- Mista menores que 10m
- Mista entre 10m e 17m
- Mista entre 17m e 23m
- Mista maiores de 23m

Florestas dominadas por *Rhizophora*
- Rhizophora menores que 10m
- Rhizophora entre 10m e 17m
- Rhizophora entre 17m e 23m
- Rhizophora maiores que 23m

Cidades
Área Edificada
Limites Municipais

Escala 1:50.000
0 0,25 0,5 1 Km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Sistema de Referência SIRGAS 2000
Projeção Equirretangular Cilíndrica
Imagem Digital Globe
ESRI - Service
Data de execução: Julho/2020

anp Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Figura 11-209: Fitofisionomias identificadas no Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

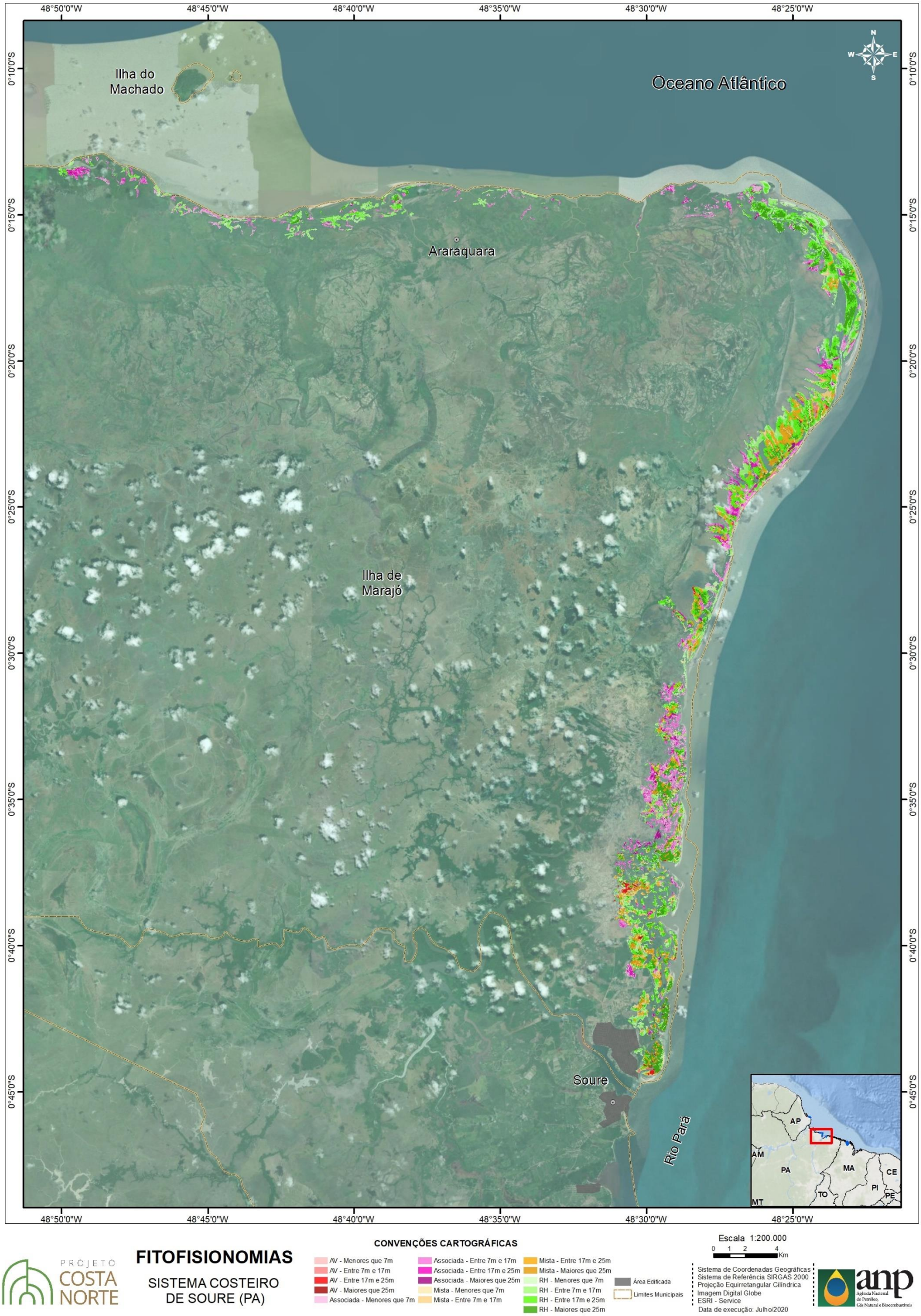
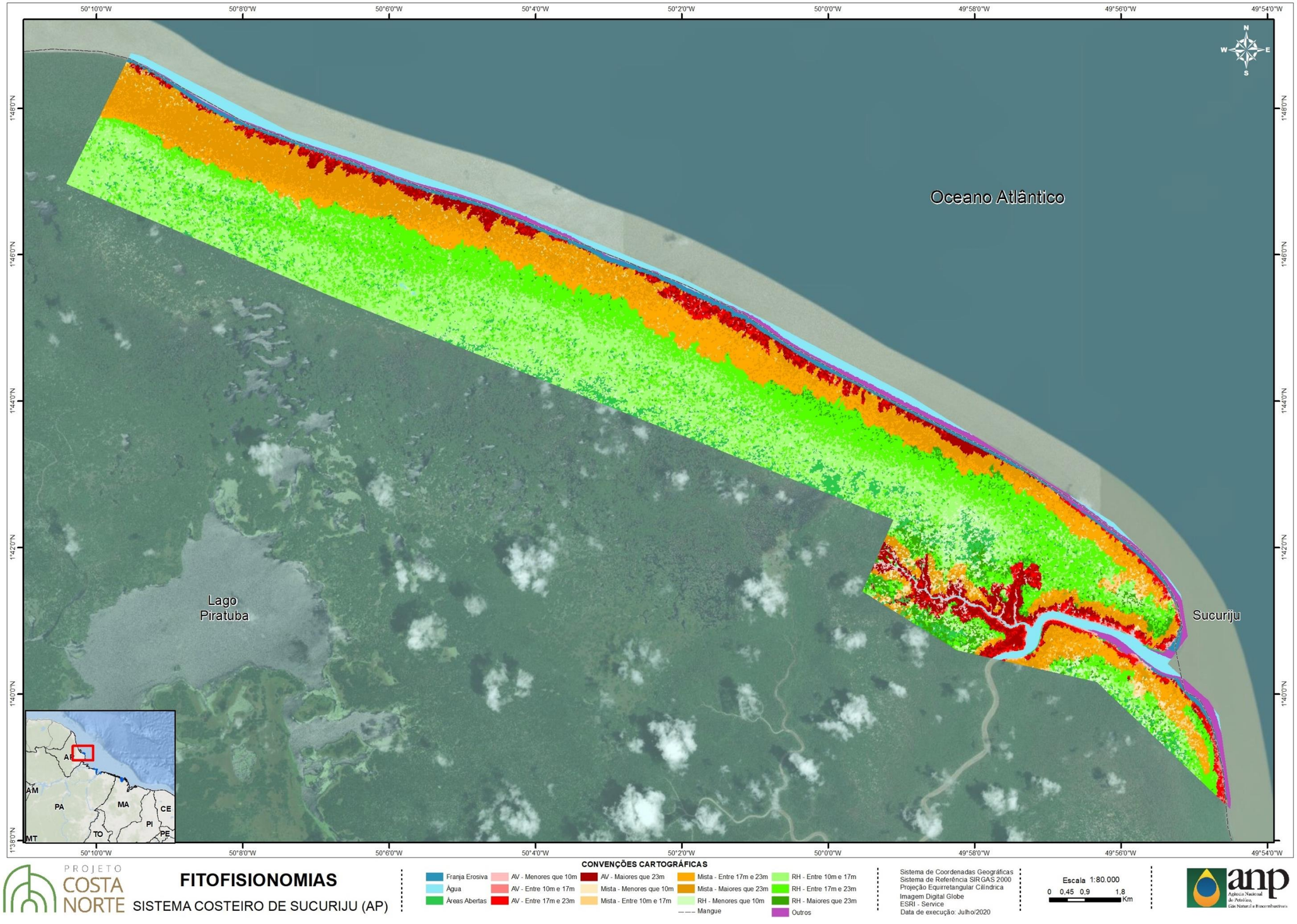


