



## Sumário

|                                                                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                                                                                                       | <b>112</b> |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                                                                                                                      | <b>116</b> |
| <b>LISTA DE FOTOS.....</b>                                                                                                                         | <b>119</b> |
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                            | <b>122</b> |
| <b>1. CLIMA .....</b>                                                                                                                              | <b>123</b> |
| 1.1. Área de Estudo.....                                                                                                                           | 123        |
| 1.2. Caracterização da Climatologia .....                                                                                                          | 125        |
| 1.3. Distribuição espaço-temporal da temperatura do ar.....                                                                                        | 130        |
| 1.4. Distribuição espaço-temporal da precipitação .....                                                                                            | 133        |
| 1.5. Circulação atmosférica da região .....                                                                                                        | 139        |
| 1.6. Umidade do ar na região.....                                                                                                                  | 142        |
| 1.7. Regime, direção, velocidade dos ventos e outras condições atmosféricas locais sobre a área do Porto de Chibatão - Estação Meteorológica ..... | 146        |
| 1.8. Conclusão.....                                                                                                                                | 153        |
| <b>2. GEOLOGIA, GEOTECNIA, GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA.....</b>                                                                                      | <b>154</b> |
| 2.1. Área de Estudo.....                                                                                                                           | 154        |
| 2.2. Objetivo do Estudo .....                                                                                                                      | 154        |
| 2.3. Método de Trabalho .....                                                                                                                      | 154        |



|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.3.1. Abordagem de Estudo .....                                                 | 154        |
| 2.3.2. Elaboração de Mapas Temáticos .....                                       | 154        |
| 2.3.3. Coleta de dados <i>in loco</i> .....                                      | 155        |
| <b>2.4. Caracterização Geológica .....</b>                                       | <b>155</b> |
| 2.4.1. Área de Influência Indireta .....                                         | 155        |
| 2.4.2. Área Diretamente Afetada (ADA) e da Área de Influência Direta (AID) ..... | 158        |
| <b>2.5. Análise Geológica-Geotécnica .....</b>                                   | <b>163</b> |
| 2.5.1. Litologias predominantes na ADA e AID .....                               | 163        |
| 2.5.2. Feições Estruturais da ADA e AID .....                                    | 170        |
| 2.5.3. Densidade de Drenagem .....                                               | 173        |
| 2.5.4. Estabilidade de Taludes/Instabilidade de encostas .....                   | 175        |
| 2.5.5. Grau de alteração das rochas e Tipos de afloramento .....                 | 201        |
| 2.5.6. Grau de declividade dos terrenos .....                                    | 208        |
| <b>2.6. Análise Geomorfológica .....</b>                                         | <b>229</b> |
| 2.6.1. Área de Influência Indireta .....                                         | 229        |
| 2.6.2. Área de Influência Direta .....                                           | 232        |
| 2.6.3. Área Diretamente Afetada .....                                            | 253        |
| <b>2.7. Considerações Finais .....</b>                                           | <b>272</b> |
| <b>3. HIDROLOGIA .....</b>                                                       | <b>274</b> |
| <b>3.1 Caracterização Hidrológica Regional .....</b>                             | <b>274</b> |
| 3.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Negro .....                                      | 274        |
| 3.1.2. Principais Afluentes do Rio Negro .....                                   | 275        |
| 3.1.3. Ciclo Hidrológico do Rio Negro .....                                      | 277        |
| 3.1.4. Aspectos Fluviométricos .....                                             | 281        |
| <b>3.2 Principais Cursos d'água na AID Prévia .....</b>                          | <b>288</b> |
| 3.2.1 Micro Bacia do Igarapé do São Raimundo .....                               | 288        |
| 3.2.2 Micro Bacia do rio Tarumã .....                                            | 288        |
| 3.2.3 Micro Bacia do Igarapé do Educandos .....                                  | 288        |
| <b>3.3 Influência do Rio Negro sobre a hidrologia dos igarapés da AID .....</b>  | <b>291</b> |



|                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3.4 Influência do ciclo hidrológico do Rio Negro sobre a estabilidade geotécnica das margens .....</b> | <b>294</b> |
| <b>3.5 Influência do Rio Negro sobre a ADA.....</b>                                                       | <b>300</b> |
| <b>3.6 Qualidade da Água do Rio Negro .....</b>                                                           | <b>303</b> |
| 3.6.1 Monitoramento da qualidade da água .....                                                            | 303        |
| 3.6.2 Métodos .....                                                                                       | 303        |
| 3.6.3 Locais de coleta .....                                                                              | 304        |
| 3.6.4 Classificação das Águas do Entorno do Empreendimento .....                                          | 307        |
| <b>3.7 Resultados .....</b>                                                                               | <b>307</b> |
| <b>3.8 Micro bacia do Igarapé Bom Jardim .....</b>                                                        | <b>310</b> |
| 3.8.1 Caracterização geral.....                                                                           | 310        |
| 3.8.2 Influência do Rio Negro sobre o Igarapé Bom Jardim .....                                            | 314        |
| 3.8.3 Qualidade da água do Igarapé Bom Jardim .....                                                       | 314        |
| <b>3.9 Considerações Finais .....</b>                                                                     | <b>318</b> |
| <b>3.10 Sugestões .....</b>                                                                               | <b>318</b> |



## Lista de Figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1. Localização geográfica da estação meteorológica utilizada no estudo .....                                                                                                                                                                                                                      | 124 |
| Figura 2. Grupos e tipos de clima para a América do Sul segundo modelo de classificação climática proposto por Koppen (1846-1940) .....                                                                                                                                                                  | 126 |
| Figura 3. Principais massas de ar atuantes sazonalmente na região Amazônica .....                                                                                                                                                                                                                        | 129 |
| Figura 4. Normal climatológica de temperatura dos anos de 1631-1960 e 1961-1990 .....                                                                                                                                                                                                                    | 132 |
| Figura 5. Distribuição da precipitação na região central da Amazônia nos últimos 12 meses. ....                                                                                                                                                                                                          | 135 |
| Figura 6. Distribuição espacial e sazonal da precipitação na região Amazônia para os períodos de verão, inverno, outono e primavera .....                                                                                                                                                                | 138 |
| Figura 7. Distribuição espacial e sazonal da circulação atmosférica na bacia amazônica ( $m.s^{-1}$ ) para os períodos: (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, (d) SON, (e) Média .....                                                                                                                              | 141 |
| Figura 8. Variação diária da umidade relativa do ar em quatro cidades da Amazônia brasileira durante o inverno e verão amazônico .....                                                                                                                                                                   | 145 |
| Figura 9. Estação meteorológica usada para medidas primárias no Porto Chibatão .....                                                                                                                                                                                                                     | 149 |
| Figura 10. Serie temporal de temperatura do ar, pressão atmosférica e vento, para os últimos 5 anos, de 2009 a 2013 no aeroporto de Ponta Pelada - Manaus.....                                                                                                                                           | 151 |
| Figura 11. Variação sazonal da temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ) máxima/mínima e da precipitação pluviométrica (mm) válida para a área do Porto Chibatão .....                                                                                                                                           | 152 |
| Figura 12. Bacias Sedimentares Interiores de ocorrência na AII do empreendimento .....                                                                                                                                                                                                                   | 156 |
| Figura 13. Caracterização geológica da Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento.....                                                                                                                                                                                                          | 157 |
| Figura 14. Caracterização geológica da Área de Influência Direta (AID).....                                                                                                                                                                                                                              | 159 |
| Figura 15. Caracterização geológica da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento .....                                                                                                                                                                                                            | 160 |
| Figura 16. Distribuição da Formação Alter do Chão (de idade cretácea) da Bacia do Amazonas na região de Manaus (AM).....                                                                                                                                                                                 | 161 |
| Figura 17. Fenômeno de sedimentação da Formação Alter do Chão ocasionado pelo Rio Negro .....                                                                                                                                                                                                            | 162 |
| Figura 18. Provável limite entre os sedimentos da Formação Alter do Chão (Kac – Cretáceo Formação Alter do Chão) e os sedimentos aluviais recentes (Qa – Quaternário Aluvial). Atentar para o fato que a sedimentação do rio Negro cobre em discordância a formação geológica da Bacia do Amazonas. .... | 165 |





|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 19. Mapa Hipsométrico da AID do empreendimento.....                                                                                                             | 171 |
| Figura 20. Densidade de drenagem na AID do empreendimento. ....                                                                                                        | 174 |
| Figura 21. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Plana com Topo Convexo.....                                                    | 197 |
| Figura 22. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Plana.....                                                                     | 198 |
| Figura 23. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Côncava. ....                                                                  | 198 |
| Figura 24. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Convexa com Base Côncava. ....                                                 | 199 |
| Figura 25. Mapa de Classes de Erosão e de Classificação de Risco Geológico-Geotécnico na AID do empreendimento. Região da margem esquerda do Rio Negro. ....           | 200 |
| Figura 26 - Perfil pedológico simplificado do laterito imaturo ferruginoso na Amazônia, similar ao encontrado na AID do empreendimento (Adaptado de Costa, 1991) ..... | 205 |
| Figura 27. Exemplo do perfil das áreas com declividade acentuada. ....                                                                                                 | 208 |
| Figura 28. Localização das áreas com declividade acentuada na AID do empreendimento. ...                                                                               | 210 |
| Figura 29. Perfil da declividade da área 01. ....                                                                                                                      | 211 |
| Figura 30. Perfil da declividade da área 02. ....                                                                                                                      | 212 |
| Figura 31. Perfil da declividade da área 03. ....                                                                                                                      | 213 |
| Figura 32. Perfil da declividade da área 04. ....                                                                                                                      | 214 |
| Figura 33. Perfil da declividade da área 05. ....                                                                                                                      | 215 |
| Figura 34. Perfil da declividade da área 06. ....                                                                                                                      | 216 |
| Figura 35. Perfil da declividade da área 07. ....                                                                                                                      | 217 |
| Figura 36. Perfil da declividade da área 08. ....                                                                                                                      | 218 |
| Figura 37. Perfil da declividade da área 09. ....                                                                                                                      | 219 |
| Figura 38. Perfil da declividade da área 10. ....                                                                                                                      | 220 |
| Figura 39. Perfil da declividade da área 11. ....                                                                                                                      | 221 |
| Figura 40. Perfil da declividade da área 12. ....                                                                                                                      | 222 |
| Figura 41. Perfil da declividade da área 13. ....                                                                                                                      | 223 |
| Figura 42. Perfil da declividade da área 14. ....                                                                                                                      | 224 |
| Figura 43. Perfil da declividade da área 15. ....                                                                                                                      | 225 |
| Figura 44. Perfil da declividade da área 16. ....                                                                                                                      | 226 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 45. Perfil da declividade da área 17. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 227 |
| Figura 46. Perfil da declividade da área 18. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 228 |
| Figura 47. Unidades geomorfológicas na Área de Influência Indireta .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 229 |
| Figura 48. Caracterização geomorfológica da Área de Influência Indireta .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 231 |
| Figura 49. Caracterização geomorfológica da Área de Influência Direta (AID) do empreendimento .....                                                                                                                                                                                                                                                                              | 234 |
| Figura 50. Relevo Dissecado de Topo Tabular em corte na região da AID (Aeroporto Ponta Pelada 7º COMAR) .....                                                                                                                                                                                                                                                                    | 235 |
| Figura 51. Perfil do Relevo Dissecado do Topo Tabular com Falésia Fluvial (Aeroporto Ponta Pelada 7º COMAR) .....                                                                                                                                                                                                                                                                | 236 |
| Figura 52. Relevo Dissecado de Topo Convexo na Região Leste da AID (Setor Puraquequara, Manaus, Amazonas) .....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 237 |
| Figura 53. Perfil do Relevo Dissecado de Topo Convexo na AID (Setor Puraquequara, Manaus, Amazonas) .....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 238 |
| Figura 54. Classes de erosão por trecho na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento .....                                                                                                                                                                                                                                                                               | 252 |
| Figura 55. Caracterização geomorfológica da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento .....                                                                                                                                                                                                                                                                               | 254 |
| Figura 56. Caracterização topográfica formada por colinas com topo plano, da ordem de 70 a 80 metros, e vales fechados. Em direção ao rio Negro ocorre a ruptura do relevo, formando a forma escarpada denominada de Falésia Fluvial. Imagem do satélite GeoEye .....                                                                                                            | 255 |
| Figura 57 – Morfologia nas margens na cidade de Manaus observadas em imagens Landsat ETM+ (A) e GeoEye-1 (B). Nessas imagens são observadas as áreas de erosão predominante na margem leste da cidade (seta branca). No detalhe da imagem GeoEye-1 nota-se que a sul do Porto Alfundegado a forma em ponta e a enseada estreita e afunilada se devem a erosão do rio Negro ..... | 257 |
| Figura 58. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da REMAN. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 261 |
| Figura 59. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da UTE Mauá. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 262 |
| Figura 60. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte do São Raimundo-Aparecida .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 264 |
| Figura 61. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte Centro-Educandos. ....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 265 |



|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 62. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ilha do Marapatá.....                                                           | 268 |
| Figura 63. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Encontro das Águas. ....                                                        | 270 |
| Figura 64. Influência do rio Negro no período de cheia sobre os igarapés de Manaus.....                                                                        | 271 |
| Figura 65. Influência do rio Negro sobre o igarapé Bom Jardim.....                                                                                             | 271 |
| Figura 66. Principais afluentes do Rio Negro .....                                                                                                             | 276 |
| Figura 67. Curvas das cotas diárias observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 14990000) .....                                                      | 279 |
| Figura 68. Distribuição histórica das cotas máximas e mínimas observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 14990000).....                             | 280 |
| Figura 69. Série histórica (Cotagrama) das cheias e vazantes do Rio Negro observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 14990000) .....                | 280 |
| Figura 70. Série histórica (Cotagrama) das maiores cheias Rio Negro observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 14990000).....                       | 281 |
| Figura 71. Velocidade do Rio Negro na Área de Influência (ADA e AID).....                                                                                      | 286 |
| Figura 72. Velocidade e direção do Rio Negro na ADA e AID do empreendimento .....                                                                              | 287 |
| Figura 73. Principais microbacias da AID com drenagem em direção ao Rio Negro .....                                                                            | 290 |
| Figura 74. Variação da amplitude do ciclo hidrológico do Rio Negro na estação fluviométrica de Manaus, AM (Código 14990000).....                               | 296 |
| Figura 75. Influência do Rio Negro no período de cheia sobre os igarapés da cidade de Manaus - AM .....                                                        | 298 |
| Figura 76. Igarapés da cidade de Manaus durante o período de vazante do Rio Negro .....                                                                        | 299 |
| Figura 77. Imagem da ADA terrestre do empreendimento no período de cheia do Rio Negro.....                                                                     | 301 |
| Figura 78. Imagem da ADA terrestre do empreendimento no período de seca do Rio Negro .....                                                                     | 302 |
| Figura 79. Localização dos pontos de coleta de amostras de água do Rio Negro com relação ao Retroporto-Alfandegado (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) ..... | 306 |
| Figura 80. Caracterização do Igarapé Bom Jardim. Ordem e Extensão .....                                                                                        | 311 |
| Figura 81. Caracterização do Igarapé Bom Jardim. Tamanho da Micro Bacia e Perímetro.....                                                                       | 312 |
| Figura 82. Igarapé Bom Jardim no período de cheia do Rio Negro .....                                                                                           | 315 |
| Figura 83. Igarapé Bom Jardim no período de vazante do Rio Negro .....                                                                                         | 316 |



## Lista de Tabelas

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1. Grupos de clima segundo modelo de classificação climática proposto por Koppen (1846-1940)..... | 127 |
| Tabela 2. Distribuição das feições de relevo da AID em função da altitude (NM).....                      | 172 |
| Tabela 3. Categorias dos riscos geológico-geotécnicos e pontuação por classes.....                       | 176 |
| Tabela 4. Classificação dos riscos para a elaboração da carta de risco geológico-geotécnico.             | 176 |
| Tabela 5. Exemplo da classificação dos riscos geológico-geotécnicos por fatores de influência.<br>.....  | 177 |
| Tabela 6. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 01.<br>.....     | 178 |
| Tabela 7. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 02.<br>.....     | 179 |
| Tabela 8. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 03.<br>.....     | 180 |
| Tabela 9. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 04.<br>.....     | 181 |
| Tabela 10. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 05.<br>.....    | 182 |
| Tabela 11. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 06.<br>.....    | 183 |
| Tabela 12. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 07.<br>.....    | 184 |
| Tabela 13. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 08.<br>.....    | 185 |
| Tabela 14. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 09.<br>.....    | 186 |
| Tabela 15. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 10.<br>.....    | 187 |
| Tabela 16. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 11.<br>.....    | 188 |



|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 17. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 12.                                                                           | 189 |
| Tabela 18. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 13.                                                                           | 190 |
| Tabela 19. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 14.                                                                           | 191 |
| Tabela 20. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 15.                                                                           | 192 |
| Tabela 21. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 16.                                                                           | 193 |
| Tabela 22. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 17.                                                                           | 194 |
| Tabela 23. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 18.                                                                           | 195 |
| Tabela 24. Classificação geral dos riscos das áreas com declividade acentuada na AID do empreendimento.                                                                | 196 |
| Tabela 25. Grau de declividade das áreas levantadas na margem esquerda do Rio Negro (AID do empreendimento).                                                           | 208 |
| Tabela 26. Classificação dos processos erosivos de acordo com a sua intensidade.                                                                                       | 244 |
| Tabela 27. Exemplo da avaliação para a classificação e os fatores considerados para a avaliação dos processos erosivos na AID.                                         | 245 |
| Tabela 28. Classificação da erosão presente no trecho 01.                                                                                                              | 246 |
| Tabela 29. Classificação da erosão presente no trecho 02.                                                                                                              | 247 |
| Tabela 30. Classificação da erosão presente no trecho 03.                                                                                                              | 248 |
| Tabela 31. Classificação da erosão presente no trecho 04.                                                                                                              | 249 |
| Tabela 32. Classificação da erosão presente no trecho 05.                                                                                                              | 250 |
| Tabela 33. Classificação da erosão presente no trecho 06.                                                                                                              | 251 |
| Tabela 34. Principais afluentes do Rio Negro.                                                                                                                          | 275 |
| Tabela 35. Série histórica das enchentes e vazantes do Rio Negro nos últimos trinta anos. Fonte: Hidroweb. Estação Fluviométrica de Manaus, AM. Código: 19440000       | 278 |
| Tabela 36. Variação média entre a enchente e vazante do Rio Negro nos últimos trinta (30) anos. Fonte: Hidroweb. Estação Fluviométrica de Manaus, AM. Código: 19440000 | 279 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 37. Velocidade da água do Rio Negro, nas proximidades de Manaus, medida com molinete fluviométrico.....                                                                                                                                                                 | 284 |
| Tabela 38. Velocidade da água do Rio Negro, nas proximidades de Manaus, medida com molinete fluviométrico.....                                                                                                                                                                 | 285 |
| Tabela 39. Maiores amplitudes de variação entre cheia e vazante do Rio Negro na cidade de Manaus, AM .....                                                                                                                                                                     | 295 |
| Tabela 40. Resumo dos valores máximos permitidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 para as variáveis da água do Rio Negro analisadas na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações ..... | 303 |
| Tabela 41. Localização geográfica dos pontos de coleta de amostras para verificação da qualidade da água do Rio Negro e imediações do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Setor Retroporto-Alfandegado, Manaus, AM. ....                                      | 304 |
| Tabela 42. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (Maio 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM. ....                                                  | 308 |
| Tabela 43. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (julho 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM. ....                                                 | 308 |
| Tabela 44. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (setembro 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM. ....                                              | 309 |
| Tabela 45. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (dezembro 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM. ....                                              | 309 |
| Tabela 46. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (abril a dezembro 2012) no igarapé Bom Jardim AID do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor da Frigomasa, Manaus, AM.....                                                            | 317 |