Figura 11-210: Fitofisionomias identificadas no Sistema Costeiro de Soure (PA).



PROJETO COSTA NORTE

FITOFISIONOMIAS

SISTEMA COSTEIRO DE SUCURIJU (AP)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Franja Erosiva	AV - Menores que 10m	AV - Maiores que 23m	Mista - Entre 17m e 23m	RH - Entre 10m e 17m
Água	AV - Entre 10m e 17m	Mista - Menores que 10m	Mista - Maiores que 23m	RH - Entre 17m e 23m
Áreas Abertas	AV - Entre 17m e 23m	Mista - Entre 10m e 17m	RH - Menores que 10m	RH - Maiores que 23m
			Mangue	Outros

Sistema de Coordenadas Geográficas
Sistema de Referência SIRGAS 2000
Projeção Equirretangular Cilíndrica
Imagem Digital Globe
ESRI - Service
Data de execução: Julho/2020

Escala 1:80.000
0 0,45 0,9 1,8 Km

Figura 11-211: Fitofisionomias identificadas no Sistema Costeiro de Sucuriju (AP).

Do anteriormente exposto, apreende-se que o desafio para a caracterização em escala regional de florestas de mangue, como o pretendido no âmbito do Projeto Costa Norte, é o de mapear áreas extensas de manguezal com nível de detalhamento de suas características estruturais (desenvolvimento estrutural e composição de espécies), através de uma abordagem eminentemente interdisciplinar.

O primeiro passo para a análise das relações entre as fitofisionomias mapeadas por sensoriamento remoto e as características definidas pelo levantamento fitossociológico é explicitar as correspondências entre as classes de desenvolvimento estrutural definidas por cada uma das duas abordagens, conforme apresentado na Tabela 11-26.

Tabela 11-26: Correspondência entre as categorias de desenvolvimento estrutural na no Sensoriamento Remoto e no Levantamento Fitossociológico.

Categorias de Desenvolvimento Estrutural				
Sensoriamento Remoto	Levantamento Fitossociológico			
	SCO	SOU	SUC	TUR
Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Baixo
Alto	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário
Máximo	Alto	Alto	Alto	Intermediário/Alto

Notas: SCO - estuário de São Caetano de Odivelas (PA); SOU - sistema costeiro de Soure (PA); SUC - sistema costeiro de Sucuriju (AP); TUR - Baía de Turiaçu (MA).

Na sequência, é apresentada a análise sobre a relação entre as fitofisionomias mapeadas através de técnicas de sensoriamento remoto e as características estruturais das estações de mediçã da fitossociologia, para que possamos ter um retrato mais completo das características passíveis de serem descritas pelo mapeamento em escala regional.

A comparação entre as características (composição de espécies e desenvolvimento estrutural) das estações de levantamento fitossociológico e o mapeamento por sensoriamento remoto nos diferentes sistemas estudados (Tabela 11-27, Tabela 11-28, Tabela 11-29 e Tabela 11-30) aponta para uma aderência extremamente elevada entre os dois métodos, no que se refere à espécie dominante. No que se refere ao desenvolvimento estrutural, no entanto, observa-se uma maior fragilidade na aderência, para algumas classes de mapeamento. Essa menor aderência ocorre em decorrência do grau de desenvolvimento estrutural, segundo os dados de fitossociologia, considerar a relação entre altura do dossel, DAP médio e densidade das florestas, ao passo que a definição das classes de desenvolvimento estrutural através das técnicas de sensoriamento remoto é baseada apenas na altura do dossel.

Tabela 11-27: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA).

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	29,1	(7) florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural predominantemente alto.	10 (72%)	80%	100%	80%	100%
			(8) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	2 (14%)	50%	100%	50%	100%
			(10) florestas mistas com predomínio de *Rhizophora* spp.com desenvolvimento estrutural alto.	2 (14%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	17,5	(7) florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural predominantemente alto.	5 (63%)	0%	100%	0%	20%
			(8) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário ou alto.	2 (25%)	50%	100%	50%	0%
			(9) florestas mistas com predomínio de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (12%)	100%	100%	100%	0%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Intermediário	7,1	(7) florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário ou alto.	2 (50%)	50%	100%	50%	50%
			(8) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (25%)	0%	100%	0%	0%
			(9) florestas mistas com predomínio de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (25%)	0%	100%	0%	100%

Tabela 11-27: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Baixo	Baixo	9,8	(7) florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp.,com desenvolvimento estrutural intermediário ou alto.	3 (100%)	0%	100%	0%	0%
FlorestasMistas – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	11,5	(2) florestas mistas com predomínio de *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural alto.	1 (17%)	100%	100%	100%	100%
			(8) florestas dominadas por *Rhizophora* spp. com pequena contribuição de *Avicennia germinans,* com desenvolvimento estrutural alto.	1 (17%)	100%	0%	0%	100%
			(10) florestas mistas de *Rhizophora* spp. e *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural intermediário ou alto.	4 (66%)	50%	100%	50%	100%
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	9,0	(2) florestas mistas com predomínio de *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural alto.	2 (50%)	0%	100%	0%	0%
			(3) florestas mistas com predomínio de *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (25%)	0%	100%	0%	100%
			(7) florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (25%)	0%	0%	0%	0%
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Intermediário	4,7	(10) florestas mistas de *Rhizophora* spp. e *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural intermediário.	2 (100%)	100%	100%	100%	0%

Tabela 11-27: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	1,4	(2) florestas mistas com predomínio de *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural alto.	1 (50%)	100%	100%	100%	100%
			(6) florestas fortemente dominadas por *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (50%)	0%	100%	0%	0%
Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	2,5	(2) florestas mistas com predomínio de *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural alto.	1 (50%)	100%	100%	100%	0%
			(6) florestas fortemente dominadas por *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (50%)	0%	100%	0%	0%
Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Intermediário	1,5	(3) florestas mistas com predomínio de *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (20%)	100%	100%	100%	100%
			(4) florestas mistas de *Rhizophora* spp. e *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (20%)	0%	0%	0%	100%
			(5) florestas dominadas por *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (20%)	0%	100%	0%	100%
			(6) florestas fortemente dominadas por *Avicennia germinans*, com desenvolvimento estrutural alto ou baixo.	2 (40%)	0%	100%	0%	50%
Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* – Desenvolvimento Estrutural Baixo	Baixo	1,2	(1) florestas mistas com domínio de *Laguncularia racemosa*, com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (100%)	100%	0%	0%	100%

Tabela 11-28: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Soure (PA).

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	12,3	(11) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	2 (14%)	100%	100%	100%	100%
			(12) florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário ou alto.	12 (86%)	67%	100%	67%	100%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	19,4	(3) florestas mistas de *Avicennia germinans* e *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (14%)	0%	0%	0%	100%
			(9) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (14%)	0%	100%	0%	100%
			(10) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (14%)	0%	100%	0%	100%
			(12) florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	3 (44%)	0%	100%	0%	100%
			(13) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (14%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Intermediário	14,4	(12) florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	2 (100%)	0%	100%	0%	0%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Baixo	Baixo	9,2	(8) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (50%)	100%	100%	100%	100%
			(12) florestas fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (50%)	0%	100%	0%	0%

Tabela 11-28: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Mistas – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	3,5	(4) florestas mistas com desenvolvimento estrutural alto.	1 (100%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	6,5	(7) florestas mistas com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (50%)	100%	100%	100%	100%
			(12) florestas fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (50%)	0%	0%	0%	0%
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Intermediário	3,9	(13) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (100%)	100%	0%	0%	100%
Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	0,2	(11) florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (100%)	100%	0%	0%	100%
Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	0,6	(5) florestas dominadas por *Avicennia germinans* com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (100%)	100%	100%	100%	0%
Florestas Dominadas por Espécies Associadas – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	1,1	(12) florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (100%)	100%	0%	0%	100%

Tabela 11-28: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por Espécies Associadas – Desenvolvimento Estrutural Baixo	Baixo	8,4	(1) florestas monoespecíficas de *Laguncularia racemosa* com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (100%)	0%	0%	0%	100%

OBS.:

1. Três estações (82, 27A e 84A) de caracterização fitossociológica foram mapeadas na classe “Outros”;
2. Não foram obtidas amostras de parâmetros fitossociológicos nas classes mapeadas como “Florestas Mistas com Desenvolvimento Estrutural Baixo” (com 2,8% das florestas de mangue mapeadas), “Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* com Desenvolvimento Estrutural Intermediário” (com 0,9% das florestas de mangue mapeadas), “Florestas Dominadas por *Avicennia germinans* com Desenvolvimento Estrutural Baixo” (com 0,9% das florestas de mangue mapeadas), “Florestas Dominadas por Espécies Associadas com Desenvolvimento Estrutural Alto” (com 4,2% das florestas de mangue mapeadas) e “Florestas Dominadas por Espécies Associadas com Desenvolvimento Estrutural Intermediário” (com 11,7% das florestas de mangue mapeadas).

Tabela 11-29: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Sucuriju (AP).

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	23,6	(2) Florestas fortemente dominadas por *Rhizophora* spp, com ocorrência de *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (50%)	100%	100%	100%	100%
			(4) Florestas mistas, de *Rhizophora* spp. e *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (50%)	0%	0%	0%	0%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Intermediário	29,9	(2) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp, com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (100%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Mistas – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	14,0	(1) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (33%)	100%	0%	0%	100%
			(3) Florestas mistas, com desenvolvimento estrutural alto.	2 (67%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	12,8	(3) Florestas mistas, com desenvolvimento estrutural alto.	1 (33%)	0%	100%	0%	0%
			(4) Florestas mistas, com desenvolvimento estrutural alto.	1 (33%)	0%	100%	0%	0%
			(5) Florestas mistas, com desenvolvimento estrutural alto.	1 (33%)	0%	100%	0%	100%
Florestas Dominadas por *Avicennia* spp. – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Alto	5,4	(3) Florestas mistas com predomínio de *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	2 (100%)	100%	100%	100%	100%

Tabela 11-29: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Avicennia* spp. – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	2,9	(2) Floresta fortemente dominada por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (100%)	100%	0%	0%	100%

OBS.:

1. Quatro estações (8, 24, 26 e 115) localizam-se fora da área de mapeamento por Sensoriamento Remoto;
2. Não foram obtidas amostras de parâmetros fitossociológicos nas classes mapeadas como “Florestas Mistas com Desenvolvimento Estrutural Intermediário” (com 1,6% das florestas de mangue mapeadas), “Florestas Mistas com Desenvolvimento Estrutural Baixo” (com 0,6% das florestas de mangue mapeadas), “Florestas Dominadas por Avicennia spp. com Desenvolvimento Estrutural Intermediário” (com 0,7% das florestas de mangue mapeadas), “Florestas Dominadas por Avicennia spp. com Desenvolvimento Estrutural Baixo” (com 0,7% das florestas de mangue mapeadas), “Florestas Dominadas por Rhizophora spp. com Desenvolvimento Estrutural Baixo” (com 5,2% das florestas de mangue mapeadas) e “Florestas Dominadas por Rhizophora spp.com Máximo Desenvolvimento Estrutural” (com 2,7% das florestas de mangue mapeadas).