## Lista de Fotos

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Foto 1. Estação meteorológica usada para medidas primárias no Porto Chibatão .....                                                                                                                                                                                       | 147 |
| Foto 2. Afloramento de arenito na região da Ponta das Lajes, margem esquerda rio Negro ..                                                                                                                                                                                | 158 |
| Foto 3. Formação Alter do Chão nas proximidades da ADA do empreendimento .....                                                                                                                                                                                           | 164 |
| Foto 4. Formação de Sedimentos Aluviais Quaternários .....                                                                                                                                                                                                               | 164 |
| Foto 5. Fotografias do corte em talude na área do Porto ATR (Porto Chibatão), obtidas por Silva (2005) que mostra a disposição das camadas no corte em talude leste-oeste/ entrada do Porto (A e B) e no corte norte-sul (C a F) .....                                   | 167 |
| Foto 6. Corte em Talude (norte-sul) no Porto ATR (Porto Chibatão), Bairro Colônia Oliveira Machado, onde pode ser observada a zona de falha que afetou as camadas da Formação Alter do Chão (níveis arenoso/ferruginoso, a esquerda, e o argilo-arenoso/caulinítico..... | 168 |
| Foto 7. Fotografia mostrando a distribuição das camadas esbranquiçadas na região da orla de Manaus.....                                                                                                                                                                  | 169 |
| Foto 8. Distribuição das camadas alter-do-chão na AID do empreendimento.....                                                                                                                                                                                             | 170 |
| Foto 9. Ocorrência de depósitos aluviais na margem do rio Negro, AID .....                                                                                                                                                                                               | 206 |
| Foto 10. Perfil laterítico desenvolvido na Formação Alter do Chão, área do Porto Chibatão ..                                                                                                                                                                             | 207 |
| Foto 11. Exemplo de formação de processo erosivo na margem esquerda do rio Negro .....                                                                                                                                                                                   | 209 |
| Foto 12. Vale fluvial em forma de "V" característico da AID .....                                                                                                                                                                                                        | 233 |
| Foto 13. Falésia fluvial localizada na margem esquerda do rio Negro (AID do empreendimento) .....                                                                                                                                                                        | 239 |
| Foto 14. Interface solo-água que favorece a erosão fluvial.....                                                                                                                                                                                                          | 241 |
| Foto 15. Erosão laminar causada por precipitação.....                                                                                                                                                                                                                    | 241 |
| Foto 16. Processos de voçorocamento ocasionados por precipitação.....                                                                                                                                                                                                    | 242 |
| Foto 17. Falha geológica resultante da acomodação de camadas litológicas .....                                                                                                                                                                                           | 242 |
| Foto 18. Movimentação de massa observada na AID (margem esquerda do rio Negro).....                                                                                                                                                                                      | 243 |
| Foto 19. Processos geomorfológicos ocasionados por remoção da camada vegetal (O 59°51'22,05" ; S 03°04'15,64").....                                                                                                                                                      | 243 |
| Foto 20. Ocupação irregular de áreas com declividade acentuada na orla do Rio Negro.....                                                                                                                                                                                 | 244 |
| Foto 21. Desbarrancamento natural observado na margem esquerda do rio Negro .....                                                                                                                                                                                        | 258 |
| Foto 22. Exemplo de formação de processo erosivo na margem esquerda do rio Negro .....                                                                                                                                                                                   | 258 |



|                                                                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Foto 23. (A), (B), (C) (D) área de instalação do Porto Chibatão, com serviço de engenharia para a contenção de encostas.....                                                                                       | 259 |
| Foto 24. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da REMAN. ....                                                                                                                                 | 261 |
| Foto 25. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da UTE Mauá.....                                                                                                                               | 262 |
| Foto 26. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte do São Raimundo-Aparecida.....                                                                                                        | 263 |
| Foto 27. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte Centro-Educandos. ....                                                                                                                | 264 |
| Foto 28. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Porto da Aeronáutica.....                                                                                                             | 266 |
| Foto 29. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Porto da Aeronáutica e Ilha do Marapatá. ....                                                                                         | 266 |
| Foto 30. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ilha do Marapatá.....                                                                                                                 | 267 |
| Foto 31. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Encontro das Águas. ....                                                                                                              | 269 |
| Foto 32. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Encontro das Águas. ....                                                                                                              | 269 |
| Foto 33. Embarcação utilizada para o levantamento hidrológico e batimétrico na AID e ADA do empreendimento no Rio Negro .....                                                                                      | 282 |
| Foto 34. Contador digital de velocidade de água e Ecobatímetro Georreferenciado. Equipamentos utilizados para o levantamento de dados hidrológicos e batimétricos da ADA e AID do empreendimento no Rio Negro..... | 282 |
| Foto 35. Medição ao longo do levantamento hidrológico da ADA e AID do empreendimento no Rio Negro.....                                                                                                             | 283 |
| Foto 36. Medição de velocidade do Rio Negro com molinete fluviométrico acoplado a contador digital de velocidade .....                                                                                             | 283 |
| Foto 37. Avenida Eduardo Ribeiro no centro da cidade de Manaus afetada pela enchente do Rio Negro ano de 2012.....                                                                                                 | 291 |
| Foto 38. Avenida Eduardo Ribeiro no centro da cidade de Manaus afetada pela enchente do Rio Negro ano de 2012.....                                                                                                 | 292 |





|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Foto 39. Igarapé do Franco na cidade de Manaus afetada pela enchente do Rio Negro ano de 2012.....                                                    | 292 |
| Foto 40. Detalhe do represamento e alagamento de um igarapé de Manaus e as consequências sobre a retenção de resíduos.....                            | 293 |
| Foto 41. Represamento e alagamento de áreas marginais do Igarapé do Mindu nas proximidades do Millenium Shopping, Manaus, AM.....                     | 293 |
| Foto 42. Monitoramento da qualidade de água do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado, Manaus, AM ..... | 305 |
| Foto 43. Coleta de água do Rio Negro na região da ADA para análise .....                                                                              | 305 |
| Foto 44. Igarapé Bom Jardim na época de vazante do Rio Negro .....                                                                                    | 313 |
| Foto 45. Igarapé Bom Jardim na época de cheia do Rio Negro .....                                                                                      | 313 |
| Foto 46. Coleta de água do igarapé Bom Jardim para análise de água. Época de Vazante do Rio Negro.....                                                | 314 |



## INTRODUÇÃO

Conforme Termo de Referência Nº 015/12 – GEPE, item básico para o processo de Licenciamento Ambiental Nº 0249/00 e 1349/T/01 do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas, o Volume II do presente Estudo de Impacto Ambiental apresenta os seguintes temas:

### I) Meio Físico

#### 1) Clima:

a) Estudos de climatologia e análises das condições meteorológicas utilizando parâmetros como: temperatura; pluviometria e regime de chuvas; pressão atmosférica; umidade relativa do ar; regime, direção e velocidade dos ventos.

#### 2) Geologia, Geotecnia, Geomorfologia e Pedologia:

- a) Apresentação da situação geológica através de mapas geológicos e imagens de satélite da Área Diretamente Afetada (ADA), da Área de Influência Direta (AID) e da Área de Influência Indireta (AII);
- b) Apresentação da análise geológico-geotécnica através da consideração das litologias predominantes, feições estruturais, estabilidade de taludes, grau de alteração das rochas, tipos de afloramentos, grau de declividade, processo de instabilidade das encostas, dentre outros;
- c) Caracterização geomorfológica da ADA, da AID e da AII, descrição dos aspectos fisiográficos e morfológicos da ADA e dinâmica dos processos geomorfológicos que ocorrem na ADA e na AID;
- d) Mapeamento e identificação das principais classes de solo existentes na AID;
- e) Caracterização da dinâmica do relevo e identificação das áreas de ocorrência de transporte de sedimentos, de sedimentação/assoreamento e de áreas sujeitas à inundação.

#### 3) Hidrologia:

- a) Caracterização fluviométrica das áreas de influência do empreendimento;
- b) Apresentação de mapas dos corpos d'água existentes na Área de Influência Direta (AID);
- c) Avaliação da qualidade física, química e biológica das águas dos principais cursos d'água existentes na Área de Influência Direta (AID), conforme Resolução CONAMA 357/05;



---

## 1. Clima

### 1.1. Área de Estudo

O estudo foi conduzido na Área Diretamente Afetada pelo empreendimento, localizada no município de Manaus, Amazonas, margem esquerda do rio Negro (Figura 01). Utilizando o conceito de fatores climáticos como base para o entendimento do clima local, neste estudo foram determinados os seguintes elementos climáticos: temperatura, pluviosidade e regime de chuvas, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, regime, direção e velocidade dos ventos.

As Áreas de Influência do Empreendimento (ADA, AID, AII) ficam localizadas na porção central da Bacia Amazônica, onde se encontra a maior extensão de floresta tropical do planeta, com mais de 5 milhões de km<sup>2</sup>, respondendo por aproximadamente 1/4 das espécies animais e vegetais do planeta.

Esta região é limitada à oeste pela Cordilheira dos Andes (com elevações de até 6000 m), ao norte pelo Planalto das Guianas (com picos montanhosos de até 3000 m), ao sul pelo Planalto Central (altitudes típicas de 1200 m) e à leste pelo Oceano Atlântico, sendo este o exutório da Bacia Amazônica.

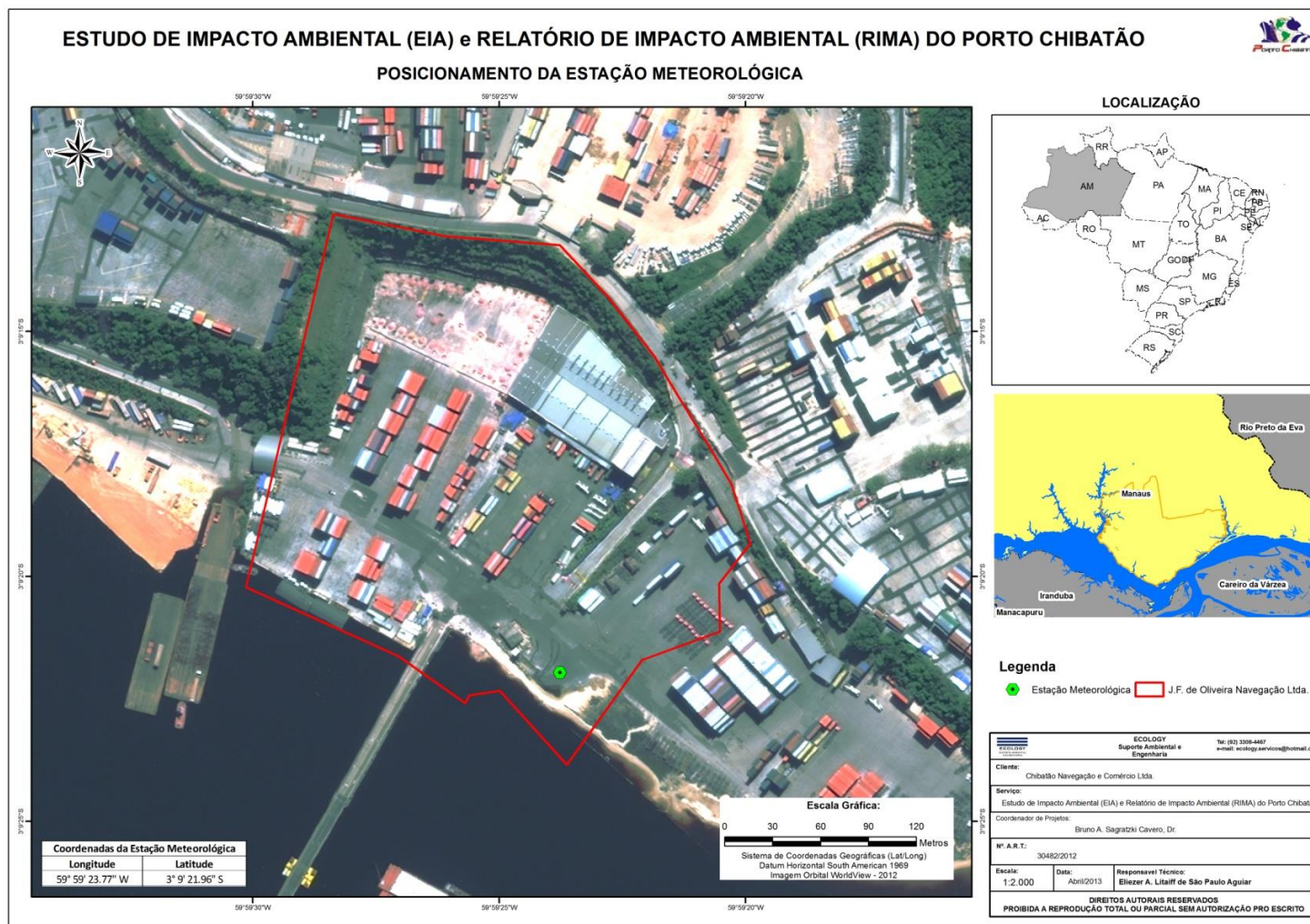


Figura 1. Localização geográfica da estação meteorológica utilizada no estudo



---

## 1.2. Caracterização da Climatologia

Para caracterização do clima se faz necessário a utilização de duas classes importantes: os elementos e os fatores climáticos.

Os elementos climáticos ou atmosféricos são grandezas que interferem e caracterizam o meio atmosférico com suas propriedades físicas e peculiares. Exemplo: vento, pressão atmosférica, temperatura, precipitação, umidade relativa, dentre outros.

Os fatores climáticos são os que influenciam e modulam a dinâmica dos elementos atmosféricos, caracterizando o clima de determinada região. Exemplo: latitude, longitude, altitude, massas de ar, maritimidade, continentalidade, vegetação, relevo, entre outros.

Para caracterização ou classificação do tipo climático de um local ou região existem, atualmente, vários esquemas disponíveis. Um padrão de classificação comumente utilizado é o modelo de classificação do clima proposto por Wladimir Koppen (1846-1940). O modelo de Koppen pressupõe que a vegetação natural de cada grande região do planeta reflete o seu respectivo clima.

Entretanto, critérios numéricos são utilizados para ajustar os tipos climáticos em função dos elementos presentes no clima de cada região (Ayoade, 2006; Vianello e Alves, 2004; Mendonça e Oliveira, 2007). No esquema de Koppen são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais de temperatura do ar e de tipo e subtipos (Figura 02, Tabela 01).

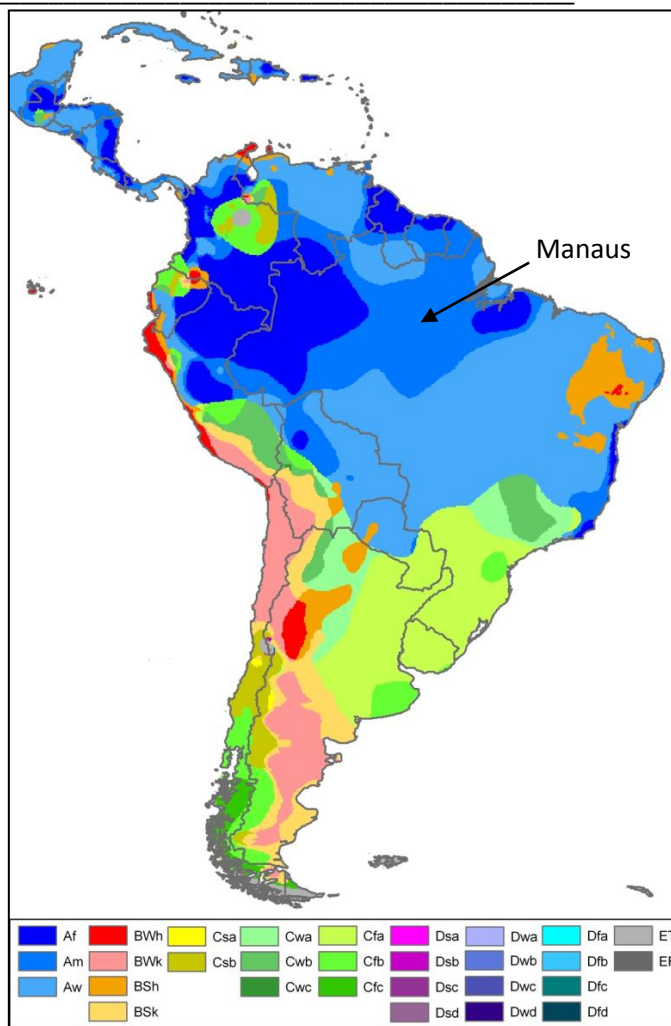


Figura 2. Grupos e tipos de clima para a América do Sul segundo modelo de classificação climática proposto por Koppen (1846-1940)  
Fonte: Peel *et al.* 2007



Tabela 1. Grupos de clima segundo modelo de classificação climática proposto por Koppen (1846-1940)

| Código | Tipo                                      | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A      | Clima tropical                            | <ul style="list-style-type: none"><li>- Climas megatérmicos</li><li>- Temperatura média do mês mais frio do ano &gt; 18 °C</li><li>- Estação invernal ausente</li><li>- Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual)</li></ul>                    |
| B      | Clima árido                               | <ul style="list-style-type: none"><li>- Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm)</li><li>- Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual</li><li>- Não existem cursos de água permanentes</li></ul>                                             |
| C      | Clima temperado ou Clima temperado quente | <ul style="list-style-type: none"><li>- Climas mesotérmicos</li><li>- Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3 °C e 18°C</li><li>- Temperatura média do mês mais quente &gt; 10 °C</li><li>- Estação de Verão e Inverno bem definidas</li></ul> |
| D      | Clima continental ou clima temperado frio | <ul style="list-style-type: none"><li>- Clima microtérmicos</li><li>- Temperatura média do ar no mês mais frio &lt; -3°C</li><li>- Temperatura média do ar no mês mais quente &gt; 10 °C</li><li>- Estações de Verão e Inverno bem definidas</li></ul>                       |
| E      | Clima glacial                             | <ul style="list-style-type: none"><li>- Climas polares e de alta montanha</li><li>- Temperatura média do ar no mês mais quente &lt; 10 °C</li><li>- Estação de Verão pouco definida ou inexistente.</li></ul>                                                                |





O clima predominante na região onde fica o Complexo Portuário é o Am: Clima tropical quente e úmido do tipo monçônico (Figura 02). Além das características inerentes ao grupo de clima tropical, as principais características do tipo de clima monçônico são:

- a) efeito monçônico (período acumulado de máxima precipitação);
- b) precipitação total anual média > 1.500 mm;
- c) precipitação do mês mais seco < 60 mm;
- d) temperatura média mensal entre 24 °C e 27 °C.

Nos últimos anos, o clima da região Amazônica tem sido foco de atenção da comunidade científica e da população local, em função do crescente uso da terra e ocupação urbana desordenada dos grandes centros urbanos como Manaus. Vários experimentos e modelos matemáticos tentam reproduzir cenários focando de que forma o advento do desmatamento possa provocar mudanças climáticas regionais significativas na região Amazônica, assim como pesquisas têm sido realizadas para avaliar os processos de correlação entre o desflorestamento da Amazônia e o clima regional e global (Nobre et al. 1991; Werth e Avisaar, 2002). Resultados prévios demonstram uma diminuição nas precipitações, na evapotranspiração e na cobertura de nuvens em regiões desflorestadas da Amazônia.

A Figura 03 indica as principais movimentações de massas de ar sobre a região, atuando como importantes fatores moduladores do clima continental e costeiro brasileiro. Em destaque, verifica-se que durante a estação de inverno, uma corrente de ar continental de origem polar atua na parte sul da região, provocando quebra de temperaturas e modulando os ambientes e ecossistemas da parte sul da Amazônia, com temperaturas amenas e umidade relativa do ar em seus níveis mais baixos. Em contrapartida, a fase de verão, uma inversão das correntes da massa de ar oriunda da Amazônia, direciona-se ao centro-sul do Brasil, representando, portanto, uma grande fonte de umidade para estas regiões do país.



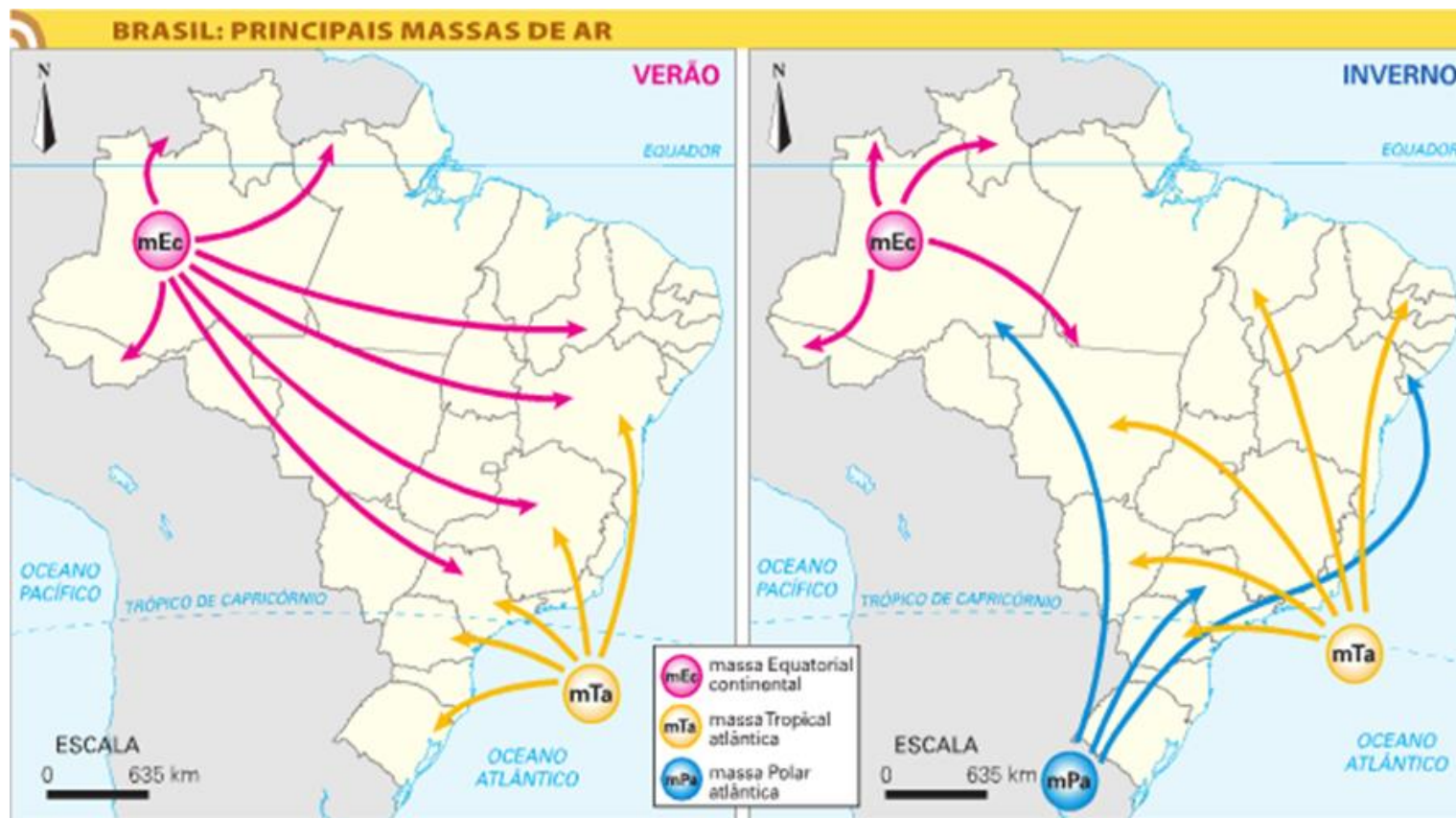


Figura 3. Principais massas de ar atuantes sazonalmente na região Amazônica

Fonte: Adaptado de Atlas Geográfico – IBGE, 2007

Os elementos climáticos permitem o monitoramento e investigação do clima de uma dada região utilizando as seguintes etapas:

- 1) Caracterização do microclima do local através da obtenção de dados meteorológicos primários, como a temperatura, umidade do ar, velocidade do vento, dentre outros;
- 2) Estudo analítico de dados secundários oriundos de centros meteorológicos, podendo construir a climatologia do local (**NORMAL CLIMATOLÓGICA**) através da utilização de padrão metodológico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

O clima atual da região é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. Situada na região entre 5°N e 10°S, recebe no topo da atmosfera um valor máximo de 36,7 MJ/m<sup>2</sup>/dia em Dezembro/Janeiro e um valor mínimo de 30,7 MJ/m<sup>2</sup>/dia no intervalo compreendido entre os meses de Junho e Julho (Salati e Marques, 1984). Estes valores são reduzidos pela transmissão atmosférica, porém, em média, são da ordem de 15 MJ/m<sup>2</sup>/dia.