Tabela 11-30: Análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Baía de Turiaçu (MA).

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Máximo Desenvolvimento Estrutural	Intermediário/ Alto	8,5	(11) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (20%)	100%	100%	100%	100%
			(16) Florestas dominadas por Rhizophora spp., com desenvolvimento estrutural alto.	2 (40%)	100%	100%	100%	100%
			(19) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	2 (40%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	25,2	(3) Florestas mistas com predominio de *Avicennia* spp., com presença relevante de *Laguncularia racemosa* e presença reduzida de jovens de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário.	2 (12%)	50%	0%	0%	100%
			(5) Florestas dominadas por *Avicennia* spp. com presença de *Rhizophora* spp, com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (6%)	100%	0%	0%	100%
			(6) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural baixo a intermediário.	2 (12%)	50%	0%	0%	100%
			(14) Florestas mistas com predomínio de *Rhizophora* spp, com de desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (6%)	100%	100%	100%	100%
			(15) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (6%)	100%	100%	100%	100%
			(17) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (6%)	100%	100%	100%	100%
			(18) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (6%)	0%	100%	0%	100%
			(19) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto	5 (29%)	40%	100%	40%	40%
			(20) Florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário.	3 (18%)	68%	100%	68%	100%

Tabela 11-30: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Baixo	11,8	(20) Florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário.	7 (88%)	43%	100%	43%	43%
			(22) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (12%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Dominadas por *Rhizophora* spp. – Desenvolvimento Estrutural Baixo	Baixo	30,6	(13) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (10%)	100%	100%	100%	100%
			(14) Florestas mistas com predomínio de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (10%)	100%	100%	100%	0%
			(15) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (10%)	0%	100%	0%	100%
			(16) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (10%)	0%	100%	0%	0%
			(17) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	2 (20%)	0%	100%	0%	50%
			(19) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (10%)	0%	100%	0%	0%
			(20) Florestas monoespecíficas ou fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário.	2 (20%)	50%	100%	50%	100%
			(21) Florestas mistas com predomínio de *Rhizophora* spp, com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (10%)	100%	100%	100%	100%

Tabela 11-30: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	5,9	(4) Florestas mistas com predomínio de *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (20%)	100%	100%	100%	100%
			(14) Florestas mistas com predomínio de *Rhizophora* spp, com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (20%)	100%	100%	100%	100%
			(16) Floresta dominadas por *Rhizophora* spp, com desenvolvimento estrutural intermediário,	1 (20%)	100%	0%	0%	0%
			(20) Florestas fortemente dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (20%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Baixo	1,8	(4) Florestas mistas, com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (50%)	0%	100%	0%	0%
			(15) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (50%)	0%	0%	0%	0%
Florestas Mistas – Desenvolvimento Estrutural Baixo	Baixo	6,3	(6) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (17%)	100%	0%	0%	100%
			(11) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (17%)	0%	0%	0%	0%
			(15) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (17%)	0%	0%	0%	0%
			(17) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (17%)	0%	0%	0%	0%
			(20) Florestas monoespecíficas de *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (17%)	100%	0%	0%	100%
			(23) Florestas mistas, com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (17%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Dominadas por *Avicennia* spp. - Máximo Desenvolvimento Estrutural	Intermediário/ Alto	1,4	(10) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (50%)	100%	0%	0%	100%
			(16) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com desenvolvimento estrutural alto.	1 (50%)	100%	0%	0%	100%

Tabela 11-30: Continuação.

Fitofisionomia Identificada por Sensoriamento Remoto	Desenvolvimento Estrutural Segundo Fitossociologia	Proporção das Florestas de Mangue (%)	Fitofisionomia Identificada pelo Levantamento Fitossociológico	Análise de Aderência das Estações de Fitossociologia ao Mapeamento por Sensoriamento Remoto				
				Estações de Medição	Desenv. Estrutural	Espécie Dominante	Desenv. Estrutural + Espécie Dominante	Altura do Dossel
Florestas Dominadas por *Avicennia* spp. – Desenvolvimento Estrutural Alto	Intermediário	2,2	(5) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (17%)	100%	100%	100%	100%
			(6) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	2 (32%)	100%	100%	100%	100%
			(9) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (17%)	100%	100%	100%	100%
			(14) Florestas mistas de *Rhizophora* spp. e *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (17%)	100%	0%	0%	100%
			(17) Florestas dominadas por *Rhizophora* spp., com de desenvolvimento estrutural baixo.	1 (17%)	0%	0%	0%	100%
Florestas Dominadas por *Avicennia* spp. – Desenvolvimento Estrutural Intermediário	Baixo	0,7	(6) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (33%)	100%	100%	100%	0%
			(7) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	2 (67%)	100%	100%	100%	100%
Florestas Dominadas por *Avicennia* spp. – Desenvolvimento Estrutural Baixo	Baixo	2,6	(2) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural baixo.	1 (25%)	100%	100%	100%	0%
			(4) Florestas mistas com predomínio de *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural intermediário.	1 (25%)	0%	100%	0%	0%
			(7) Florestas dominadas por *Avicennia* spp., com desenvolvimento estrutural baixo ou intermediário.	2 (50%)	50%	100%	50%	50%

OBS.:

1. Quatro estações (23b, 57a, 104C e 104T) não possuem informações sobre as classes relativas ao mapeamento por Sensoriamento Remoto;
2. Quatro estações (7, 95C, 98C e 100C) foram mapeadas na classe “Outros” do Sensoriamento Remoto;
3. Não foram obtidas amostras de parâmetros fitossociológicos nas classes mapeadas como “Florestas Mistas com Desenvolvimento Estrutural Máximo” (com 3,1% das florestas de mangue mapeadas).

Todavia, mesmo com tais diferenças de escalas de abordagem e de aprofundamento na análise dos parâmetros estruturais das florestas, observa-se que grande parte das fitofisionomias definidas pelo levantamento fitossociológico está nas classes de análise em que se observa 100% de aderência na composição de espécies e mais de 40-50% de aderência no desenvolvimento estrutural.

A consolidação dessa análise para o estuário de São Caetano de Odivelas (PA) (Tabela 11-31) demonstra que:

- 47 das 51 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies;
- 34 das 51 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies e acima de 50% de aderência na classificação do desenvolvimento estrutural;
- 22 das 51 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies e acima de 80% de aderência na classificação do desenvolvimento estrutural;
- Apenas 1 das 51 estações de fitossociologia pertence a fitofisionomia que não apresenta aderência na composição de espécies e na classificação do desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-31: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Estuário de São Caetano de Odivelas (PA). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia germinans;* Mista = Floresta com composição mista de espécies.

FITOFISIONOMIAS DE SÃO CAETANO DE ODEIVELAS (PA) SEGUNDO MAPEAMENTO POR SENSORIAMENTO REMOTO														
COMPOSIÇÃO DAS FLORESTAS			Dominadas por *Rhizophora* spp.				Dominadas por *Avicennia germinans*				Florestas Mistas			
ALTURA DO DOSSEL			< 10 m	10 a 17 m	17 a 23 m	>23 m	< 10 m	10 a 17 m	17 a 23 m	>23 m	< 10 m	10 a 17 m	17 a 23 m	>23 m
FITOFISIONOMIA SEGUNDO FITOSSOCIOLOGIA	**Mista**	1												
		2												
		3												
		4												
	Av	5												
		6												
	Rh	7												
		8												
		9												
		10												
QUANTITATIVO DE ESTAÇÕES SEGUNDO A CLASSE DE ADERÊNCIA	22/51			1/4	1/8	12/14		2/5	1/2	1/2		2/2	1/4	1/6
	12/51			2/4	2/8	2/14		2/5						4/6
	13/51		3/3	1/4	5/8				1/2	1/2			2/4	
	3/51						1/1	1/5						1/6
	1/51												1/4	

Aderência em 100% em composição de espécies e acima de 80% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Aderência em 100% na composição de espécies e acima de 50% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Aderência em 100% na composição de espécies e não aderência (0-20%) no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Não aderência (0%) na composição de espécies e 100% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Não aderência (0%) na composição de espécies e no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Observa-se, para esse sistema, que as florestas dominadas por *Rhizophora* spp., apresentaram as maiores aderências entre as duas técnicas de classificação, com todas as estações do levantamento fitossociológico pertencendo a fitofisionomias que aderem totalmente no que se refere à espécie dominante e havendo uma ótima aderência em relação ao desenvolvimento estrutural (ver Tabela 11-31). Esse fato se torna mais relevante, se considerarmos que 63,5% das florestas de mangue mapeadas nesse sistema, são dominadas por essa espécie (Tabela 11-32). No que se refere às florestas dominadas por *Avicennia germinans*, observa-se que todas as estações caracterizadas com domínio dessa espécie no levantamento fitossociológico foram agrupadas nessa classe de mapeamento, havendo ainda uma ótima aderência em relação ao desenvolvimento estrutural. Todavia, algumas estações caracterizadas como mistas no levantamento fitossociológico também foram incorporadas nas classes mapeadas por sensoriamento remoto como florestas dominadas por *Avicennia germinans*, parte das quais tem sua incorporação justificada por possuírem predomínio dessa espécie. Por fim, as florestas mapeadas como mistas incorporaram, além de estações assim caracterizadas em campo, algumas estações de fitossociologia dominadas por *Rhizophora* spp.

Tabela 11-32: Contribuição (%) das diferentes classes (espécie dominante e desenvolvimento estrutural) de florestas de mangue mapeadas nas áreas de estudo. SCO - estuário de São Caetano de Odivelas (PA); SOU - sistema costeiro de Soure (PA); SUC - sistema costeiro de Sucuriju (AP); TUR - Baía de Turiaçu (MA).

Composição	Desenvolvimento Estrutural	SCO (%)	TUR (%)	SOU (%)	SUC (%)
Floresta Dominada por *Rhizophora* spp.	Máximo	29,08	8,46	12,31	2,67
	Alto	17,46	25,23	19,41	23,62
	Intermediário	7,09	11,83	14,38	29,92
	Baixo	9,83	30,58	9,20	5,23
Floresta Mista	Máximo	11,54	3,07	3,51	13,97
	Alto	9,01	5,90	6,48	12,84
	Intermediário	4,66	1,80	3,91	1,61
	Baixo	4,82	6,27	2,80	0,58
Floresta Dominada por *Avicennia* spp.	Máximo	1,43	1,44	0,16	5,35
	Alto	2,35	2,15	0,64	2,88
	Intermediário	1,52	0,65	0,89	0,68
	Baixo	1,22	2,62	0,90	0,67
Vegetação Associada com Presença de Mangue	Máximo	-	-	1,13	-
	Alto	-	-	4,18	-
	Intermediário	-	-	11,69	-
	Baixo	-	-	8,40	-

De forma similar, a análise dos resultados obtidos para o sistema costeiro de Soure (PA) (Tabela 11-33) apresenta as seguintes características:

- 27 das 33 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies;
- 24 das 33 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies e acima de 50% de aderência na classificação do desenvolvimento estrutural;
- 6 das 33 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que não apresentam aderência na composição de espécies;
- Apenas 2 das 33 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que não apresentam aderência na composição de espécies e na classificação do desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-33: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Soure (PA). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia germinans;* Mista = Floresta com composição mista de espécies; Lg = *Laguncularia racemosa*.