Medidas realizadas na Amazônia Central indicam que os maiores valores totais de radiação que chegam à superfície ocorrem nos meses de Setembro e Outubro e os mínimos de radiação são registrados nos meses de Dezembro à Fevereiro. Esta distribuição é controlada pela nebulosidade advinda da migração SE/NW da convecção amazônica (Horel et al., 1989). Devido aos altos valores de energia que incide na superfície, o comportamento da temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul (Rondônia e Mato Grosso), que inclusive sofrem a ação de sistemas frontais (“friagens”).

130

### 1.3. Distribuição espaço-temporal da temperatura do ar

Em razão dos altos valores de energia solar que incidem na superfície, a temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul (Rondônia e Mato Grosso), que sofre a ação de sistemas frontais (denominados localmente “friagens”).

As médias anuais mostram temperaturas bastante elevadas na região central equatorial, local onde está instalado o empreendimento, com médias que ultrapassam os 26-



28°C. Em nível sazonal, no inverno, os eventos que produzem geadas no Sul e Sudeste do Brasil podem esfriar a Amazônia, com quedas significativas na temperatura do ar.

Tais eventos são comuns de maio a setembro, mas ainda não foram estimados os possíveis impactos dessas ondas de frio na população ou nos ecossistemas amazônicos. A principal característica da Região Amazônica é a pequena variação de temperatura, quer seja nas médias mensais, quer seja nas variações diárias (Salati et al., 1998). A temperatura mensal média varia pouco em quase toda a região, principalmente, devido à posição geográfica e a ausência de relevos elevados na faixa central (Salati, 1985).

Análises da série temporal da temperatura média em Manaus mostram que as décadas de 1930 e 1960 foram ligeiramente mais quentes do que o período situado entre 1961-1990. A amplitude térmica sazonal da Amazônia é da ordem de 1 a 2 °C, e os valores médios situam-se entre 25,7 e 27,7 °C. Na normal climatológica anterior a 1960, o mínimo registrado para a temperatura foi registrado no mês de abril e o pico de temperatura registrado no mês de setembro. Na normal climatológica posterior a 1960, a mínima foi registrada em fevereiro e a máxima em setembro e outubro (Figura 04).

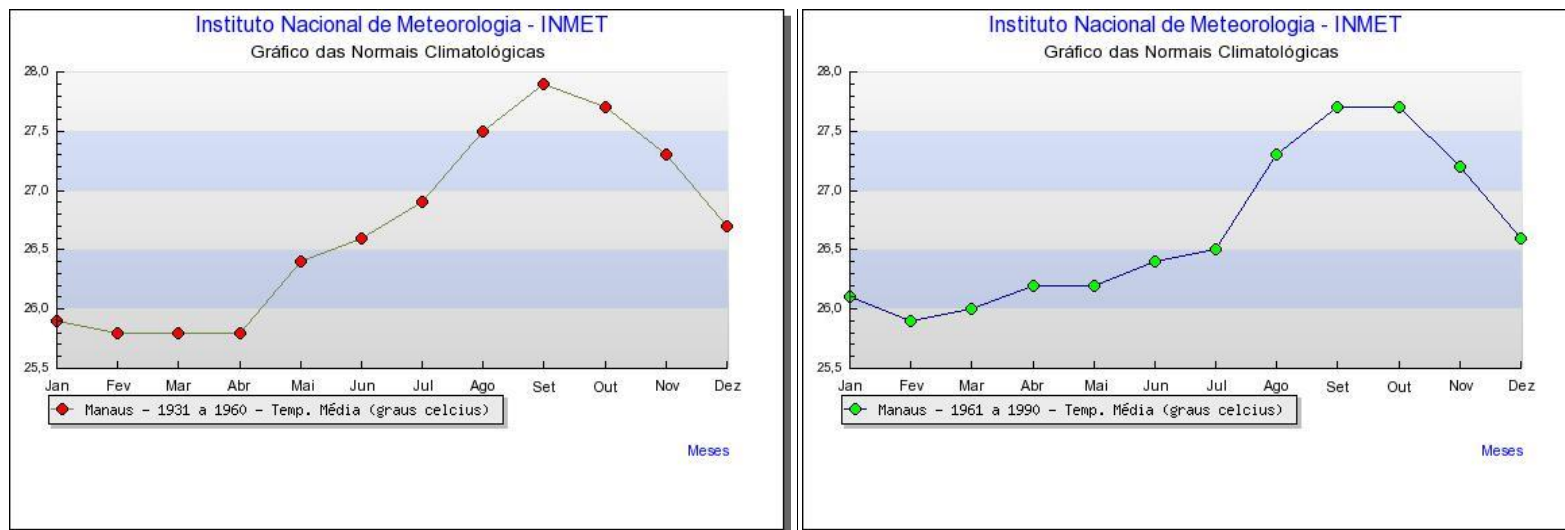


Figura 4. Normal climatológica de temperatura dos anos de 1931-1960 e 1961-1990  
Fonte: INMET

Alguns estudos utilizando dados de estações meteorológicas na região detectaram um aquecimento na região amazônica que chegou a  $+0,63^{\circ}\text{C}/100$  anos (Victoria et al., 1998), enquanto a taxa de aquecimento encontrada por Marengo (2003), usando os dados de temperatura do ar em ponto de grade da Climatic Research Unit (CRU), alcançou  $+0,85^{\circ}\text{C}/100$  anos. As variações na temperatura do ar podem estar associadas a mudanças climáticas causadas pelo fenômeno do aquecimento global, porém, essas variações também podem estar associadas a origem e qualidade da informação (dados de estações meteorológicas ou em ponto de grade), período de tempo analisado e/ou efeitos locais de urbanização, fatores que podem contribuir para falhas na interpretação da evolução dos dados históricos relacionados a temperatura.

#### **1.4. Distribuição espaço-temporal da precipitação**

A região central da Amazônia, próximo a Manaus, onde está localizado o empreendimento, possui uma precipitação média de aproximadamente 2300 mm/ano, embora existam regiões (na fronteira entre Brasil e Colômbia e Venezuela) em que o total anual atinja 3.500 mm/ano.

Esses elevados níveis de precipitação próximos à Cordilheira dos Andes devem-se à ascensão orográfica da umidade transportada pelos ventos alísios de leste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na região costeira (do Pará ao Amapá), a precipitação também é alta e sem período de estiagem definido, devido à influência das Linhas de Instabilidade (LI's) que se formam ao longo da costa litorânea durante o período da tarde e que são forçadas pela brisa marítima.

Com isso, a Amazônia apresenta significativa heterogeneidade espacial e sazonal da pluviosidade, sendo a região sulamericana com maior total pluviométrico anual, observando-se maior pluviosidade no litoral do Amapá, na foz do rio Amazonas e no setor ocidental da região, onde a precipitação excede 5.000 mm/ano (Figura 05).

Na Figura 05 está demonstrado o perfil pluviométrico acumulado para os últimos doze meses, período compreendido entre 02/05/2012 e 02/05/2013. Pode-se observar que a região central da Bacia Amazônica acumulou precipitações entre 2.700 a 2.100 mm, porém, na região próxima a Manaus, houve uma forte diminuição no regime de chuvas, sendo registrado para essa região em torno de 2.100 a 1.800 mm de precipitação.



---

A distribuição espacial e temporal das chuvas foi detalhadamente estudada por Figueroa e Nobre (1990), utilizando-se de 226 estações pluviométricas, e por Marengo (1995), que usou dados de convecção (Radiação de Ondas Longas) do International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP).

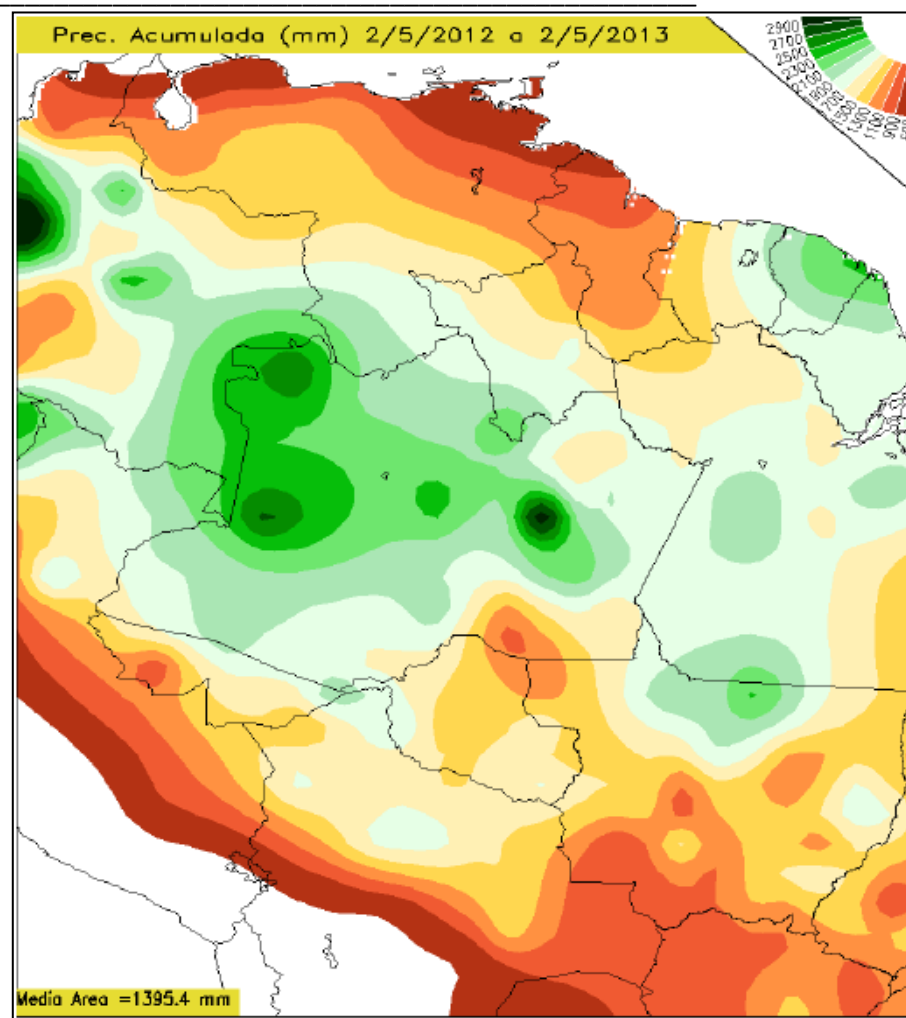


Figura 5. Distribuição da precipitação na região central da Amazônia nos últimos 12 meses  
Fonte: INPE



O máximo da chuva na região central da Amazônia (próximo de 5S) pode estar associada com a penetração de sistemas frontais da região sul, que interagem e organizam a convecção local. O período de chuvas ou forte atividade convectiva é compreendido entre Novembro e Março, sendo que o período de seca (sem grande atividade convectiva) é entre os meses de Maio e Setembro. Os meses de Abril e Outubro são meses de transição entre um regime e outro.

A distribuição de chuva no trimestre Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF) apresenta uma região de precipitação alta (superior a 900 mm) situada na parte oeste e central da Amazônia, em conexão com a posição geográfica da Alta da Bolívia. Por outro lado, no trimestre Junho-Julho-Agosto (JJA), o centro de máxima precipitação deslocou-se para o norte e situa-se sobre a América Central. A Região Amazônica, principalmente na parte central, está sobre o domínio do ramo descendente da Célula de Hadley, induzindo um período de seca bem característico. Este comportamento está associado ao padrão de acordo com o ciclo anual da atividade convectiva na região, conforme demonstrado por Horel et al. (1989).

Os três núcleos principais núcleos de precipitação abundante presentes estão localizados

- a) região noroeste: apresenta chuvas acima de 3.000 mm/ano. A precipitação no noroeste da Amazônia pode ser entendida como resposta à flutuação dinâmica do centro quase permanente de convecção nessa região, ocorrendo principalmente no trimestre abril/maio/junho. Esse núcleo é associado à condensação do ar úmido trazido pelos ventos de leste da ZCIT, que sofrem levantamento orográfico sobre os Andes;
- b) região central da Amazônia: segundo núcleo de precipitação abundante, em torno de 5°S, com precipitação de 2.500 mm ao ano, em uma banda zonalmente orientada, onde a estação chuvosa ocorre no trimestre março/abril/maio;
- c) região sul da Amazônia: precipitação abundante ocorre no trimestre janeiro/fevereiro/março.

Há ainda, um quarto núcleo, secundário, na parte leste da bacia Amazônica, próximo a Belém, com precipitação anual superior à 4.000 mm e com máxima acumulação no trimestre fevereiro/março/abril. Esse núcleo deve-se, possivelmente, às linhas de instabilidade que se





formam ao longo da costa, durante o fim da tarde, que são forçadas pela circulação de brisa marítima.

Sazonalmente, a Figura 06 mostra o início da estação chuvosa no sul da Amazônia, durante a primavera. Observa-se que os máximos de chuva ocorrem no verão. No outono, os máximos de chuva ocorrem na Amazônia Central, desde o oeste até a foz do Amazonas.

No inverno acontece a estação seca na Amazônia Central e do Sul, enquanto o máximo da estação chuvosa acontece no extremo norte, para agosto/setembro/outubro, numa longa faixa latitudinal desde o oeste da região Nordeste; para julho/agosto/setembro no vale da Bacia Amazônica, sobretudo a oeste, e para junho/julho/agosto na parte sul.

Verifica-se na Amazônia, em relação à chuva, que existe uma defasagem da ordem de seis meses entre o máximo de chuva observado na região norte da bacia acima do equador, onde o período chuvoso ocorre entre junho e julho, e aquele verificado na parte sul dessa bacia, em que o período chuvoso normalmente se inicia em dezembro.

Isso também provoca uma defasagem nos picos de cheias entre os tributários das margens direita e esquerda do rio Amazonas, assim como uma defasagem no pico de chuvas entre as regiões do sul (dez-jan) e do norte (mar-maio).

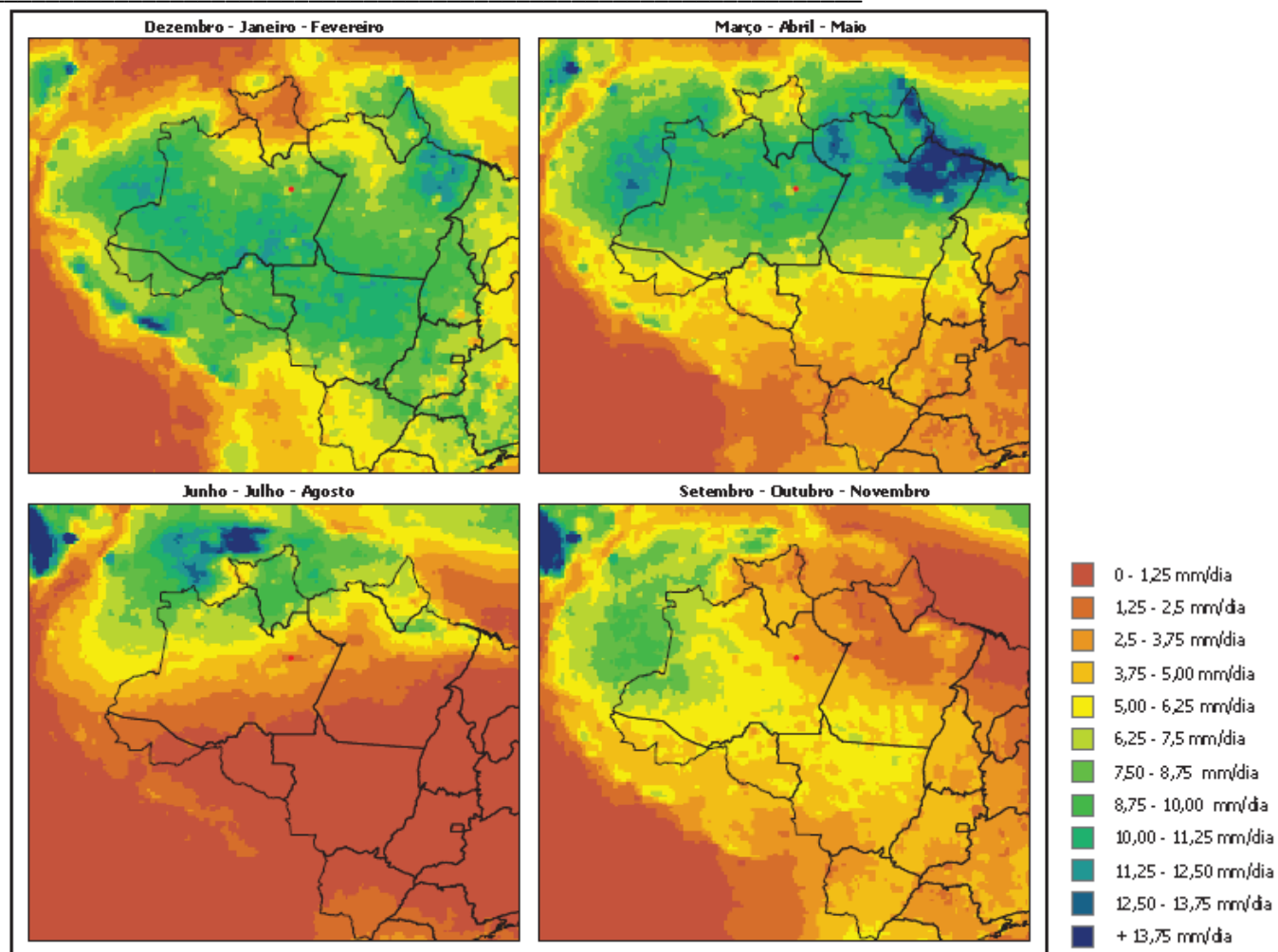


Figura 6. Distribuição espacial e sazonal da precipitação na região Amazônia para os períodos de verão, inverno, outono e primavera  
Fonte: Projeto MERGE (Rozante et. al., 2010)



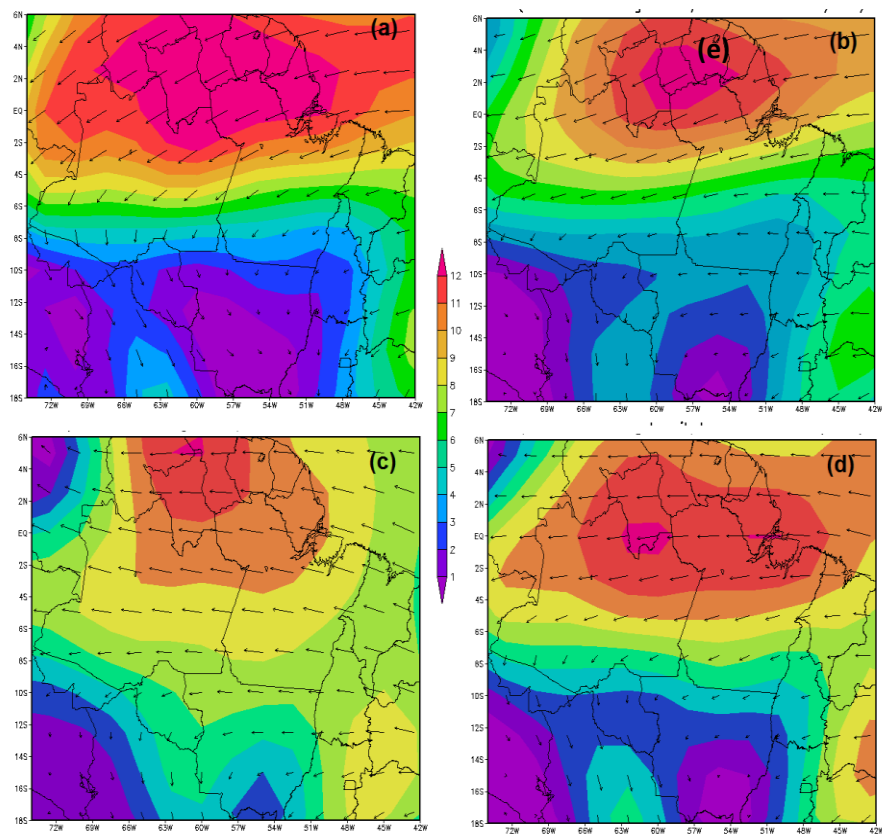
### 1.5. Circulação atmosférica da região

Durante o verão amazônico, a circulação atmosférica apresenta uma baixa térmica persistente originada entre 20 e 30° S, na região do Chaco, associada à máxima nebulosidade sobre a Amazônia Central e Altiplano da Bolívia, na época em que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é mais ativa e intensa. Nessa época do ano, as frentes frias que vêm do sul estão associadas à atividade convectiva intensa e às chuvas sobre as regiões sul e oeste da Amazônia, e também por fluxo intenso de umidade da Amazônia para latitudes maiores na América do Sul.