FITOFISIONOMIAS DO SISTEMA COSTEIRO DE SOURE (PA) SEGUNDO MAPEAMENTO POR SENSORIAMENTO REMOTO																		
COMPOSIÇÃO DAS FLORESTAS			Dominadas por *Rhizophora* spp.				Dominadas por *Avicennia germinans*				Florestas Mistas				Dominadas por Espécies Associadas			
ALTURA DO DOSSEL			< 7 m	7 a 17 m	17 a 25 m	>25 m	< 7 m	7 a 17 m	17 a 25 m	>25 m	< 7 m	7 a 17 m	17 a 25 m	>25 m	< 7 m	7 a 17 m	17 a 25 m	>25 m
FITOFISIONOMIA SEGUNDO FITOSSOCIOLOGIA	Lg	1																
	Mista	2																
		3																
		4																
	Av	5																
		6																
		7																
	Rh	8																
		9																
		10																
		11																
		12																
		13																
QUANTITATIVO DE ESTAÇÕES SEGUNDO A CLASSE DE ADERÊNCIA	12/33		1/2		6/7	2/14			1/1				1/2	1/1				
	12/33					12/14												
	3/33		1/2	2/2														
	4/33				1/7					1/1		1/1						1/1
	2/33												1/2		1/1			

Aderência em 100% em composição de espécies e acima de 80% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)
Aderência em 100% na composição de espécies e acima de 50% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)
Aderência em 100% na composição de espécies e não aderência (0%) no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)
Não aderência (0%) na composição de espécies e 100% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)
Não aderência (0%) na composição de espécies e no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

A exemplo do observado no estuário de São Caetano de Odivelas (PA), as florestas dominadas por *Rhizophora* spp., que representam 55,3% das florestas de mangue mapeadas nesse sistema, apresentaram as maiores aderências entre as duas técnicas de classificação, com forte predomínio de estações do levantamento fitossociológico pertencendo a fitofisionomias que aderem totalmente no que se refere à espécie dominante e havendo uma ótima aderência em relação ao desenvolvimento estrutural. Florestas mapeadas como dominadas por *Avicennia germinans* (ver Tabela 11-33), no entanto, ocorrem apenas em 2 estações de medição, sendo que uma pertence a fitofisionomia com forte aderência no que se refere à composição de espécies e ao desenvolvimento estrutural e outra foi caracterizada em campo como dominada por *Rhizophora* spp. Para as florestas mapeadas como mistas, também há poucas estações de medição e se observa ocorrência tanto de florestas caracterizadas como mistas no levantamento fitossociológico, com forte aderência no desenvolvimento estrutural; como estações pertencentes a fitofisionomias caracterizadas como dominadas por *Avicennia germinans* e dominadas por *Rhizophora* spp. Por fim, nesse sistema há grande ocorrência de espécies associadas, que levou a inclusão de uma nova classe no mapeamento, a de áreas dominadas por tais espécies, com ocorrência de espécies de mangue. Todavia, não houve uma boa aderência entre as estações medidas em campo e que foram mapeadas dentro dessas áreas, provavelmente devido à diferença nas escalas usadas nos dois métodos, o que pode ter levado à incorporação a essas áreas, de florestas dominadas por espécies de mangue, vizinhas a áreas com domino de espécies associadas.

Na Tabela 11-34, são apresentados os resultados da análise de aderência entre as fitofisionomias obtidas através da caracterização fitossociológica e aquelas obtidas por sensoriamento remoto para o sistema costeiro de Sucuriju, onde observamos que:

- 9 das 12 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies;
- 7 das 12 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies e acima de 80% de aderência na classificação do desenvolvimento estrutural;
- Apenas 1 das 12 estações de fitossociologia pertence a fitofisionomia que não apresenta aderência na composição de espécies e na classificação do desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-34: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Sistema Costeiro de Sucuriju (AP). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia* spp.; Mista = Floresta com composição mista de espécies.

FITOFISIONOMIAS DO SISTEMA COSTEIRO DE SUCURIJU (AP) SEGUNDO MAPEAMENTO POR SENSORIAMENTO REMOTO															
COMPOSIÇÃO DAS FLORESTAS			Dominadas por *Rhizophora* spp.				Dominadas por *Avicennia* spp.				Florestas Mistas				
ALTURA DO DOSSEL			< 10 m	10 a 17 m	17 a 23 m	>23 m	< 10 m	10 a 17 m	17 a 23 m	>23 m	< 10 m	10 a 17 m	17 a 23 m	>23 m	
FITOFISIONOMIA SEGUNDO FITOSSOCIOLOGIA	**Rh**	1													
		2													
	Av	3													
	Mista	4													
		5													
QUANTITATIVO DE ESTAÇÕES SEGUNDO A CLASSE DE ADERÊNCIA	7/12			1/1	1/2					2/2			1/3	2/3	
	0/12														
	2/12												2/3		
	2/12								1/1					1/3	
	1/12				1/2										

Aderência em 100% em composição de espécies e acima de 80% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Aderência em 100% na composição de espécies e acima de 50% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Aderência em 100% na composição de espécies e não aderência (0%) no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Não aderência (0%) na composição de espécies e 100% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Não aderência (0%) na composição de espécies e no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Apesar de serem poucas as estações de caracterização fitossociológica medidas nesse sistema, o que faz com que muitas das classes mapeadas não sejam representadas por estações de caracterização da fitossociologia, observamos que as áreas de florestas mapeadas por sensoriamento remoto com domínio de *Rhizophora* spp., que correspondem a 61,4% das florestas de mangue mapeadas nesse sistema (ver Tabela 11-32), incorporam tanto estações de fitofisionomias dominadas por essa espécie, com forte aderência em termos de desenvolvimento estrutural, como uma estação caracterizada como floresta mista. As florestas mapeadas como mistas incorporam em sua área predominantemente estações pertencentes a fitofisionomias com boa aderência em termos de composição de espécies e de desenvolvimento estrutural, apesar de incluir estações pertencentes a fitofisionomias dominadas por *Avicennia* spp. e *Rhizophora* spp. As florestas dominadas por *Avicennia* spp. representam apenas 9,6% das florestas de mangue mapeadas no sistema costeiro de Sucuriju. Para essa classe também se observa uma boa aderência de duas das três estações de caracterização fitossociológica inseridas nessas áreas, tanto no que se refere à composição de espécies, como no desenvolvimento estrutural.

A Baía de Turiaçu (MA) é a maior dentre todas as áreas de estudo e a que apresenta as florestas de mangue com maior diversidade estrutural, tendo sido identificadas, em campo, 23 fitofisionomias. Da análise da aderência entre as fitofisionomias identificadas em campo e as classes mapeadas através de técnicas de sensoriamento remoto (Tabela 11-35), constata-se que:

- 51 das 67 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies;
- 47 das 67 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies e acima de 40% de aderência na classificação do desenvolvimento estrutural;
- 31 das 67 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que possuem 100% de aderência na composição de espécies e acima de 80% de aderência na classificação do desenvolvimento estrutural;
- Apenas 4 das 67 estações de fitossociologia pertencem a fitofisionomias que não apresentam aderência na composição de espécies e na classificação do desenvolvimento estrutural.