Esse fluxo de umidade é canalizado pelos Andes no lado oriental da cordilheira e é conhecido como Jato de Baixos Níveis (JBN) (Low Level Jet) ao leste dos Andes. Um padrão importante da circulação equatorial são os ventos alísios que transportam umidade do Atlântico Tropical para a Amazônia, associados a uma pressão atmosférica no Atlântico Tropical Norte durante o verão e o outono (Figura 07). Quando os ventos alísios encontram os Andes são desviados para o sudeste, e, em alguns casos, esse fluxo pode se intensificar e configurar um JBN, podendo apresentar ventos com velocidade de até 15m/s, nos níveis mais baixos (850hPa), e transportando umidade da Amazônia até a bacia do Prata e o norte da Argentina.

Em altos níveis da atmosfera, a grande elevação do Altiplano Bolívia-Peru e a liberação de calor latente na forma de *cumulonimbus* intensos durante o verão determinam a configuração da alta troposférica da Bolívia. A leste da alta troposférica é detectada também, durante o verão, um cavado em altos níveis sobre a costa do nordeste brasileiro. O sul da Amazônia é fortemente aquecido durante o verão austral, pela intensificação do gradiente zonal de temperatura e do intenso fluxo meridional em altos níveis. Durante o inverno, a circulação em altos níveis caracteriza-se pelo enfraquecimento do fluxo sobre os trópicos.

Portanto, o jato subtropical de altos níveis é mais intenso e fica mais próximo ao equador em comparação ao verão, que é formado pelo ramo descendente da circulação de Hadley. Em baixos níveis, a Zonas de Convergência Intertropical (ZCIT) fica deslocada mais para o norte, juntamente com a baixa pressão equatorial e as águas superficiais mais quentes do Atlântico Tropical Norte. Os padrões de circulação em superfície mostram também a entrada de massas de ar frio e seco de latitudes mais altas do Hemisfério Sul que podem afetar o oeste da Amazônia, modificando o estado do tempo na região e produzindo as chamadas “friagens”.



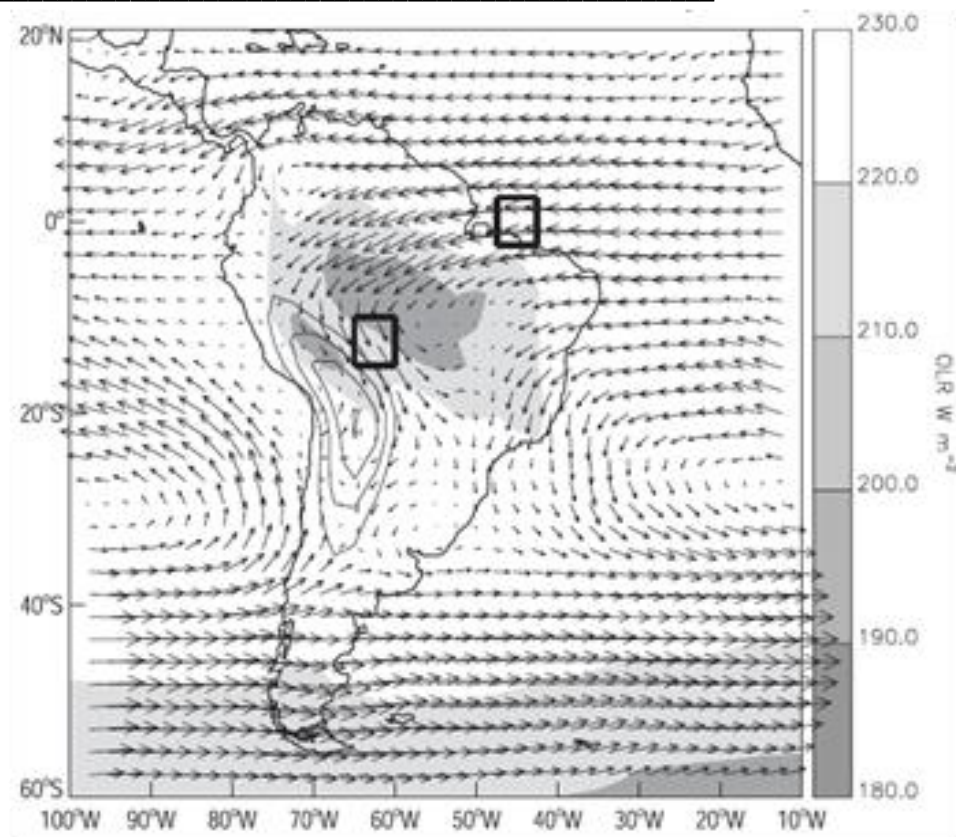


Figura 7. Distribuição espacial e sazonal da circulação atmosférica na bacia amazônica ( $\text{m.s}^{-1}$ ) para os períodos: (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, (d) SON, (e) Média  
Fontes: Reanálises NCEP/NCAR.



### 1.6. Umidade do ar na região

A umidade do ar na Amazônia é outro elemento climático que também é influenciado pelos inúmeros fatores climáticos presentes na região que possui a maior floresta tropical úmida, com aproximadamente 7 milhões de km<sup>2</sup> e a maior rede fluvial do mundo, com algo em torno de 20% do total de água despejado nos oceanos do planeta.

Os dados obtidos através de um higrômetro demonstram apenas a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera, não levando em conta as outras formas de água existentes (gotículas, gelo, dentre outros).

O balanço de umidade é apenas um dos componentes do ciclo hidrológico de uma região continental, sendo importante também considerar os outros elementos como: precipitação, evaporação, drenagem, escoamento superficial e profundo, convergência de água para atmosfera, variações na quantidade de água armazenada no solo, em reservatórios subterrâneos e na própria atmosfera.

Considerando um período de dezenas de anos, não é comum encontrar grandes variações na quantidade de água armazenada, seja no solo seja na atmosfera. Existem estudos que apontam que o excedente da precipitação em função da evapotranspiração é semelhante a descarga dos rios nos oceanos, e que essa quantidade excedente é gerada pela convergência da umidade, ou seja, pelo deslocamento da umidade de outras regiões pela atmosfera.

142

A partir do uso de satélites, estações de superfície e modelos meteorológicos, melhores observações do ciclo hidrológico amazônico puderam ser feitas e os estudos com umidade na Amazônia foram gerados por dados com melhor resolução temporal e espacial. A descarga estimada na foz do rio Amazonas é de 210.000 m<sup>3</sup>/s ou 2,9 mm/dia (medida que considera a distribuição uniforme de toda a descarga hídrica pela superfície da Bacia Amazônica)(Marengo, 2005).

Em relação a evapotranspiração foram observados valores de 3,9 mm/dia ao leste da Amazônia e 3,7 mm/dia na porção central e sul da Amazônia (Rocha, 1996), obtendo para as estações seca e úmida valores de 3,8 mm/dia e 3,6 mm/dia, respectivamente (von Randow, 2004). Para a região de Manaus foram observados valores de 3,8 mm/dia e 3,9 mm/dia, apresentando valores um pouco acima da média da Bacia.

Em estudo conduzido por Marengo (2006), a precipitação variou, em diferentes climatologias de 5,5 a 7,9 mm/dia. Para calcular a convergência de umidade integrada verticalmente na atmosfera foram utilizados dados de elementos climáticos como umidade do



ar e velocidade específica em diferentes níveis da atmosfera. O resultado obtido foi de 1,4 mm/dia, bem abaixo da descarga considerada para o rio Amazonas no Oceano Atlântico, de 2,9 mm/dia.

Não havendo perturbações nos estoques subterrâneos, a pluviosidade média da Bacia Amazônica deve ser balanceada pela soma da evapotranspiração com a descarga do rio Amazonas no Oceano Atlântico, sendo que a convergência de umidade na atmosfera deve ser igual à descarga do rio.

Grande parte das chuvas da Amazônia é proveniente da evapotranspiração que ocorre diariamente em seus ecossistemas (55-60% da precipitação). Entretanto, durante o período chuvoso, os níveis de pluviosidade são maiores que o dobro da taxa de evapotranspiração, o que significa deslocamento de umidade atmosférica de fora para dentro da região, como é o caso dos ventos alísios no transporte da umidade originada no Oceano Atlântico. Considerando um balanço anual, a região amazônica é um grande importador de umidade, principalmente do vapor d'água oriundo do Oceano Atlântico e transportado pelos ventos alísios. Esse fenômeno de transporte corresponde a  $\frac{3}{4}$  da umidade que circula na região.

Trabalho realizado por Magano-Junior *et al.* (2010) medindo a sazonalidade da umidade relativa do ar em cidades da Amazônia Brasileira mostrou que em Manaus, durante a estação chuvosa, a variação diária acompanhou um padrão observado em toda a região, apresentando valor médio sazonal de 81,7%, desvio padrão de 8,6% e coeficiente de variação de 9,8%. A partir da análise da Figura 08 pode-se observar que os menores níveis de umidade são observados no período da tarde, entre 11:00 e 17:00, com um posterior aumento crescente da umidade até 05:00, quando foi registrado o pico da umidade relativa.

A Figura 08 mostra a variação diária da umidade do ar durante o período seco, onde há uma menor quantidade de chuvas na região. Em Manaus foi observado uma umidade do ar média sazonal de 58,2%, com coeficiente de variação de 10,1% e um desvio padrão de 17,4%, menor valor em comparação com as médias das outras cidades amazônicas amostradas neste estudo. Manaus apresentou picos em torno de 75% às 06:00 e redução brusca para 45% às 15:00. Esse fenômeno pode ser explicado pela posição continental de Manaus em relação ao oceano, não apresentando influências de brisas marítimas, principalmente, durante as primeiras horas do dia, fato que ocorre em cidades litorâneas.

Este resultado mostra que os fatores climáticos influenciam nos resultados de umidade do ar muito mais do que condições relacionadas a urbanização de metrópoles, já que Manaus



e Belém possuem semelhante desenvolvimento urbano, porém, apresentam diferenças significativas em termos de umidade relativa e precipitação.



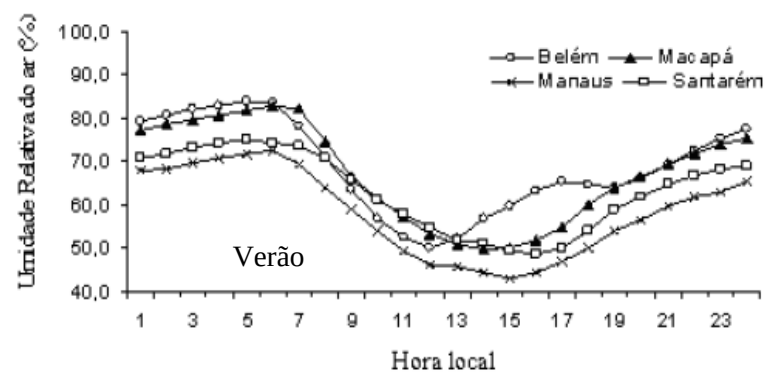
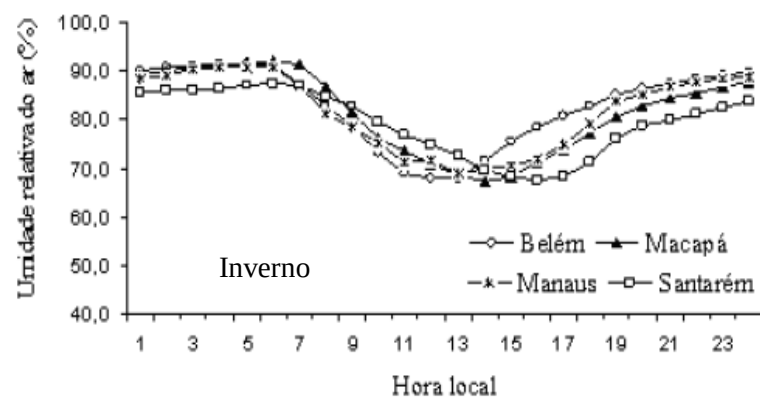


Figura 8. Variação diária da umidade relativa do ar em quatro cidades da Amazônia brasileira durante o inverno e verão amazônico  
Fonte: Magano-Junior, 2010



### **1.7. Regime, direção, velocidade dos ventos e outras condições atmosféricas locais sobre a área do Porto de Chibatão - Estação Meteorológica**

As condições meteorológicas de uma dada região podem ser expressas por meio de estudos observacionais, medições no local de interesse, sendo dessa forma mais bem compreendidos, ou extrapolados, utilizando-se a modelagem dos fenômenos físicos atmosféricos e da interface superfície-atmosfera. Em relação aos estudos observacionais, é importante destacar que a coleta de dados de velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa, sendo todas estas variáveis relacionadas à pressão atmosférica e altura acima do nível do mar, é de suma importância para a caracterização das condições de tempo e clima (considerando dados de um período de tempo mínimo necessário) de uma dada região.

Dentre outros métodos de coleta de dados, a sondagem meteorológica tem sido apresentada como uma eficiente metodologia em estudos de cunho científico e de monitoramento. Esta técnica se configura como um método de obtenção de dados de pressão atmosférica, altitude, umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento para vários níveis de altura. Assim, para a avaliação destas variáveis na área do Porto Chibatão foram realizadas medidas e coleta de dados com estação meteorológica automática cujo objetivo foi o de subsidiar as informações do escoamento do vento e regime térmico e de umidade da área de estudo. Uma maneira de verificar o comportamento do microclima de um local é a interpretação de séries temporais de elementos climáticos, como a temperatura do ar, dentre outros.

146

Para a caracterização do microclima da área do Porto de Chibatão, foram realizadas medidas de pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar através da instalação de duas estações meteorológicas:

1) Estação Meteorológica Automática (EMA) HOBO U30-NRC é o mais robusto sistema de registro de dados, podendo ser facilmente reconfigurado e adaptado a uma grande variedade de aplicações. Esta estação mediu os seguintes elementos climáticos: a) pressão atmosférica; b) temperatura e umidade do ar; c) velocidade e direção do vento e d) radiação

2) Estação Meteorológica Metpak <sup>TM</sup> II (Foto 01) é uma estação meteorológica multi-sensor que mede uma ampla gama de parâmetros meteorológicos, incluindo:

a) velocidade e direção do vento; b) temperatura e umidade relativa do ar; c) pressão barométrica e d) ponto de orvalho.



EIA – ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL  
CHIBATÃO NAVEGAÇÃO E COMÉRCIO LTDA.



Foto 1. Estação meteorológica usada para medidas primárias no Porto Chibatão



Na Figura 09 estão discriminados todos os dados de temperatura, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento obtidos, a partir das estações meteorológicas utilizadas durante o Estudo de Impacto Ambiental, na região do Porto Chibatão.

Com relação à temperatura foram obtidos dados médios mínimos de 23 °C e máximos de 28,5 °C, registrando picos de 32°C e mínimas um pouco acima de 22 °C. A pressão barométrica variou entre 29,7 e 29,9 mmHg durante todos os horários amostrados. Em relação a velocidade dos ventos, obteve-se medições de até 48 km/h, porém, em média, a velocidade do vento oscilou entre 8 e 16 km/h. A direção dos ventos oscilou durante o dia, porém, a maioria das observações registraram ventos oriundos do leste (ângulo 90°). Apenas durante algumas horas do dia, entre 11:00 e 12:00, os ventos mudaram de curso e passaram a vir de nordeste, ou seja, da Zona Leste da cidade. Após as 12:00, voltavam a predominar ventos originados a leste (Figura 09).

Para que se existam parâmetros temporais em que se permita realizar inferências sobre a situação do microclima na região do empreendimento foi realizada comparação com os dados meteorológicos obtidos nos últimos cinco anos no Aeroporto de Ponta Pelada, localizado, a nordeste, nas proximidades do Complexo Portuário.

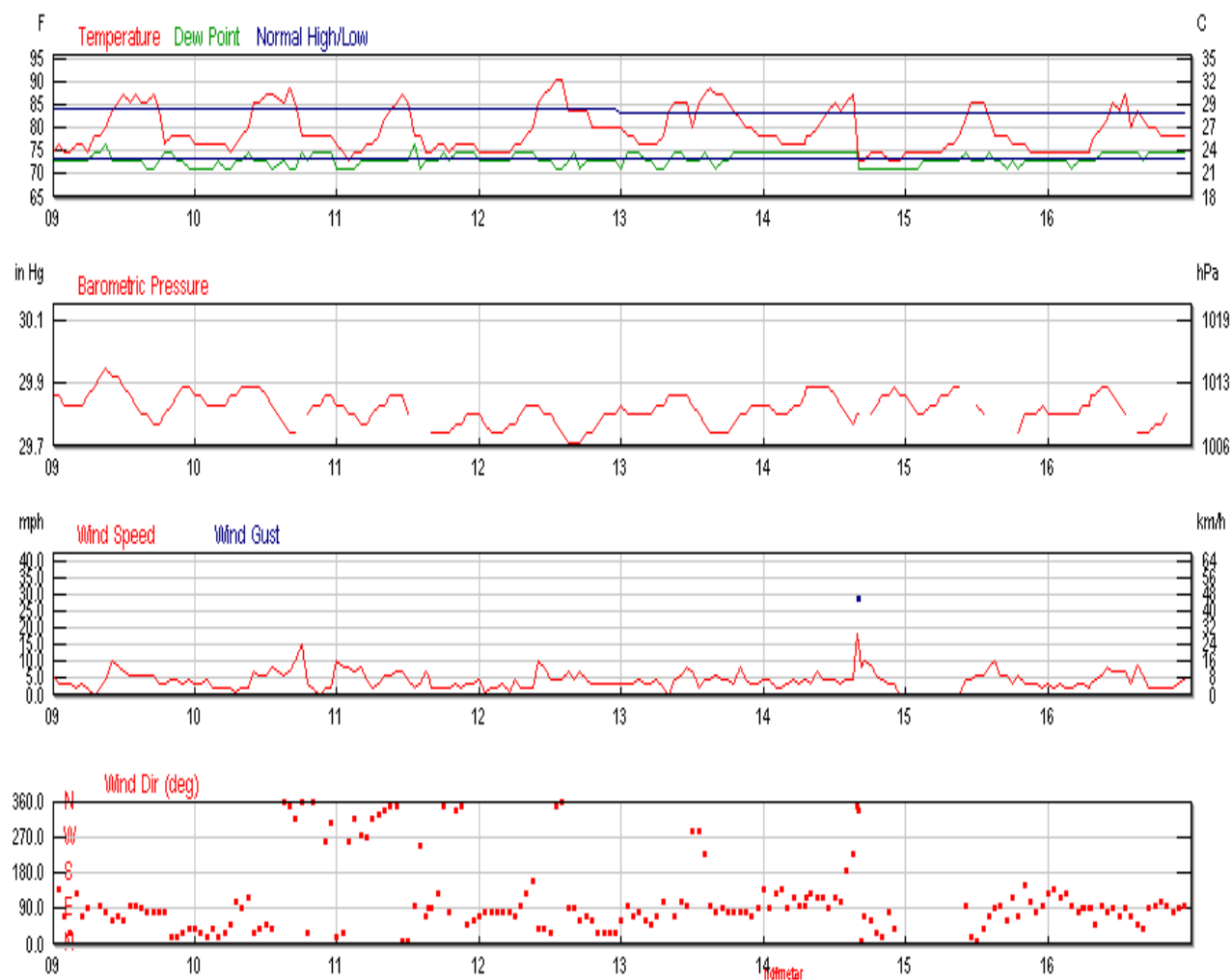


Figura 9. Estação meteorológica usada para medidas primárias no Porto Chibatão



Todos os resultados dos parâmetros anteriormente citados e estudados pelas estações meteorológicas instaladas no empreendimento (temperatura, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento) seguem um padrão de cinco anos de observações meteorológicas do Aeroporto de Ponta Pelada. Conforme pode ser observado na Figura 10, o comportamento da temperatura nos últimos cinco anos manteve uma sazonalidade típica para a região, com menores temperaturas durante o período de maior precipitação e com as máximas predominando no verão da região, onde predomina a maior insolação.

As máximas temperaturas mantiveram-se abaixo da Normal Climatológica, e as mínimas apresentaram tendência de baixa em relação a Normal, principalmente no período de pré-estação, com entradas de massa de ar polar na região (Figura 03), característicos do fenômeno da Friagem (Salati, 1985; Hamilton & Tarifa, 1978). Assim, as grandes oscilações de temperatura que ocorrem na Amazônia são causadas, principalmente, pelas frentes frias, entrada de ar polar atlântica, grandes responsáveis pelo fenômeno climático da “friagem” que causa quedas bruscas de temperatura (Salati, 1985).

A variação sazonal da temperatura na área do empreendimento pode ser verificada na Figura 11, onde se pode visualizar os dados de precipitação média (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) mensal para o município de Manaus obtidos a partir da estação meteorológica do INMET, localizado a nordeste do Complexo Portuário.

150

Nesse gráfico também é possível verificar que os máximos valores de temperatura ocorrem entre os meses de agosto-setembro-outubro e os mínimos ocorrem entre os meses de janeiro-fevereiro-março, inversamente proporcional aos índices pluviométricos. Estes apresentam seus maiores índices entre os meses de fevereiro-março-abril e os menores valores entre os meses de julho-agosto-setembro.

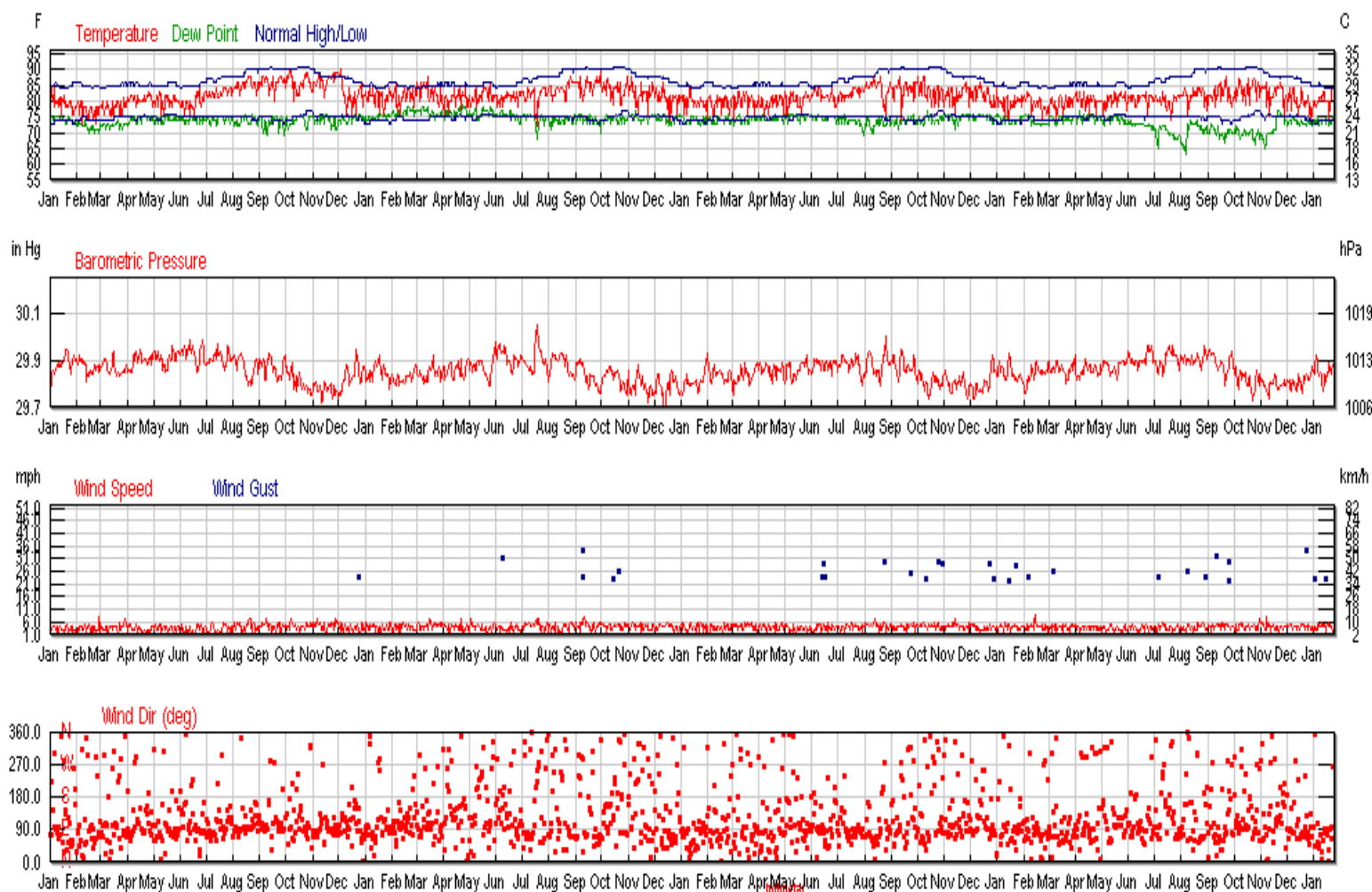


Figura 10. Serie temporal de temperatura do ar, pressão atmosférica e vento, para os últimos 5 anos, de 2009 a 2013 no aeroporto de Ponta Pelada - Manaus  
Fonte: Aeroporto Ponta Pelada



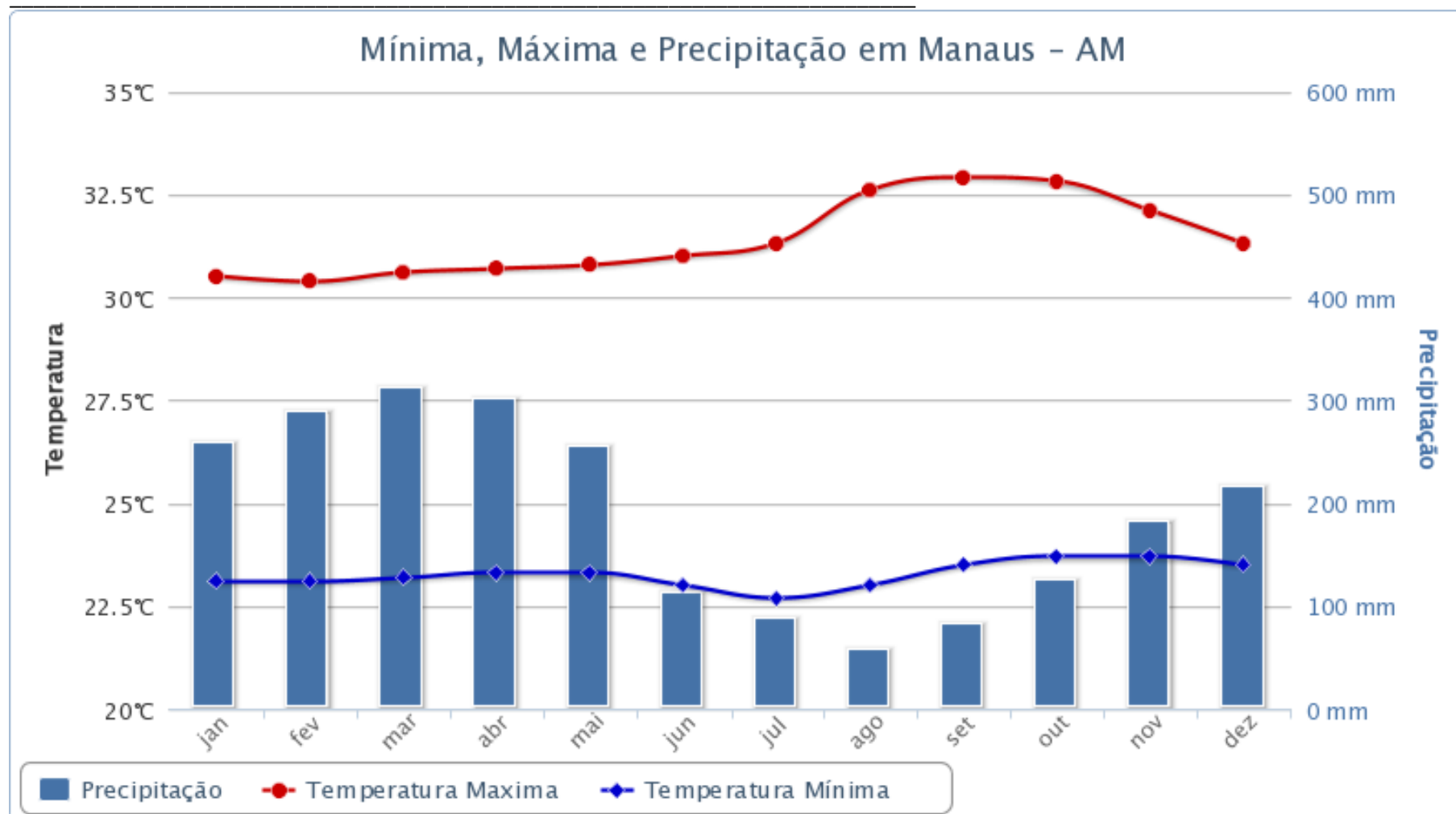


Figura 11. Variação sazonal da temperatura do ar (°C) máxima/mínima e da precipitação pluviométrica (mm) válida para a área do Porto Chibatão  
Fonte: INMET





---

### 1.8. Conclusão

De acordo com os dados obtidos pela estação meteorológica utilizada neste estudo, o microclima amostrado no Porto Chibatão acompanhou o padrão observado em outras estações meteorológicas da cidade de Manaus, como o INMET e Aeroporto Ponta Pelada, que possuem séries históricas.



## 2. Geologia, Geotecnia, Geomorfologia e Pedologia

### 2.1. Área de Estudo

A área caracterizada geologicamente é representada pela Área de Influência do empreendimento (AII, AID e ADA).

### 2.2. Objetivo do Estudo

Este estudo visa caracterizar a geologia, geotecnia, geomorfologia e pedologia da área de influência do empreendimento.

### 2.3. Método de Trabalho

#### 2.3.1. Abordagem de Estudo

Para a análise geológica do Porto Chibatão foram utilizadas imagens de satélites de alta resolução espacial e análise de dados em campo, que serviram para a caracterização geológica e geomorfológica quanto a:

- a) Distribuição e ocorrência das rochas e sedimentos na área do empreendimento (área de influência direta e indireta);
- b) Descrição dos aspectos estruturais ocorrentes nas formações geológicas;
- c) Caracterização geomorfológica (tipo de relevo, distribuição dos corpos hídricos, análise da declividade, etc.);
- d) Aspectos do solo (tipos e características);

154

#### 2.3.2. Elaboração de Mapas Temáticos

Os mapas temáticos foram elaborados a partir das seguintes bases cartográficas e temáticas:

- a) Base cartográfica digital de Manaus na escala 1:10.000 de 2010;
- b) Imagem do satélite GeoEye-1, com resolução espacial 0.41m no Pancromático e 1.64m no Multiespectral, com data e obtenção do produto em setembro de 2010
- c) Mapa geológico regional, segundo a CPRM, na escala 1: 2.500.000;
- d) Mapa geológico local, segundo Silva (2005);
- e) Modelo SRTM da Nasa;



### 2.3.3. Coleta de dados *in loco*

A coleta de dados *in loco* foi concernente à caracterização geológica da área do Porto Alfundegado, para descrição dos sedimentos e rochas existentes, sua distribuição e abrangência real, tipologia das falhas e fraturas, bem como a descrição das áreas aterradas. No ponto de vista geomorfológico, objetivou-se a análise do talude, a identificação de áreas com manifestação de processos erosivos e consequente assoreamento.

## 2.4. Caracterização Geológica

### 2.4.1. Área de Influência Indireta

A Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento corresponde à Região Metropolitana de Manaus, contendo os seguintes municípios: Manaus, Manacapuru, Itacoatiara, Rio Preto da Eva, Iranduba, Careiro da Várzea, Novo Airão e Presidente Figueiredo. Essa região está localizada na porção nordeste do estado do Amazonas e possui uma área de 101.475,12 km<sup>2</sup>.

A AII está localizada entre duas Bacias Sedimentares Interiores (Figura 12):

- Bacia do Solimões: possui 500.000 km<sup>2</sup>, sendo limitada a oeste com a Bacia do Acre, pelo Arco de Iquitos (Perú) e a leste, com a Bacia do Amazonas, pelo Arco do Purus. Nesta Bacia existem duas sub-bacias divididas pelo Arco de Carauari: Jandiatuba e Juruá. A Bacia é preenchida por pacotes sedimentares separados por marcações bem visíveis, sendo constituída por quatro supersequências: ordoviciana, siluro-devoniana, devoniana-carbonífera e carbonífera-permiana.

- Bacia do Amazonas: possui 515.000 km<sup>2</sup>, originada na era Paleozóica, sendo limitada ao norte pelo Escudo das Guianas, ao sul pelo Escudo Brasil Central, a oeste pela Bacia do Solimões e a leste pela ombreira do rifte mesozoico da Bacia do Marajó, conhecida como “Arco de Gurupá”.

De acordo com a delimitação da AII existem as seguintes formações geológicas:

A Formação Alter do Chão predomina nos municípios de Manaus, Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Careiro da Várzea e Iranduba. Outra formação importante dentro da Região Metropolitana de Manaus é a Formação Solimões, presente nos municípios de Novo Airão e Manacapuru. Em Presidente Figueiredo, ao norte de Manaus e Novo Airão ocorrem o início do afloramento do Complexo Guianense e boa parte do Grupo geológico Trombetas (Figura 13).

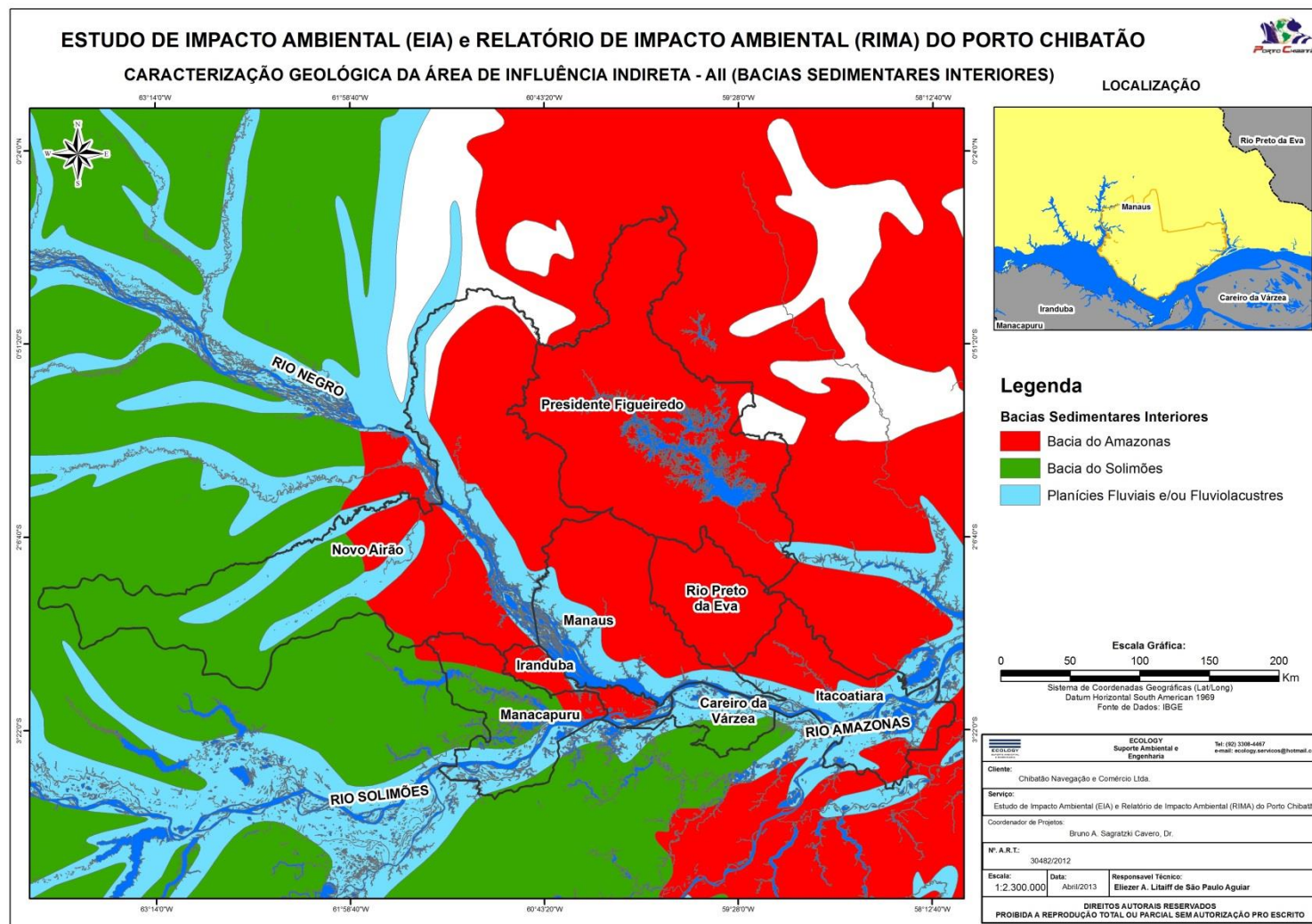


Figura 12. Bacias Sedimentares Interiores de ocorrência na AII do empreendimento

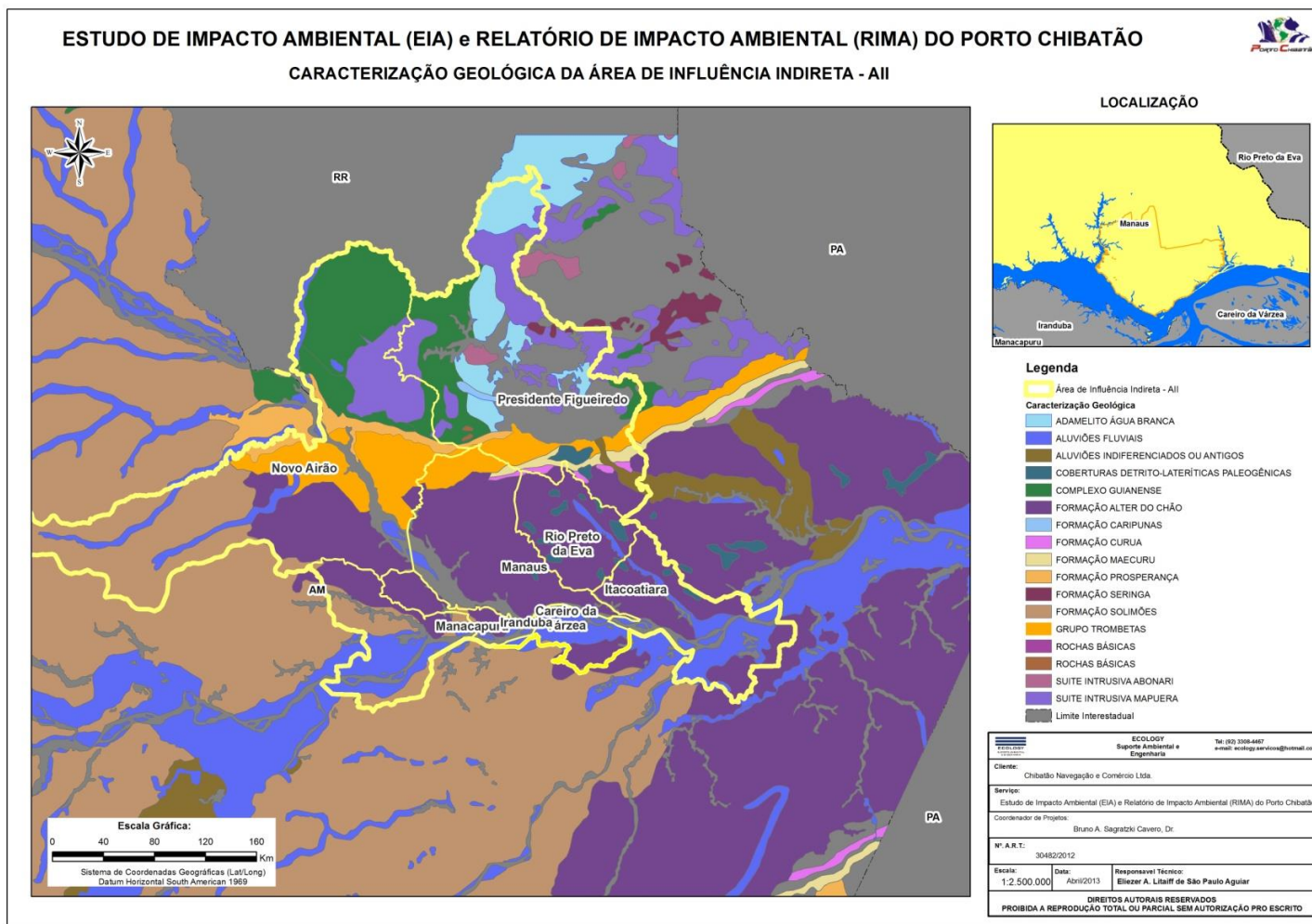


Figura 13. Caracterização geológica da Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento



#### 2.4.2. Área Diretamente Afetada (ADA) e da Área de Influência Direta (AID)

A AID e a ADA possuem sedimentos e rochas sedimentares da Formação Alter do Chão (Figura 14, Figura 15), que representa a Sequência Cretáceo-Paleógeno, de ambiente fluvial, da Bacia Sedimentar do Amazonas.

Essa formação geológica está constituída por camadas arenosas e argilosas estratificadas, acamadadas que apresenta dois níveis distintos (Figura 16, Figura 17). O nível superior, situado abaixo do horizonte do solo e formado por camadas argilosas e areno-argilosas esbranquiçadas, é composto por quartzo e argilas caulíníticas.

O nível inferior, logo abaixo, é constituído por camadas argilosas e/ou areno-argilosas avermelhadas, constituída por quartzo e óxido de ferro.

Abaixo desses dois níveis, ocorre a camada de arenito ou siltito ferruginizado. Este estrato, quando silicificado é denominado (localmente) de “Arenito Manaus”. Esse nível rochoso se distribui como um nível horizontalizado, aflorando ao longo dos cursos d’água da região (igarapés) e nas margens dos rios. Um exemplo disso é o afloramento da Ponta das Lajes, no rio Negro (Foto 02). A alteração intempérica dos sedimentos e rochas fluviais da Formação Alter do Chão originou o solo latossólico que se distribui na cidade de Manaus.