Tabela 11-35: Consolidação da análise comparativa entre as duas linhas de investigação para identificação e espacialização das fitofisionomias: Fitossociologia e Sensoriamento Remoto. Baía de Turiaçu (MA). Rh= *Rhizophora* spp.; Av = *Avicennia* spp.; Mista = Floresta com composição mista de espécies, Lg = *Laguncularia racemosa*.

FITOFISIONOMIAS DA BAÍA DE TURIAÇU (MA) SEGUNDO MAPEAMENTO POR SENSORIAMENTO REMOTO														
COMPOSIÇÃO DAS FLORESTAS			Dominadas por *Rhizophora* spp.				Dominadas por *Avicennia* spp.				Florestas Mistas			
ALTURA DO DOSSEL			< 6 m	6 a 10 m	10 a 15 m	>15 m	< 6 m	6 a 10 m	10 a 15 m	>15 m	< 6 m	6 a 10 m	10 a 15 m	>15 m
FITOFISIONOMIA SEGUNDO FITOSSOCIOLOGIA	Lg	1												
	Mista	3												
		4												
		14												
		21												
		23												
	Av	2												
		5												
		6												
		7												
		8												
		9												
	Rh	10												
		11												
		12												
		13												
		15												
		16												
		17												
		18												
		19												
		20												
		22												
QUANTITATIVO DE ESTAÇÕES SEGUNDO A CLASSE DE ADERÊNCIA	31/67		6/10	1/8	7/17	5/5	1/4	3/3	4/6		1/6		3/4	
	16/67		2/10	7/8	5/17		2/4							
	4/67		2/10				1/4					1/2		
	12/67				5/17				2/6	2/2	2/6		1/4	
	4/67										3/6	1/2		

Aderência em 100% em composição de espécies e acima de 80% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Aderência em 100% na composição de espécies e acima de 40% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Aderência em 100% na composição de espécies e não aderência (0%) no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Não aderência (0%) na composição de espécies e 100% no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

Não aderência (0%) na composição de espécies e no desenvolvimento estrutural (incluindo aderência no desenvolvimento estrutural pela altura)

A exemplo do observado nas demais áreas de estudo, as florestas dominadas por *Rhizophora* spp. predominam na Baía de Turiaçu (MA), com 76,1% da área de florestas de mangue mapeadas (ver Tabela 11-32). As florestas mapeadas como dominadas por essa espécie apresentaram ótima aderência entre as fitofisionomias identificadas em campo e as classes mapeadas por sensoriamento remoto, predominando, para todas as classes, estações pertencentes a fitofisionomias com aderência de 100% da composição de espécies e acima de 80% (uma classe acima de 40%) de aderência quanto ao desenvolvimento estrutural (ver Tabela 11-35). Para as florestas dominadas por *Avicennia* spp. também se observa, para a maioria das classes, um predomínio de estações pertencentes a fitofisionomias com ótima aderência quanto à composição de espécies e ao desenvolvimento estrutural. Isso, no entanto, não ocorre com as florestas dominadas por *Avicennia* spp. com máximo desenvolvimento estrutural. Por fim, as florestas mapeadas como mistas apresentam tanto estações pertencentes a fitofisionomias com boa aderência, como significativa representação de estações pertencentes a fitofisionomias dominadas por *Rhizophora* spp. (ver Tabela 11-35).

As análises que apresentam o detalhamento das classes mapeadas por sensoriamento remoto através do cruzamento com as fitofisionomias caracterizadas através dos levantamentos fitossociológicos (ver Tabela 11-31, Tabela 11-33, Tabela 11-34 e Tabela 11-35) servem para orientar a caracterização geral das florestas compreendidas em cada uma das classes mapeadas. Todavia, tal relação deve ser realizada com cautela, pois não há possibilidade de elaboração de uma relação direta entre todas as classes de mapeamento por sensoriamento remoto e as fitofisionomias identificadas através do levantamento fitossociológico. Essa limitação advém do fato de algumas das classes mapeadas não possuírem estações de caracterização da fitossociologia correspondentes em suas áreas. Outro fator que limita a elaboração dessa relação é o fato de serem observadas estações de medição com diferentes características fitossociológicas inseridas em uma mesma classe de mapeamento por sensoriamento remoto. Essa limitação relaciona-se às diferenças de escala associadas aos dois tipos de abordagem, que faz com que apesar de haver características predominantes descritas nas classes mapeadas por sensoriamento remoto em uma escala mais ampla, podem ocorrer pequenos trechos das florestas com diferentes características estruturais, associadas a uma variabilidade em menor escala espacial.

Apesar das limitações e da necessidade de cautela na definição das relações entre as classes mapeadas por sensoriamento remoto e a caracterização das fitofisionomias por levantamento fitossociológico, conforme descrito acima, observa-se, da análise apresentada, que as florestas com maior representatividade espacial apresentaram boa aderência entre as duas técnicas em termos de composição de espécies e de classificação do desenvolvimento estrutural. Nesse sentido, para a descrição detalhada das fitofisionomias que compõem cada uma das classes de mapeamento, as relações apresentadas nas Tabela 11-27, Tabela 11-28, Tabela 11-29 e Tabela 11-30, com as respectivas proporções e análises de aderência podem ser utilizadas e podem ser complementadas pelas descrições das fitofisionomias de cada área de estudo sintetizadas nas Tabela 11-9, Tabela 11-14, Tabela 11-19 e Tabela 11-24.

11.7. Referências

ALBUQUERQUE, M.F.; DE SOUZA, E.B.; OLIVEIRA, M.C.F.; SOUZA JÚNIOR, J.A.S. 2010. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: Climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978 - 2008), Revista Brasileira de Climatologia vol 6, 151 - 168 p.

ALMEIDA, S.S. 1996. Estrutura e Florística em áreas de manguezais paraenses: Evidências da influência do estuário amazônico. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér Ciências da Terra 8.

ALMEIDA, S. S. 1996. Identificação, avaliação e impactos ambientais e uso da flora em Manguezais Paraenses. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra 8: 93-100.

BEARDSLEY, R.C.; CANDELA, J.; LIMEBURNER, R.; GEYGER, W.R.; LENTZ, S.J.; CASTRO, B.M.; CACCHIONE, D.; CARNEIRO, N. 1995. The M2 Tide on the Amazon Shelf. Journal of Geophysical Research, v100 n2.