158



Foto 2. Afloramento de arenito na região da Ponta das Lajes, margem esquerda rio Negro

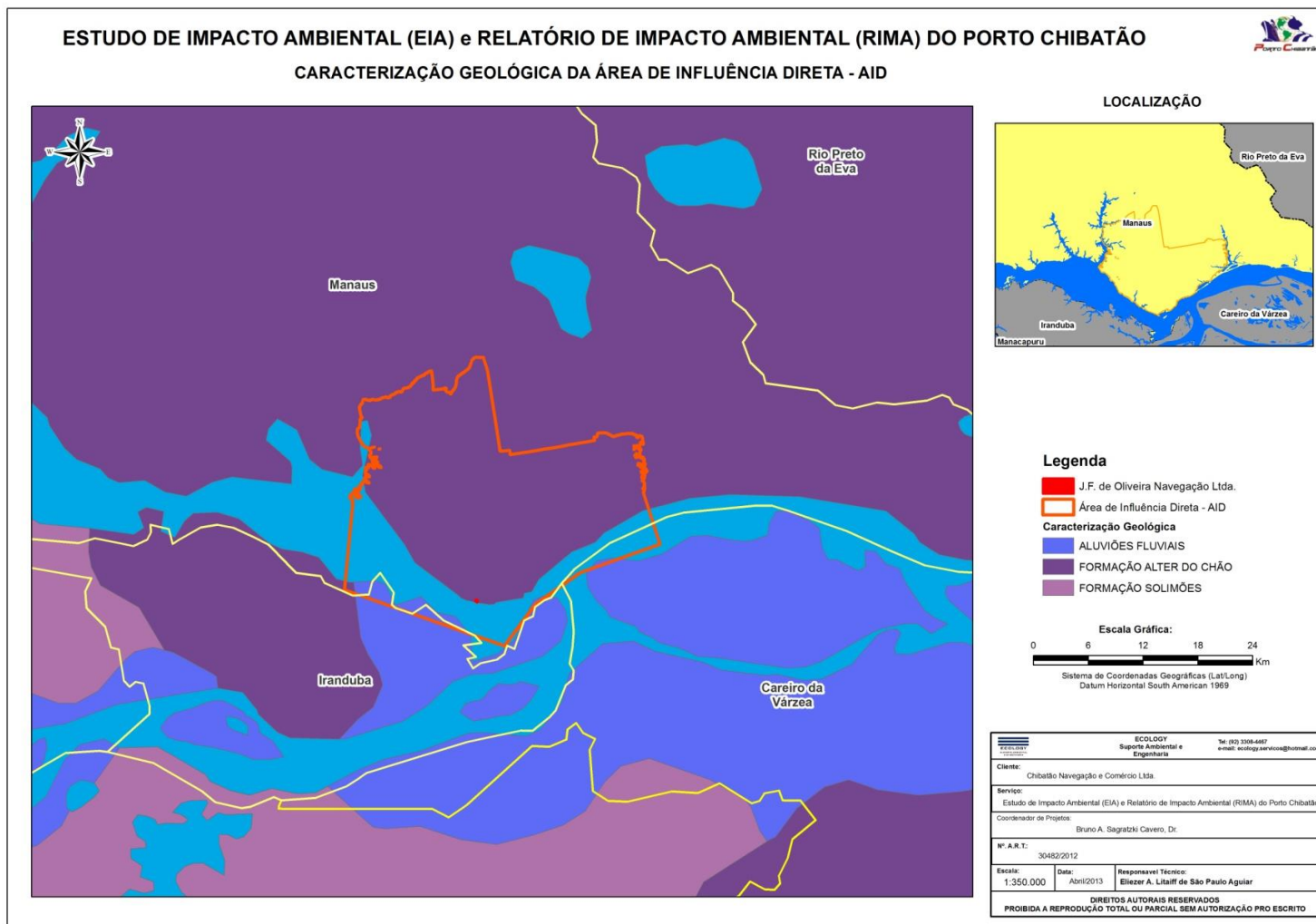


Figura 14. Caracterização geológica da Área de Influência Direta (AID)

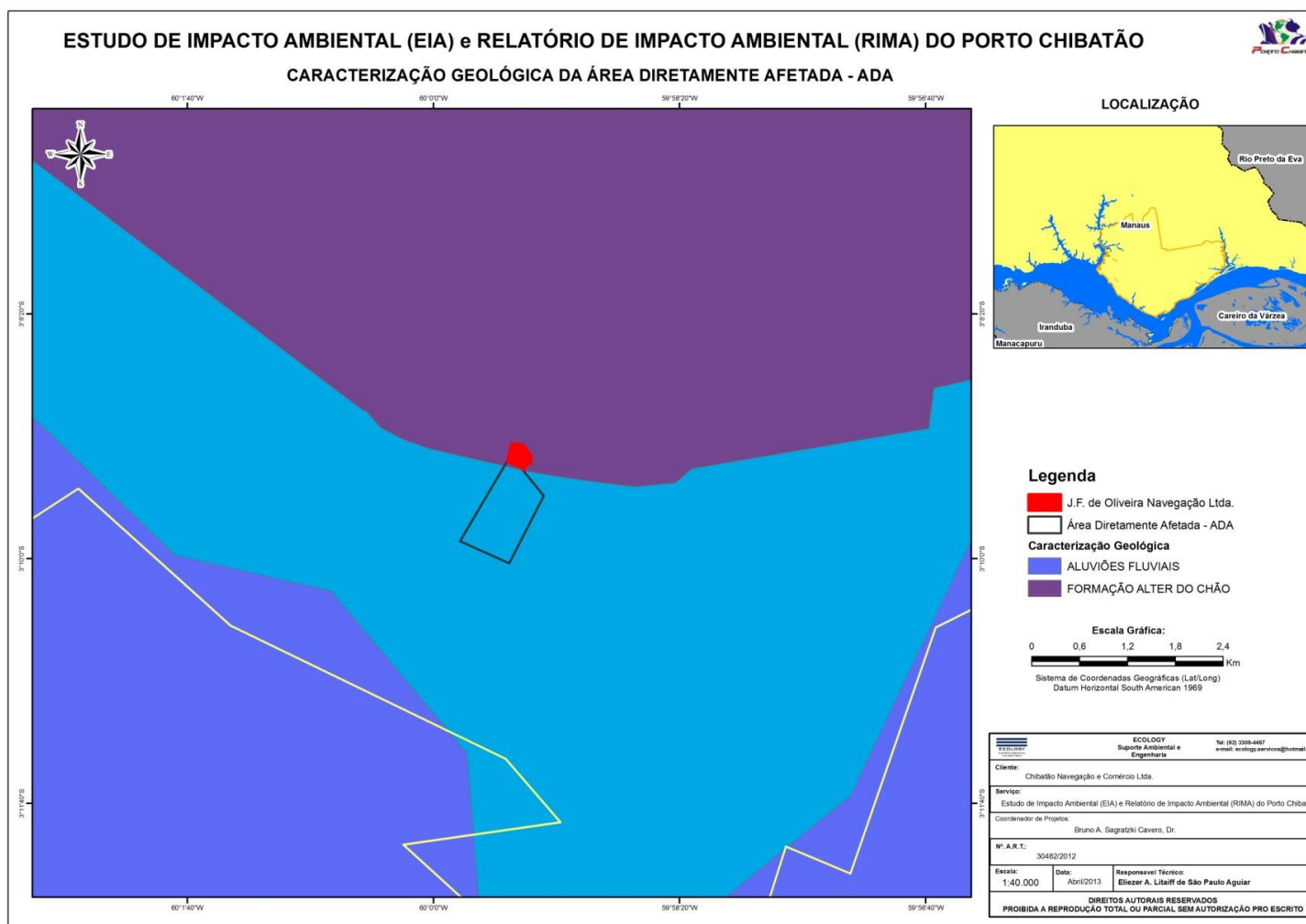
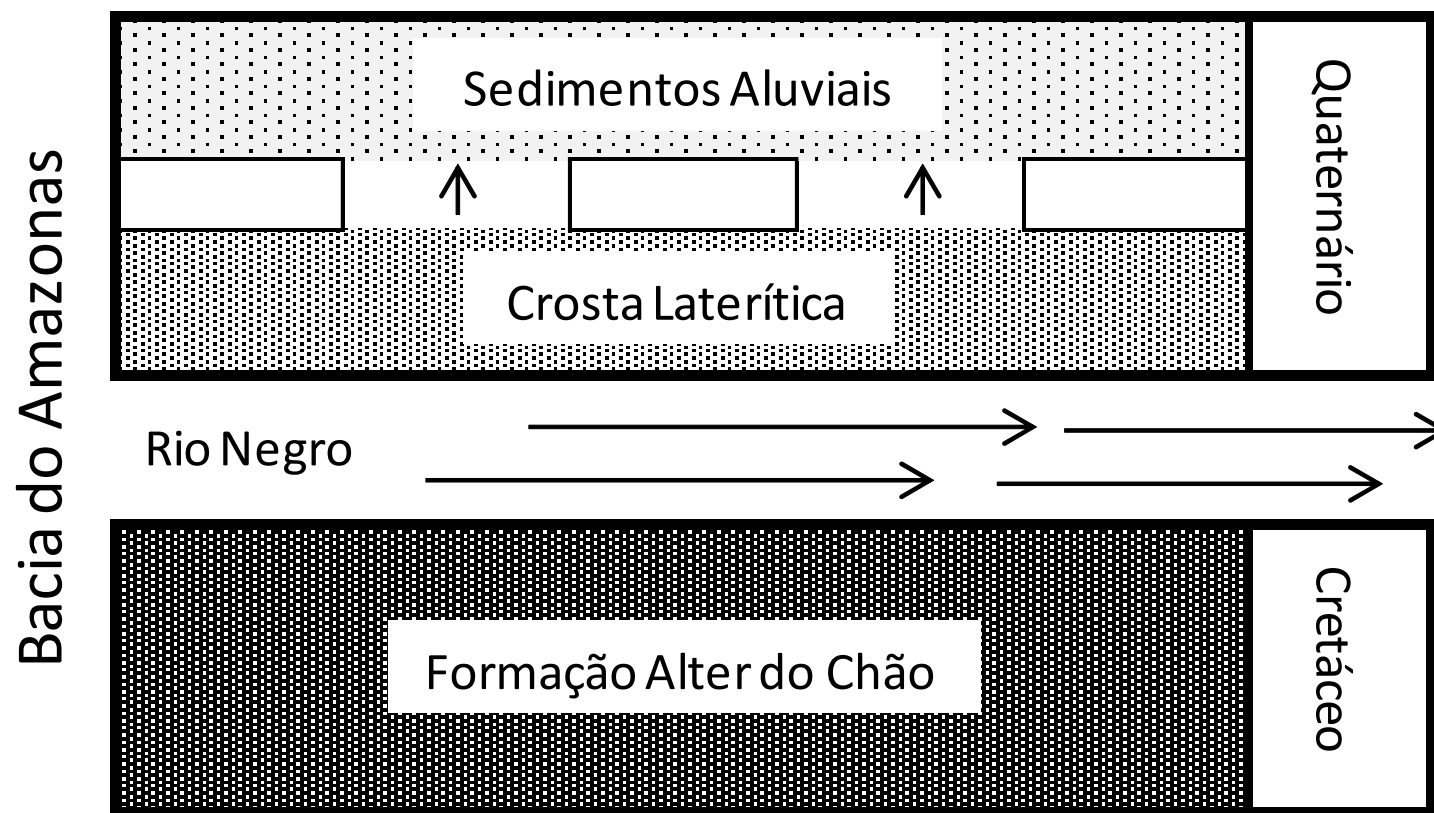


Figura 15. Caracterização geológica da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento





161

Figura 16. Distribuição da Formação Alter do Chão (de idade cretácea) da Bacia do Amazonas na região de Manaus (AM)

Acima dessa unidade foi desenvolvido o perfil de solo latossólico com crosta laterítica. Os sedimentos aluviais recentes (areias e argilas inconsolidadas) foram depositados em discordância sobre a unidade Alter do Chão.

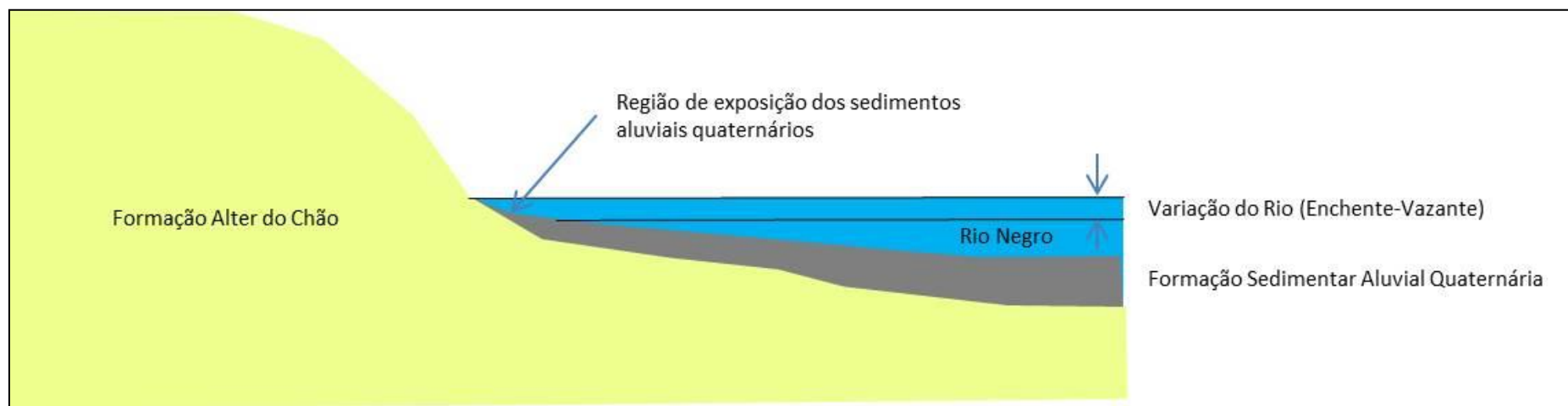


Figura 17. Fenômeno de sedimentação da Formação Alter do Chão ocasionado pelo Rio Negro



---

## **2.5. Análise Geológica-Geotécnica**

### **2.5.1. Litologias predominantes na ADA e AID**

Os sedimentos da Formação Alter do Chão são observados nas encostas naturais de porções de solo com relevo alto existente nas margens do rio Negro, nos quais aflora o solo argilo-arenoso amarelado do perfil latossólico (Foto 03). Esse tipo de solo é caracterizado geologicamente como Formação de Sedimentos Aluviais Quaternários, nos quais podem ser mais facilmente identificados durante o período de vazante do rio Negro (entre os meses de julho e novembro) (Foto 04).

A área do Porto Chibatão situa-se no limite entre os sedimentos da Formação Alter do Chão (Kac) com os sedimentos quaternários do rio Negro (Qa). A imagem observada na Figura 18 representa o provável limite entre as duas unidades comentadas acima. A Formação Alter do Chão representa, em termos de morfologia do terreno, o relevo colinoso (terra firme) dissecado pela drenagem. Na área do Porto Chibatão, assim como em toda a margem do rio Negro, esse limite está representado pela superfície íngreme, escarpada, conhecida como falésia.

No entanto, os sedimentos quaternários que ocorrem na margem do rio Negro repousam em discordância sobre a Formação Alter do Chão, considerado, portanto, como o substrato para essa sedimentação mais nova. Por essa razão é que comumente afloram na margem desse rio os arenitos e/ou siltitos avermelhados cobertos por camadas de areia, argila e lama (argilosa e siltosa) recentes.



Foto 3. Formação Alter do Chão nas proximidades da ADA do empreendimento



Foto 4. Formação de Sedimentos Aluviais Quaternários

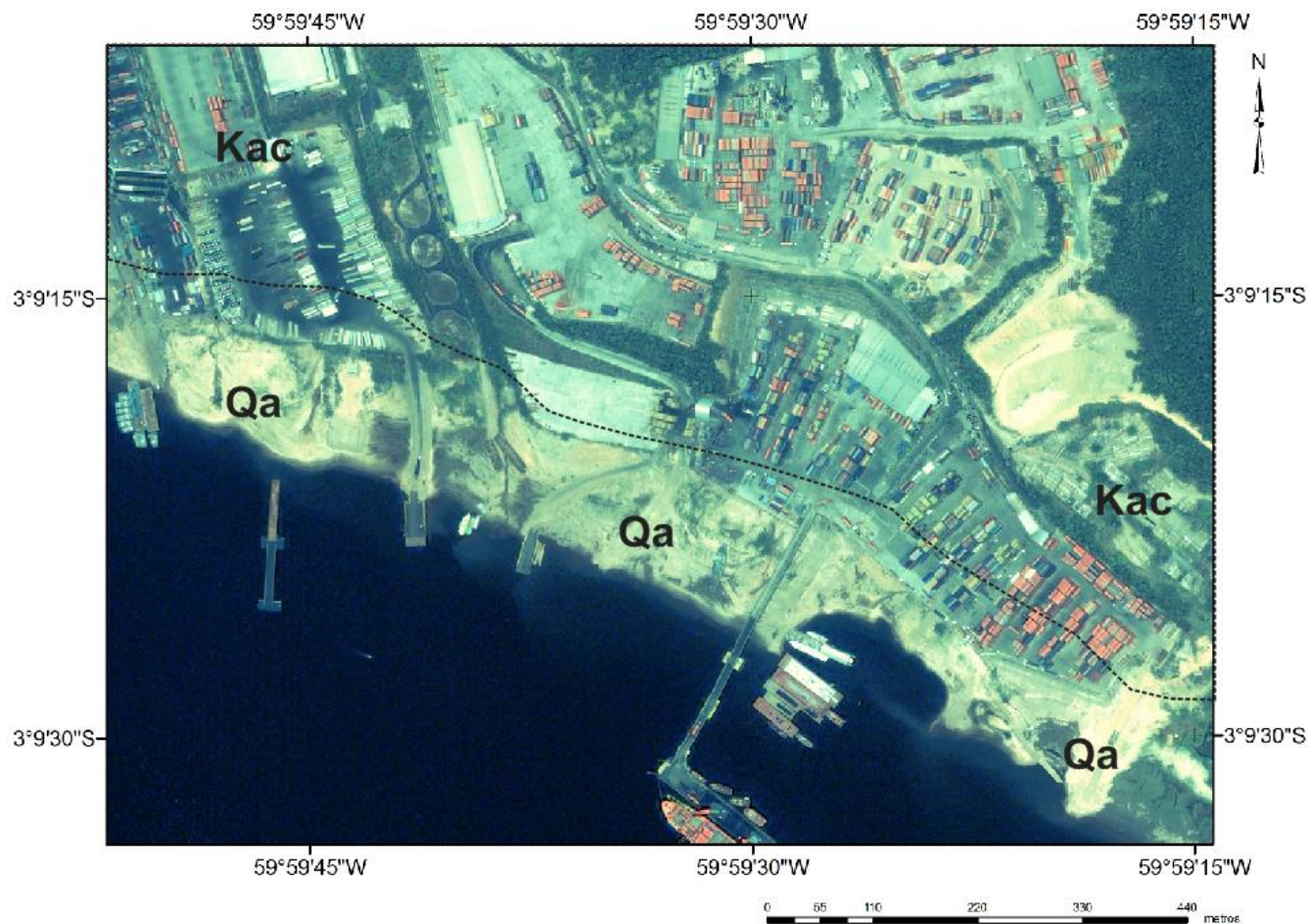


Figura 18. Provável limite entre os sedimentos da Formação Alter do Chão (Kac – Cretáceo Formação Alter do Chão) e os sedimentos aluviais recentes (Qa – Quaternário Aluvial). Atentar para o fato que a sedimentação do rio Negro cobre em discordância a formação geológica da Bacia do Amazonas.





A caracterização litológica da área do Porto Chibatão pode ser entendida a partir de antigos cortes em talude, onde era possível descrever a disposição das camadas em subsuperfície. Um desses cortes, analisados por Silva (2005), com cerca de 20 metros de altura, mostrava camadas sedimentares estratificadas da Formação Alter do Chão, sobrepostas pelo solo argilo-arenoso amarelado e com níveis de crosta laterítica no horizonte de solo (Foto 05).

O nível do solo argilo-arenoso esbranquiçado compreende argilas do tipo caulinita friáveis e representa a camada de topo dessa formação geológica (Foto 05A e Foto 05D). O nível areno-argiloso avermelhado, notado na área central do corte, compreende o nível inferior, abaixo das camadas cauliniticas (Foto 05B e Foto 05C).

Essa seção geológica atesta a distribuição estratigráfica das camadas, onde o nível argilo-arenoso caulinitico está situado acima do nível argilo-arenoso avermelhado e, dado a analogia da área de estudo, abaixo deste último nível surge o “Arenito Manaus” aflorante na margem do rio Negro. Entretanto, o fato que chama a atenção é a ocorrência de falhas, as quais deslocam as camadas colocando o nível esbranquiçado lado a lado com o avermelhado (Foto 06).

Dessa forma pode-se caracterizar que as camadas da Formação Alter do Chão na margem esquerda do rio Negro encontram-se desniveladas pela ocorrência de falhas geológicas. Ainda, a rotação das camadas pela movimentação ao longo dos planos de falhas implicou na disposição das camadas encontradas na margem do rio Negro.

Esta disposição de solos não é exclusiva da ADA, ocorrendo em diversos pontos da orla de Manaus (Foto 7) .



A



B



C



D



E



F

Foto 5. Fotografias do corte em talude na área do Porto ATR (Porto Chibatão), obtidas por Silva (2005) que mostra a disposição das camadas no corte em talude leste-oeste/ entrada do Porto (A e B) e no corte norte-sul (C a F)

Notar a descontinuidade lateral das camadas.





Foto 6. Corte em Talude (norte-sul) no Porto ATR (Porto Chibatão), Bairro Colônia Oliveira Machado, onde pode ser observada a zona de falha que afetou as camadas da Formação Alter do Chão (níveis arenoso/ferruginoso, a esquerda, e o argilo-arenoso/caulinítico). A zona de falha corta todo o perfil, colocando lado a lado, as duas camadas. Notar a rotação das camadas promovida pela falha.



Foto 7. Fotografia mostrando a distribuição das camadas esbranquiçadas na região da orla de Manaus.

169

Um fato importante a considerar é que a distribuição em subsuperfície das camadas da Formação Alter do Chão, apresenta característica descontínua em virtude da própria constituição geológica/ tectônica. Por isso, existe a possibilidade de ser ou não observada, nas margens do rio Negro, a exposição do arenito silicificado e/ou ferruginizado, pois, mediante a acomodação das falhas, esse nível pode ter sido deslocado para níveis mais profundos.

A atuação de falhas pode ser comprovada com o corte em talude na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento, na margem esquerda do rio Negro, a leste da Cajuhy/ATR Logística, conforme a Foto 08. As camadas sedimentares da Formação Alter do Chão, que naturalmente deveriam estar horizontalizadas, ocorrem fortemente deslocadas lateralmente pelas falhas geológicas. Isso implica na premissa de que há variações laterais quanto as características geotécnicas do material.

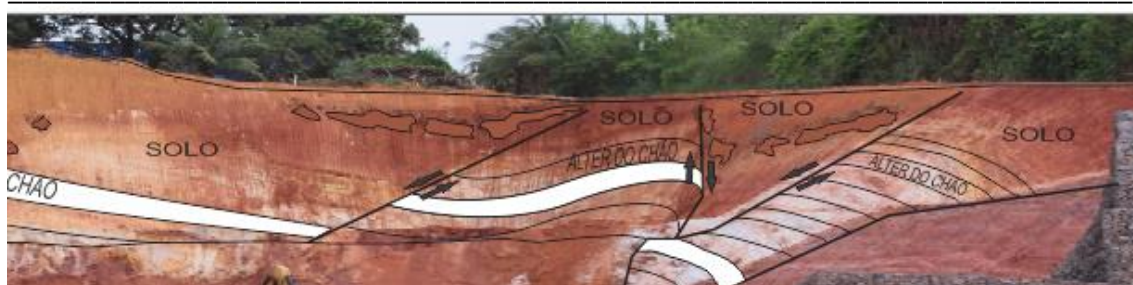


Foto 8. Distribuição das camadas alter-do-chão na AID do empreendimento

### 2.5.2. Feições Estruturais da ADA e AID

As feições estruturais na AID foram identificadas a partir dos seguintes processos:

- Elaboração de mapa hipsométrico (Figura 19);
- Análise da distribuição e nos contornos das formas na definição do relevo da área a partir do reconhecimento de diferentes faixas altimétricas (Strahler, 1952) e dos valores de declividades das encostas;
- Arranjo topográfico a partir da aplicação da base metodológica fundamentada no cálculo do índice de desnivelamento altimétrico de bacias de drenagem formadoras dos sistemas fluviais (Meis et al., 1982; Silva, 2002);
- Identificação de feições estruturais morfotectônicas, relacionadas a aspectos morfográficos e morfogenéticos, utilizando análises de superfícies de base, declividades, densidade de lineamentos e densidade de drenagem (Horton, 1945; Golts; Rosenthal, 1993; Hiruma; Riccomini, 1999).

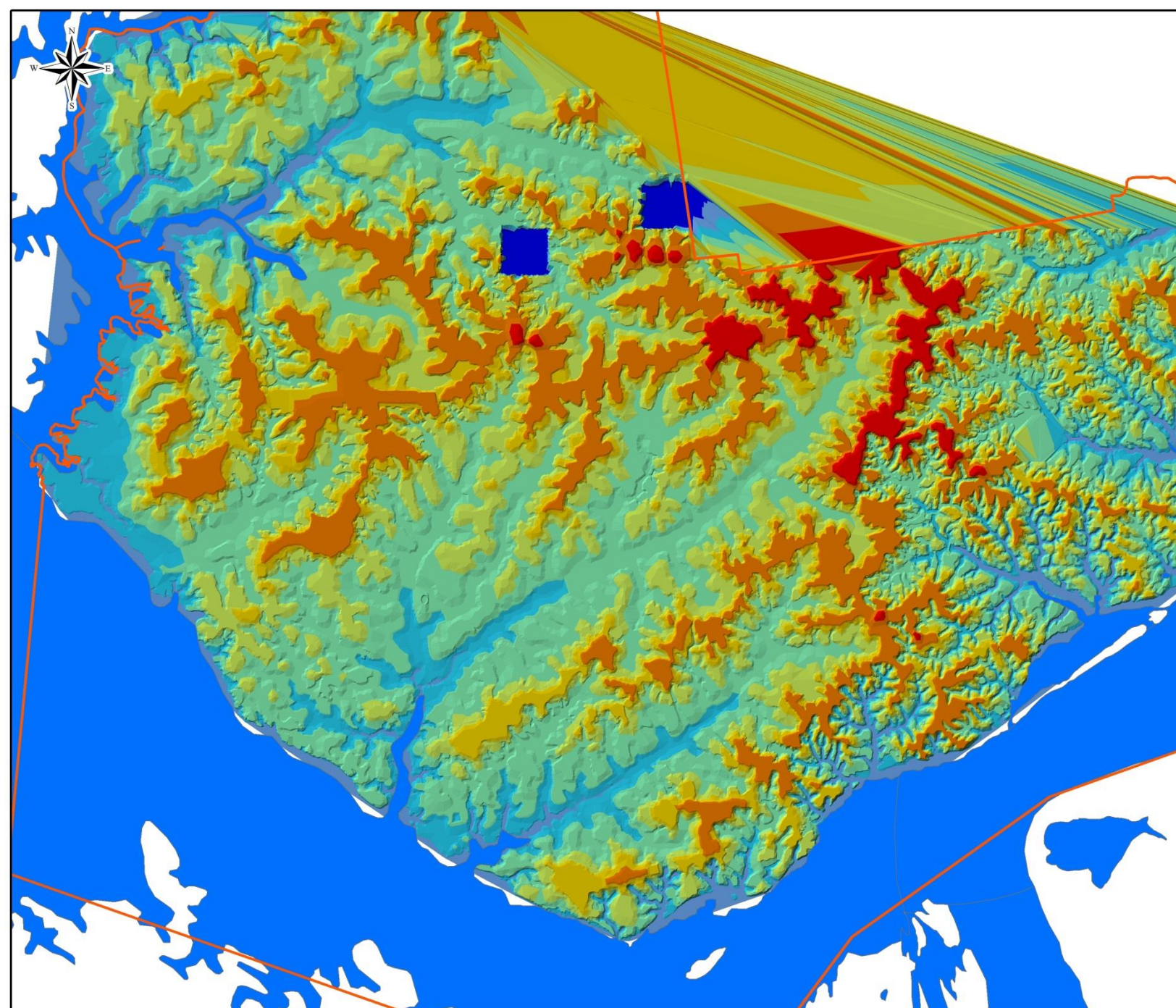




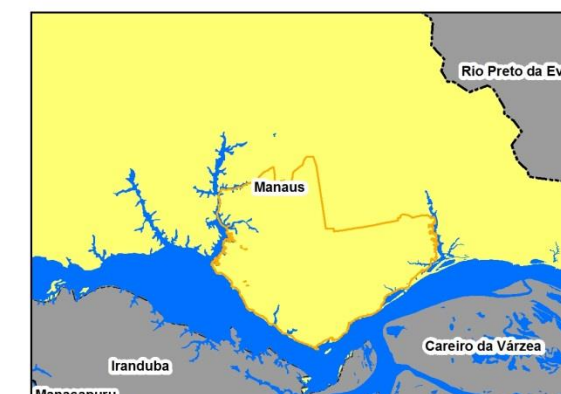
## ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) e RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA) DO PORTO CHIBATÃO



### MAPA HIPSOMÉTRICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID



### LOCALIZAÇÃO



### Legenda

Área de Influência Direta - AID

Hidrografia

### Elevação

Superior a 80

71 - 80

61 - 70

51 - 60

41 - 50

31 - 40

26 - 30

Inferior a 25

### Escala Gráfica:

0 1.900 3.800 5.700 7.600 Metros

Sistema de Coordenadas Geográficas (Lat/Long)  
Datum Horizontal South American 1969

|                                                                                                          |                     |                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>ECOLOGY</b><br>Suporte Ambiental e<br>Engenharia                                                      |                     | Tel: (92) 3308-4467<br>e-mail: ecology.servicos@hotmail.com    |
| Cliente:<br>Chibatão Navegação e Comércio Ltda.                                                          |                     |                                                                |
| Serviço:<br>Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Porto Chibatão. |                     |                                                                |
| Coordenador de Projetos:<br>Bruno A. Sagratzki Caverio, Dr.                                              |                     |                                                                |
| Nº. A.R.T.:<br>30482/2012                                                                                |                     |                                                                |
| Escala:<br>1:100.000                                                                                     | Data:<br>Abril/2013 | Responsável Técnico:<br>Eliézer A. Litaiff de São Paulo Aguiar |
| DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS<br>PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL SEM AUTORIZAÇÃO PRO ESCRITO       |                     |                                                                |

Figura 19. Mapa Hipsométrico da AID do empreendimento.

### 2.5.2.1. Tipos de relevos

A partir da elaboração do mapa hipsométrico (Figura 19) a distribuição das formas de relevo em função da variação altimétrica permitiu a definição de oito faixas hipsométricas (Tabela 02), que mostram a relação entre a distribuição e organização espacial das feições geomórficas da área.

Em porções da área com altitudes inferiores a 25m que abrangem os vales dos rios Amazonas, Negro, Cuieiras, Tarumã Açu, Tarumã Mirim, Puraquequara e Preto da Eva, ocorrem feições morfológicas de barras de canais e planícies de inundação de grandes extensões.

O intervalo altimétrico entre 25 e 65m, que coincidem com vales e planícies de tributários dos rios Negro e Amazonas, é constituído por terraços fluviais e terraços erosivos.

A faixa altimétrica entre 65 e 90m abrange as vertentes dos interflúvios tabulares estreitos e com elevado grau de dissecação.

Tabela 2. Distribuição das feições de relevo da AID em função da altitude (NM).

| <b>Classes altimétricas (NM)</b> | <b>Distribuição Organizacional</b>                                                                                                                 | <b>Feição</b>                                                                                                                                      |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inferior a 25                    | Rio Negro e cursos de igarapés próximos da Orla                                                                                                    | Massa d'água                                                                                                                                       |
| 26 a 30                          | Áreas alagáveis sujeitas a ação do ciclo hidrológico do Rio Negro, Planícies dos Igarapés Tarumã, São Raimundo, Educandos, Mauzinho e Puraquequara | No período de vazante afloramento de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária. Canais e planícies de inundação dos igarapés de maior ordem |
| 31 a 40                          | Vales e planícies de tributários dos rios Negro e dos Igarapés de Manaus                                                                           | Terraços fluviais e terraços erosivos                                                                                                              |
| 41 a 50                          | Vertentes dos interflúvios tabulares estreitos                                                                                                     | Elevado grau de dissecação                                                                                                                         |
| 51 a 60                          | Divisores de águas entre as micro bacias de drenagem                                                                                               | Divisores de drenagens ramificadas com ampla distribuição em área                                                                                  |
| 61 a 70                          | Região centro-norte da AID                                                                                                                         | Topos planos dos divisores tabulares                                                                                                               |
| 71 a 80                          | Zona Centro-Oeste (predominância do Relevo Topo Tabular); Zonal Leste (predominância do Relevo Topo Convexo)                                       | Regiões de Platô e Colinas                                                                                                                         |
| Superior a 80                    | Zonal Leste e Norte (predominância do Relevo Topo Convexo)                                                                                         | Regiões de Colinas                                                                                                                                 |





#### 2.5.2.2. Feição Topográfica

Na compartimentação topográfica foram identificadas duas classes. A interpretação geomorfológica atribuída a cada classe é a seguinte:

- a) O compartimento com altimetria entre 25 e 50m ( $\Delta h < 50m$ ) abrange os terraços fluviais, terraços erosivos e planícies de inundação.
- b) A porção entre os igarapés Tarumã Mirim e Puraquequara, compreende desnivelamento altimétrico entre 25 e 100m ( $\Delta h = 75m$ ) e reúne feições geomórficas constituídas por interflúvios tabulares dissecados com topos mais convexizados.

#### 2.5.3. Densidade de Drenagem

A distribuição espacial dos canais de drenagem mostra uma tendência de dois fluxos radiais para o sul: o primeiro com direção de drenagem para o Rio Negro e o segundo com direção de drenagem para o Rio Amazonas. A região central dessa distribuição localiza-se na região norte da AID.

A densidade de drenagem na AID apresenta distribuição relativamente uniforme.

Os limites do compartimento topográfico com  $\Delta h = 35m$ , são representados como divisores de águas.

Em relação ao arranjo espacial, a maior concentração de lineamentos ocorre na porção entre os rios Tarumã Mirim, Bacia do São Raimundo, Bacia do Educandos e Bacia Colônia Antônio Aleixo.

Na ADA não existe corpo hídrico de drenagem, entretanto, o igarapé Bom Jardim encontra-se nas imediações do empreendimento (AID) (Figura 20).

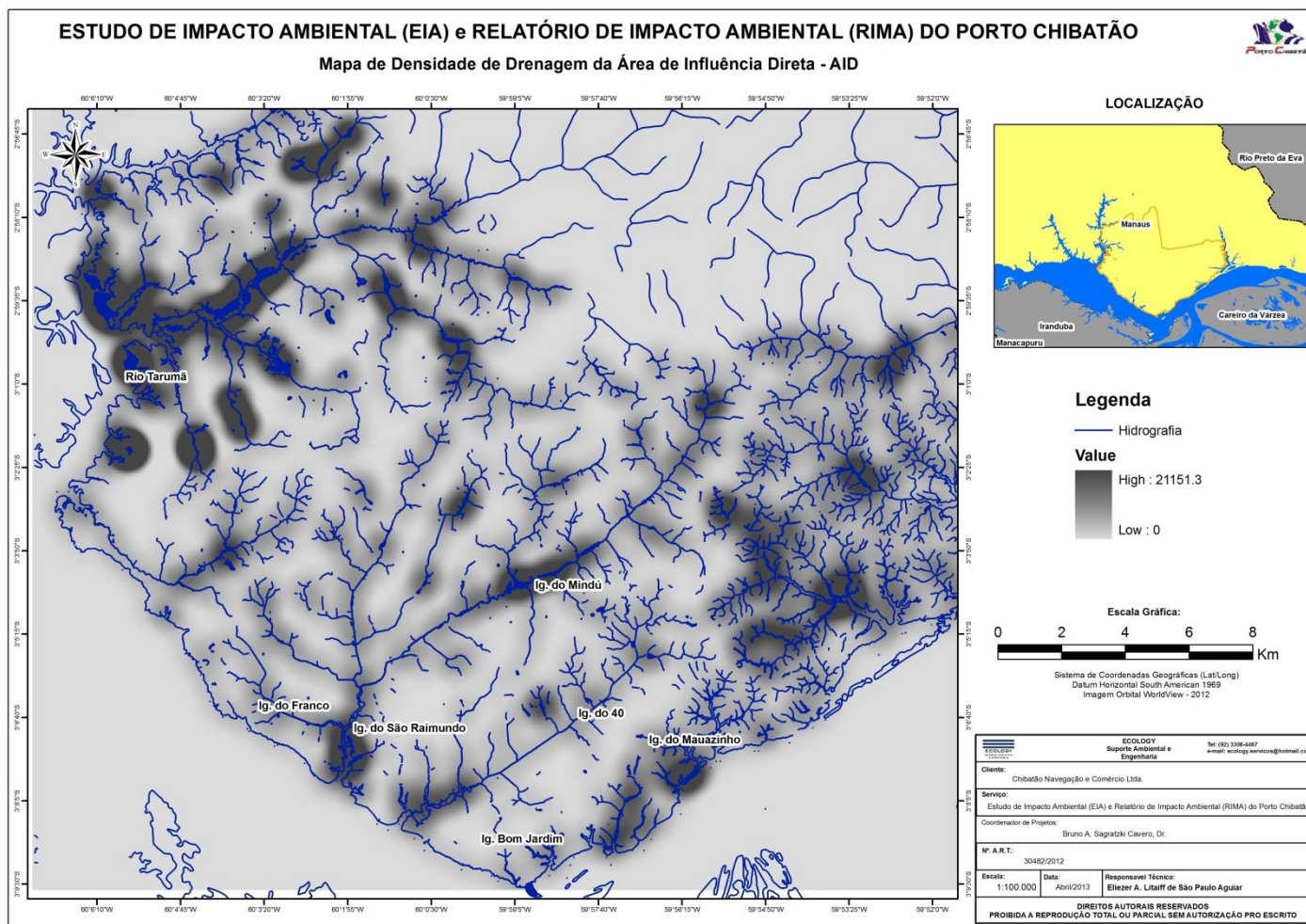


Figura 20. Densidade de drenagem na AID do empreendimento.





#### 2.5.4. Estabilidade de Taludes/Instabilidade de encostas

A estabilidade dos taludes resultantes das falésias as margens do Rio Negro foram analisadas a partir da elaboração de mapa geotécnico com base a geomorfologia. Para melhor representação das feições foram utilizadas os seguintes compartimentos:

- I. Domínio morfoestrutural – relaciona os fatos geomorfológicos com os elementos geotectônicos, os arranjos estruturais e litologia, a partir dos quais são gerados arranjos regionais de relevos com formas variadas, mas que guardam relações de causa entre si.
- II. Região geomorfológica – a delimitação desse segundo táxon está diretamente ligada a fatores climáticos passados ou atuais, que proporcionaram, dentro de uma análise regional, mudanças significativas nos aspectos fitoecológicos e pedológicos.
- III. Unidade geomorfológica – esse terceiro táxon equivale aos sistemas de terreno e podem ser definidos como sendo um arranjo de formas fisionomicamente semelhantes. É delimitada de acordo com a predominância de determinados tipos de modelados e dos processos originários, a partir da análise dos comportamentos, dos padrões e anomalias das drenagens.
- IV. Modelado – pode ser definido como sendo uma área com significativa semelhança entre formas de relevo, em função da gênese comum e da generalização dos processos morfogenéticos atuantes, proporcionando uma recorrência dos materiais superficiais.

175

De acordo com a caracterização geomorfológica a ADA e AID do empreendimento estão localizadas sobre o Domínio Morfoestrutural de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas datado da era mesozóica, trata-se da formação Urucuia constituída de arenitos finos a médios, róseos e brancos, impuros, com níveis conglomeráticos (BRASIL, 1982; SEI, 2008).

A Região Morfoestrutural na qual estão inseridas a ADA e AID é representada pelo Domínio Morfoclimático Amazônico caracterizado por terras baixas florestadas equatoriais.

A Unidade Geomorfológica predominante é o Planalto Uatumã-Jari.

Modelado – Dissecção fluvial, caracterizado por colinas e interflúvios tabulares. Os topos das colinas podem ser tabulares ou convexos.

Para melhor visualização das feições morfológicas do relevo foi escolhido o nível modelado por permitir uma melhor aproximação das imagens de satélite e de uma melhor projeção das curvas de nível da topografia.

Os fatores que podem incidir na intensificação dos riscos geológico-geotécnico, associados à geomorfologia da orla do Rio Negro na faixa da AID são os seguintes:

- intensidade de drenagem
- topografia
- ocorrência de solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária
- grau de declividade dos terrenos
- formas de relevo
- Tipo de erosão presente
- intensidade de antropização da orla do Rio Negro
- amplitude do ciclo hidrológico do Rio Negro

Os fatores foram classificados e mensurados a partir dos critérios quantitativos apresentados na Tabela 03 e Tabela 04.

Desta forma, foi possível classificar as faixas da orla do Rio Negro, resultando no mapa de risco geológico-geotécnico da região da AID (Figura 25).