CARVALHO, E. A. Caracterização estrutural e ambiental de bosques de mangue da costa paraense, como subsídios à conservação e qualidade de vida. Orientador: Mário Augusto Gonçalves Jardim. 2016. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2016.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1984. Methods for studying mangrove structure, pp. 91-113. In: S. C. Snedaker; J. G. Snedaker (eds.), The mangrove ecosystem: Research methods, UNESCO, Bungay, United Kingdom, 251p.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1983. Introduccion a la ecologia del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnologia de la UNESCO para America Latina y el Caribe – ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, 109p.

COSTA-NETO, S. V. et al. 2006. Inventário Biológico das Áreas do Sucuriju e Região dos Lagos, no Amapá: Relatório Final PROBIO / Coordenado por Salustiano Vilar da Costa Neto. - . Macapá: IEPA.

COSTA-NETO, S. V.; VIEIRA, I. M.; SARQUIS, R. do S. R. R.; TOSTES, L. de C. V.; VIANA, A F. 2003. Dinâmica e estrutura dos manguezais do rio Sucuriju, Amapá, Brasil. In: MANGROVE 2003. Resumo. p.60.

EGLER, W. A.; SCHAWASSMANN, H. O. 1985. Limnological studies in the Amazonian estuary. Bol Mus. Par. Emílio Goeldi, n., sér,. Belém (1) : 2-25.

ESTRADA, G. C. D. 2009. Análise da variabilidade estrutural das florestas de mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro - RJ. 2009. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 83pp.

ESTRADA, G. C. D.; SOARES, M. L. G.; CHAVES, F. O.; CAVALCANTI, V. F. 2013. Analysis of the structural variability of mangrove forests through the physiographic types approach. Aquat. Bot., v. 111, p. 135-143.

FAURE, J. F. 2013. Análise multitemporal da dinâmica espacial de manguezais em São Caetano de Odivelas, Costa Nordeste do Pará, Brasil. In: PROST, Maria Thereza; MENDES, Amilcar Carvalho (org.). Ecossistemas Costeiros: Impactos e gestão ambiental. 2. ed. Ver. Atual. - Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. P. 35-46.

FEMAR, 1997. Catálogo das Estações Maregráficas do Brasil.

HOPPE-SPEER, C.L.; ADAMS, J.B.; RAJKARAN, A.; BAILEY, D. 2011. The Response of the Red Mangrove Rhizophora mucronata Lam. To Salinity and Inundation in South Africa. Aquatic Botany, Amsterdam, v95, p. 71-76.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. 2018. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 176 p.

JIMENEZ, J.A.; LUGO, A.E.; CINTRÓN, G. 1985. Tree Mortality in Mangrove Forests. Biotropica, v17 n3. pp 177-185.

LOUBRY, D. 1995. Les formations forestiers littorales d'árriere-mangrove: témoins d'une eolonisation amazonierme? WORKSHOP ECOLAB, 3. Resumos expandidos: 19-21.

MELO, O. T. 2002. Dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica no manguezal do Igarapé Nunca Mais - Ilha de São Luís (MA). Orientador: Waterloo Napoleão de Lima. 2002. 150 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

MENEZES, M.P.M.; BERGER, U.; MEHLIG, U. 2008. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. Acta Amazonica. Vol 38(3): 403 - 420 p.

MOCHEL, F.R. 2001. Structural variability of mangrove forests in Turiaçu Bay, Amazonian Coast of Maranhão, Brazil. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 23, p.27-32.

MUEHE, D. 2006. Erosão e Progradação no litoral brasileiro. Brasília, MMA.

NETO, S. V. C. 2003. Estrutura e composição florística dos bosques de manguezais do setor atlântico do Amapá, Brasil. - Workshop final da primeira fase da rede cooporativa norte-nordeste "Monitoramento ambiental de áreas sob influência da indústria petrolífera" (Participação em Eventos/RESUMO).

PARIDA, A.K.; DAS, A.B.; MITTRA, B. 2004. Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, Bruguiera parviflora. Trees, New York, v. 18, p. 167-174.

PELLEGRINI, J.A.C. 2000. Caracterização da planície hipersalina (apicum) associada a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

PELLEGRINI, J.; Soares, M.; Chaves, F.; Estrada, G.; Cavalcanti, V. 2009. A Method for the Classification of Mangrove Forests and Sensitivity/ Vulnerability Analysis. Journal of Coastal Research. SI56. 443-447.

PROST, M. T. R. C.; RABELO, B. V. 1996. Variabilidade fito-espacial de manguezais litorâneos e dinâmica costeira: exemplos da Guiana Francesa, Amapá e Pará. Boletim do Museu. Paranaense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra, v. 8, p. 101-121.

PROST, M. T. *et al.* 2013. Manguezais e estuários da costa Paraense: Exemplo de estudo multidisciplinar integrado (Marapanim e São Caetano de Odivelas). In: PROST, Maria Thereza; MENDES, Amilcar Carvalho (org.). Ecossistemas Costeiros: Impactos e gestão ambiental. 2. ed. Ver. Atual. - Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. P. 74-88.

REIS, C. D. N.; DA SILVEIRA, O. F. M.; DOS SANTOS, V. F. 2011. Aspectos Sedimentológicos do Estuário do Rio Sucurijú, Amapá (AP). XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives.

ROCHA-FILHO, A. C. R. 2010. Avaliação estrutural da vegetação de bosques de mangues potencialmente vulneráveis ao derrame de óleo na baía de São Marcos - Maranhão, Brasil / Augusto Cesar Ribeiro Rocha Filho. - São Luís, 2010. 68 f.: il. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. 1986. Guia para estudo de áreas de manguezal - estrutura, função e flora. Caribbean Ecological Research. São Paulo. 150 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; ADAIME, R.R.; CAMARGO, T.M. 1990. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. Estuaries, v.13, n.2, pp. 204-218.

SNEDAKER, S.C. 1982. Mangrove Species Zonation: Why? In: SEN, D.N. RAJPUROHIT, K.S. (Ed). Tasks for Vegetation Science. Vol. 2. Contributions to the Ecology os Halophytes. Boston/Londres. Dr W Junk Publisherst. P. 111-125.

SOARES, M., CHAVES, F., ESTRADA, G., FERNANDEZ, V. 2017. Mangrove forests associated with salt flats: a case study from southeast Brazil. Brazilian Journal of Oceanography, 65(2), 102-115.

SOUZA-FILHO, P. W. M. 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. Revista Brasileira de Geofísica 23(4):427-435.

SPALDING, M.; KAINUMA, M., COLLINS, L. 2010. World Atlas of Mangroves, 2 ed. London: Earthscan. 325 p.