176

Tabela 3. Categorias dos riscos geológico-geotécnicos e pontuação por classes.

| <b>Categoria do Risco Geotológico-Geotécnico</b> | <b>Pontuação</b> |
|--------------------------------------------------|------------------|
| Desprezível                                      | 0-15             |
| Baixo                                            | 16-25            |
| Moderado                                         | 26-35            |
| Severo                                           | 36-42            |
| Crítico                                          | 41-48            |

Tabela 4. Classificação dos riscos para a elaboração da carta de risco geológico-geotécnico.

| <b>RISCO</b> |                    |             |           |
|--------------|--------------------|-------------|-----------|
| <b>COR</b>   | <b>DENOMINAÇÃO</b> | <b>SGL</b>  | <b>Nº</b> |
|              |                    |             |           |
|              | Risco Desprezível  | <b>(RC)</b> | <b>1</b>  |
|              |                    |             |           |
|              | Risco Baixo        | <b>(RS)</b> | <b>2</b>  |
|              |                    |             |           |
|              | Risco Moderado     | <b>(RM)</b> | <b>3</b>  |
|              |                    |             |           |
|              | Risco Severo       | <b>(RB)</b> | <b>4</b>  |
|              |                    |             |           |
|              | Risco Crítico      | <b>(RD)</b> | <b>5</b>  |
|              |                    |             |           |



Tabela 5. Exemplo da classificação dos riscos geológico-geotécnicos por fatores de influência.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevô</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                 |                     |                    | 2                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4               |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 | 177                 |                    |                        |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                 |                     |                    | 2                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 28                     | 48                      |



Tabela 6. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 01.

| Categorias                                                            |                       |                         |                 | Descrições e Valores |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                      |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                      |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                      |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>           | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%              | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 0                     |                         | 3               |                      |                    | 3                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                      |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                      |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 5                     |                         |                 |                      |                    | 5                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b>  |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                  |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                    |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>           | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%              | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                      |                    | 1                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>            | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%              | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                      | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>           | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%              | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                      | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>         | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120               | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                    | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4               |                      |                    | 4                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                      |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                      |                    | 29                     | 48                      |



Tabela 7. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 02.

| Categorias                                                            |                       |                         | Descrições e Valores |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                      |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                      |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 5                     |                         |                      |                     |                    | 5                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b>      | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)                  | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4                    |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>            | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                      | 17Q                 |                    |                        |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b>      | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90                | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4                    | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4                    |                     |                    | 4                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | 30                     | 48                      |



Tabela 8. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 03.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 5                     |                         |                 |                     |                    | 5                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         | 3               |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4               |                     |                    | 4                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 30                     | 48                      |





Tabela 9. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 04.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4               |                     |                    | 4                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 28                     | 48                      |



Tabela 10. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 05.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 | 182                 |                    |                        |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4               |                     |                    | 4                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 28                     | 48                      |



Tabela 11. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 06.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)%            | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 4                   |                    | 4                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)%            | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 8                   |                    | 8                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 35                     | 48                      |



Tabela 12. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 07.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)%            | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)%            | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 8                   |                    | 8                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 32                     | 48                      |



Tabela 13. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 08.

| Categorias                                                            |                       |                         | Descrições e Valores |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                      |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | (0 a 4)%            | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                      |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                      |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b>      | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)                  | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 4                    |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                      | 4                   |                    | 6                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>            | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | (0 a 4)%            | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | (0 a 4)%            | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b>      | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90                | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4                    | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      | 8                   |                    | 8                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | 34                     | 48                      |



Tabela 14. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 09.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 23                     | 48                      |





Tabela 15. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 10.

| Categorias                                                            |                       |                         | Descrições e Valores |                              |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                      |                              |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                      |                              |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                              |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>                   | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%                      | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                              |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                      |                              |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                      |                              |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                      |                              |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b>      | <b>acima de 30°</b>          |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)                  | (5)                          |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      | 5                            |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>                   | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%                      | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                      |                              |                    | 2                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>            | <b>13</b>                    | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%                      | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                              | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>                   | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%                      | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                              | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b>      | <b>1 a 7</b><br><b>Forte</b> | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90                | 91-120                       | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4                    | 8                            | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                              |                    | 1                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                      |                              |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                      |                              |                    | 24                     | 48                      |



Tabela 16. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 11.

| Categorias                                                            |                       |                         | Descrições e Valores |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                      |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | (0 a 4)             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      | 4                   |                    | 4                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                      |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 5                     |                         |                      |                     |                    | 5                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b>      | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)                  | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | (0 a 4)             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      | 4                   |                    | 4                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>            | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | (0 a 4)             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b>      | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90                | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4                    | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | 30                     | 48                      |



Tabela 17. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 12.

| Categorias                                                            |                       |                         | Descrições e Valores |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                      |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                      |                     |                    | 2                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                      |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                      |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                      |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b>      | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)                  | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                      |                     |                    | 2                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>            | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>           | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)              | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                      |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b>      | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90                | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4                    | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                      |                     |                    | 1                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                      |                     |                    | 25                     | 48                      |



Tabela 18. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 13.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    |  | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |  |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |  |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                 |                     |                    |  | 2                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    |  | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |  |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    |  | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    |  | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    |  | 1                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  |  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  |  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |  |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |  |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |  |                        |                         |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    |  | 1                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    |  | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    |  | 24                     | 48                      |



Tabela 19. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 14.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                 |                     |                    | 2                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 5                     |                         |                 |                     |                    | 5                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         | 3               |                     |                    | 3                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 29                     | 48                      |



Tabela 20. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 15.

| Categorias                                                     |                | Descrições e Valores |          |              |             |                 |                  |
|----------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|----------|--------------|-------------|-----------------|------------------|
|                                                                |                | Total/Categoria      |          |              |             |                 | Pontuação Máxima |
| Formas de Relevo                                               | RTT            | RTC                  |          |              |             |                 |                  |
|                                                                | (1)            | (2)                  |          |              |             |                 | 2                |
| Pontuação                                                      |                | 2                    |          |              |             | 2               |                  |
| Intensidade de Drenagem                                        | 20%            | 40%                  | 60%      | 80%          | 100%        |                 |                  |
|                                                                | (0 a 1)        | (0 a 2)              | (0 a 3)  | 0 a 4)%      | (0 a 5)     |                 | 5                |
| Pontuação                                                      | 1              |                      |          |              |             | 1               |                  |
| Topografia                                                     | Cota (até 50m) | Cota (51 a 100m)     |          |              |             |                 |                  |
|                                                                | (4 a 5)        | (0 a 3)              |          |              |             |                 | 5                |
| Pontuação                                                      | 4              |                      |          |              |             | 4               |                  |
| Grau de Declividade                                            | até 5°         | 6 a 15°              | 16 a 30° | acima de 30° |             |                 |                  |
|                                                                | (0 a 1)        | (2 a 3)              | (4)      | (5)          |             |                 | 5                |
| Pontuação                                                      |                |                      |          | 5            |             | 5               |                  |
| % de Antropização                                              | 20%            | 40%                  | 60%      | 80%          | 100%        |                 |                  |
|                                                                | (0 a 1)        | (0 a 2)              | (0 a 3)  | 0 a 4)%      | (0 a 5)     |                 | 5                |
| Pontuação                                                      |                |                      | 3        |              |             | 3               |                  |
| Amplitude do Ciclo Hidrológico                                 | 10             | 11                   | 12       | 13           | 14          |                 |                  |
|                                                                | (0 a 1)        | (0 a 2)              | (0 a 3)  | 0 a 4)%      | (0 a 5)     |                 | 5                |
| Pontuação                                                      |                |                      |          |              | 5           | 5               |                  |
| Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária | 20%            | 40%                  | 60%      | 80%          | 100%        |                 |                  |
|                                                                | (0 a 1)        | (0 a 2)              | (0 a 3)  | 0 a 4)%      | (0 a 5)     |                 | 5                |
| Pontuação                                                      |                |                      |          |              | 5           | 5               |                  |
| Tipo de Erosão Presente                                        | Nula           | Ligeira              | Moderada | Forte        | Muito Forte |                 |                  |
| Notas                                                          | 0-30           | 31-60                | 61-90    | 91-120       | 121-150     |                 | 16               |
|                                                                | 1              | 2                    | 4        | 8            | 16          |                 |                  |
| Pontuação                                                      |                |                      |          | 8            |             | 8               |                  |
|                                                                |                |                      |          |              |             | Total/Categoria | Pontuação Máxima |
|                                                                |                |                      |          |              |             | 33              | 48               |



Tabela 21. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 16.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    |                        |                         |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                 |                     |                    | 2                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    | 1                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | 0 a 4)%             | (0 a 5)            |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 8                   |                    | 8                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    | 31                     | 48                      |





Tabela 22. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 17.

| Categorias                                                            |                       | Descrições e Valores    |                 |                     |                    |  | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |  |                        |                         |
|                                                                       | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |  |                        | 2                       |
| Pontuação                                                             |                       | 2                       |                 |                     |                    |  | 2                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    |  | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |  |                        |                         |
|                                                                       | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 4                     |                         |                 |                     |                    |  | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 5                   |                    |  | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             | 1                     |                         |                 |                     |                    |  | 1                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  |  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 |                     | 5                  |  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |  |                        |                         |
| Notas                                                                 | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |  |                        | 16                      |
|                                                                       | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |  |                        |                         |
| Pontuação                                                             |                       |                         |                 | 8                   |                    |  | 8                      |                         |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    |  | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |                       |                         |                 |                     |                    |  | 31                     | 48                      |



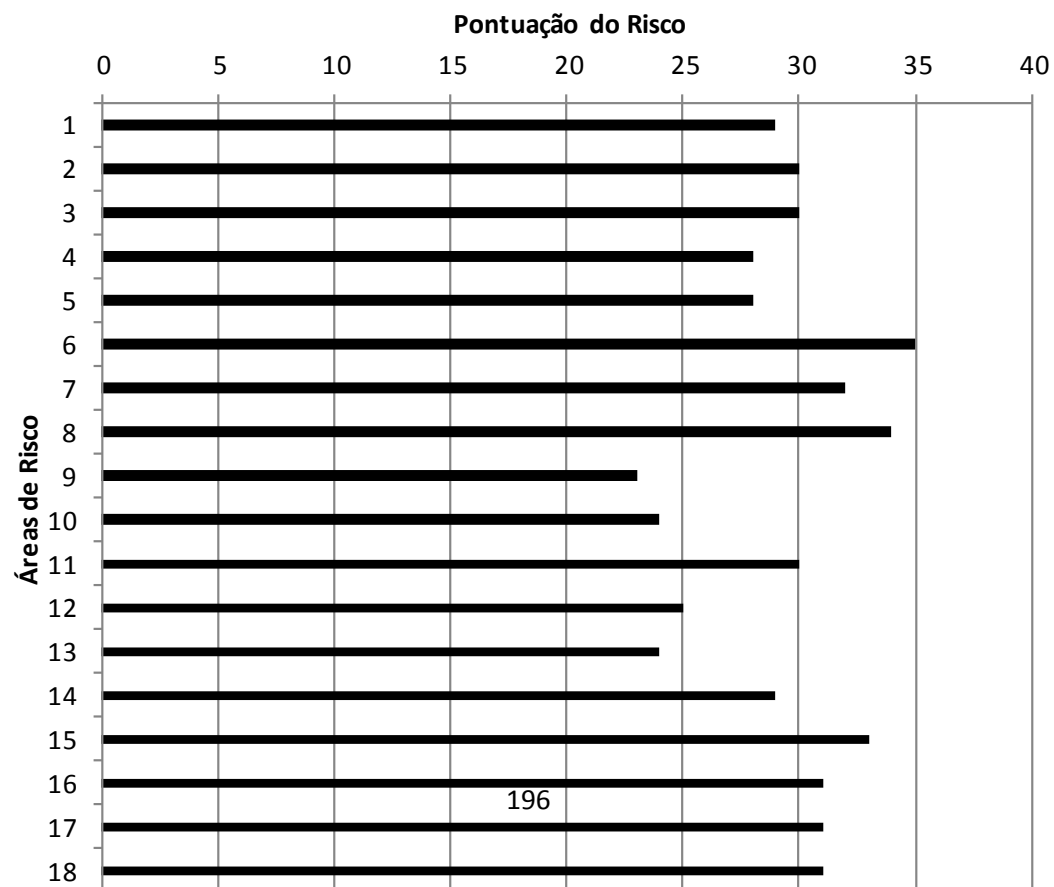
Tabela 23. Classificação do risco geológico-geotécnico da área com declividade acentuada 18.

| Categorias                                                            |           | Descrições e Valores  |                         |                 |                     |                    |  | Total/Categoria        | Pontuação Máxima        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--|------------------------|-------------------------|
| <b>Formas de Relevo</b>                                               |           | <b>RTT</b>            | <b>RTC</b>              |                 |                     |                    |  |                        |                         |
|                                                                       |           | (1)                   | (2)                     |                 |                     |                    |  |                        | 2                       |
|                                                                       | Pontuação |                       | 2                       |                 |                     |                    |  | 2                      |                         |
| <b>Intensidade de Drenagem</b>                                        |           | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       |           | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
|                                                                       | Pontuação | 1                     |                         |                 |                     |                    |  | 1                      |                         |
| <b>Topografia</b>                                                     |           | <b>Cota (até 50m)</b> | <b>Cota (51 a 100m)</b> |                 |                     |                    |  |                        |                         |
|                                                                       |           | (4 a 5)               | (0 a 3)                 |                 |                     |                    |  |                        | 5                       |
|                                                                       | Pontuação | 4                     |                         |                 |                     |                    |  | 4                      |                         |
| <b>Grau de Declividade</b>                                            |           | <b>até 5°</b>         | <b>6 a 15°</b>          | <b>16 a 30°</b> | <b>acima de 30°</b> |                    |  |                        |                         |
|                                                                       |           | (0 a 1)               | (2 a 3)                 | (4)             | (5)                 |                    |  |                        | 5                       |
|                                                                       | Pontuação |                       |                         | 5               |                     |                    |  | 5                      |                         |
| <b>% de Antropização</b>                                              |           | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       |           | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
|                                                                       | Pontuação | 1                     |                         |                 |                     |                    |  | 1                      |                         |
| <b>Amplitude do Ciclo Hidrológico</b>                                 |           | <b>10</b>             | <b>11</b>               | <b>12</b>       | <b>13</b>           | <b>14</b>          |  |                        |                         |
|                                                                       |           | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
|                                                                       | Pontuação |                       |                         |                 |                     | 5                  |  | 5                      |                         |
| <b>Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária</b> |           | <b>20%</b>            | <b>40%</b>              | <b>60%</b>      | <b>80%</b>          | <b>100%</b>        |  |                        |                         |
|                                                                       |           | (0 a 1)               | (0 a 2)                 | (0 a 3)         | (0 a 4)             | (0 a 5)            |  |                        | 5                       |
|                                                                       | Pontuação |                       |                         |                 |                     | 5                  |  | 5                      |                         |
| <b>Tipo de Erosão Presente</b>                                        |           | <b>Nula</b>           | <b>Ligeira</b>          | <b>Moderada</b> | <b>Forte</b>        | <b>Muito Forte</b> |  |                        |                         |
| Notas                                                                 |           | 0-30                  | 31-60                   | 61-90           | 91-120              | 121-150            |  |                        | 16                      |
|                                                                       |           | 1                     | 2                       | 4               | 8                   | 16                 |  |                        |                         |
|                                                                       | Pontuação |                       |                         |                 | 8                   |                    |  | 8                      |                         |
|                                                                       |           |                       |                         |                 |                     |                    |  | <b>Total/Categoria</b> | <b>Pontuação Máxima</b> |
|                                                                       |           |                       |                         |                 |                     |                    |  | 31                     | 48                      |



Tabela 24. Classificação geral dos riscos das áreas com declividade acentuada na AID do empreendimento.

| Área | Pontuação | Classificação de Risco |
|------|-----------|------------------------|
| 1    | 29        | Moderado               |
| 2    | 30        | Moderado               |
| 3    | 30        | Moderado               |
| 4    | 28        | Moderado               |
| 5    | 28        | Moderado               |
| 6    | 35        | Moderado               |
| 7    | 32        | Moderado               |
| 8    | 34        | Moderado               |
| 9    | 23        | Baixo                  |
| 10   | 24        | Baixo                  |
| 11   | 30        | Moderado               |
| 12   | 25        | Baixo                  |
| 13   | 24        | Baixo                  |
| 14   | 29        | Moderado               |
| 15   | 33        | Moderado               |
| 16   | 31        | Moderado               |
| 17   | 31        | Moderado               |
| 18   | 31        | Moderado               |



Na Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24 são apresentadas as características e a avaliação geotécnica das formas de relevo com susceptibilidade movimentos de massa na AID margem esquerda do Rio Negro.

Esta região do rio apresenta uma característica em comum: presença dos solos Neofúlvicos Aluvias Quaternários, quais se distribuem em toda a orla.

Nos perfis de sondagens efetuados nas áreas estudadas é possível observar que o fator predominante para o risco geológico-geotécnico é a declividade do terreno, o qual pode ser potencializado pela presença de material inconsolidado (solos Neofúlvicos Aluvias Quaternários).

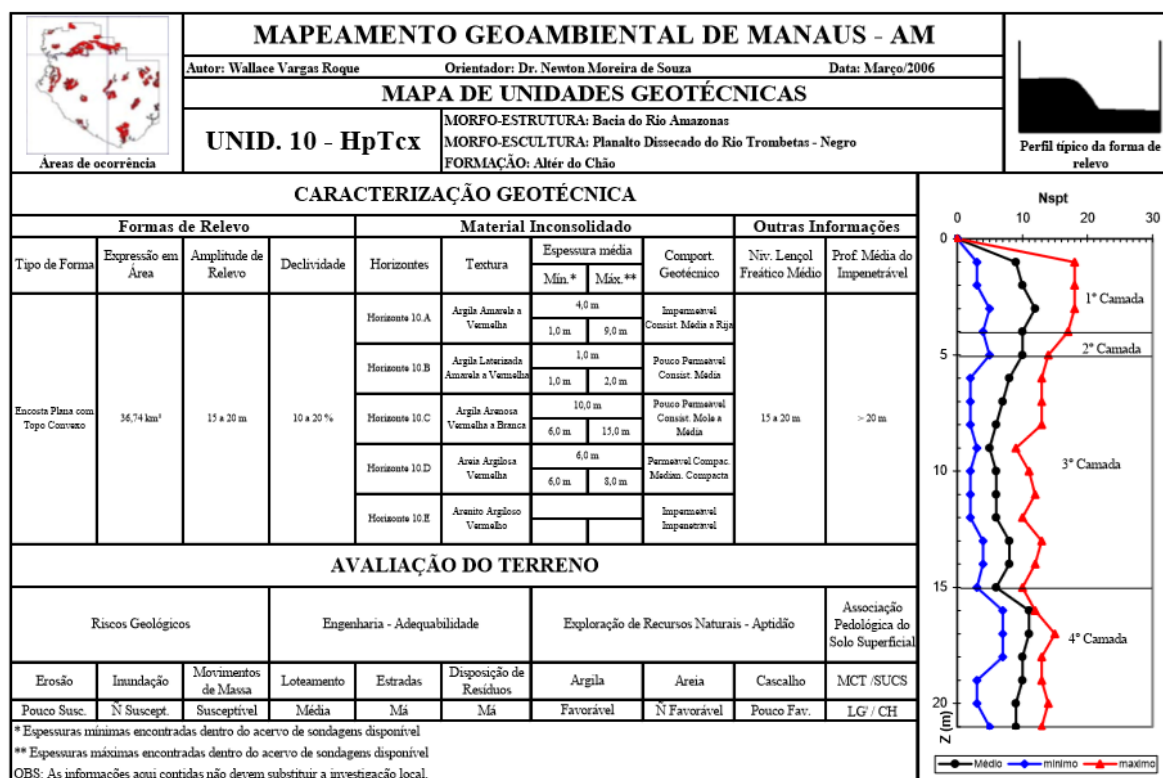


Figura 21. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Plana com Topo Convexo.

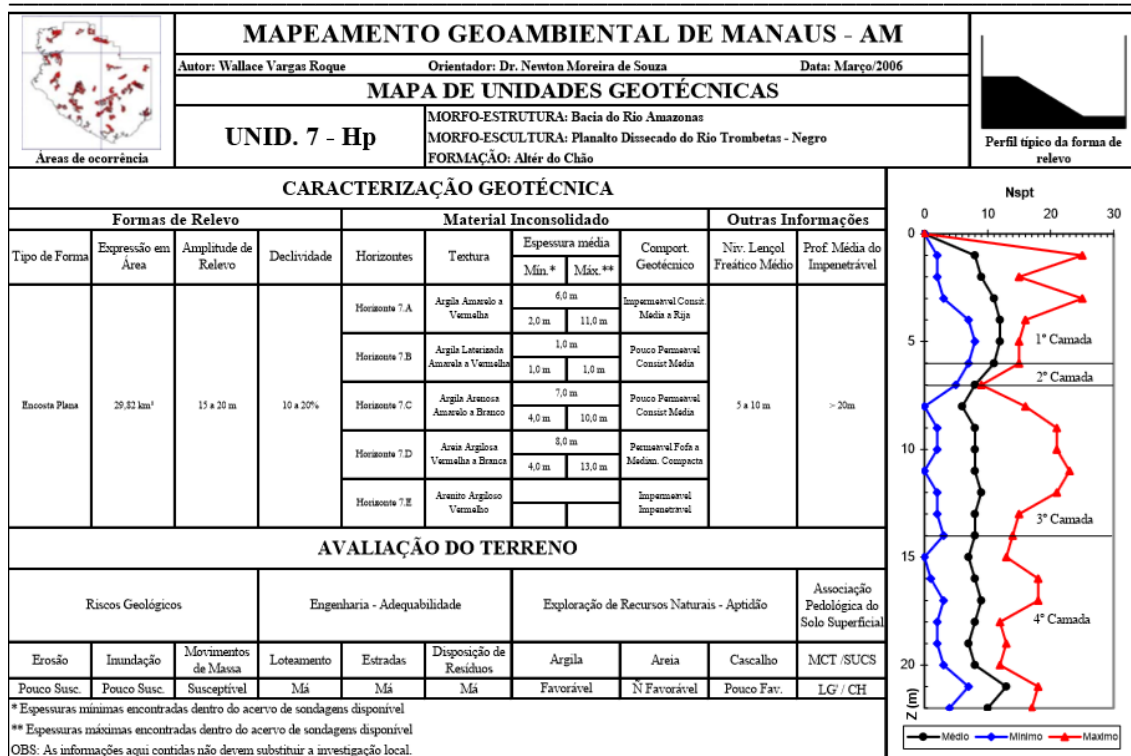


Figura 22. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Plana.

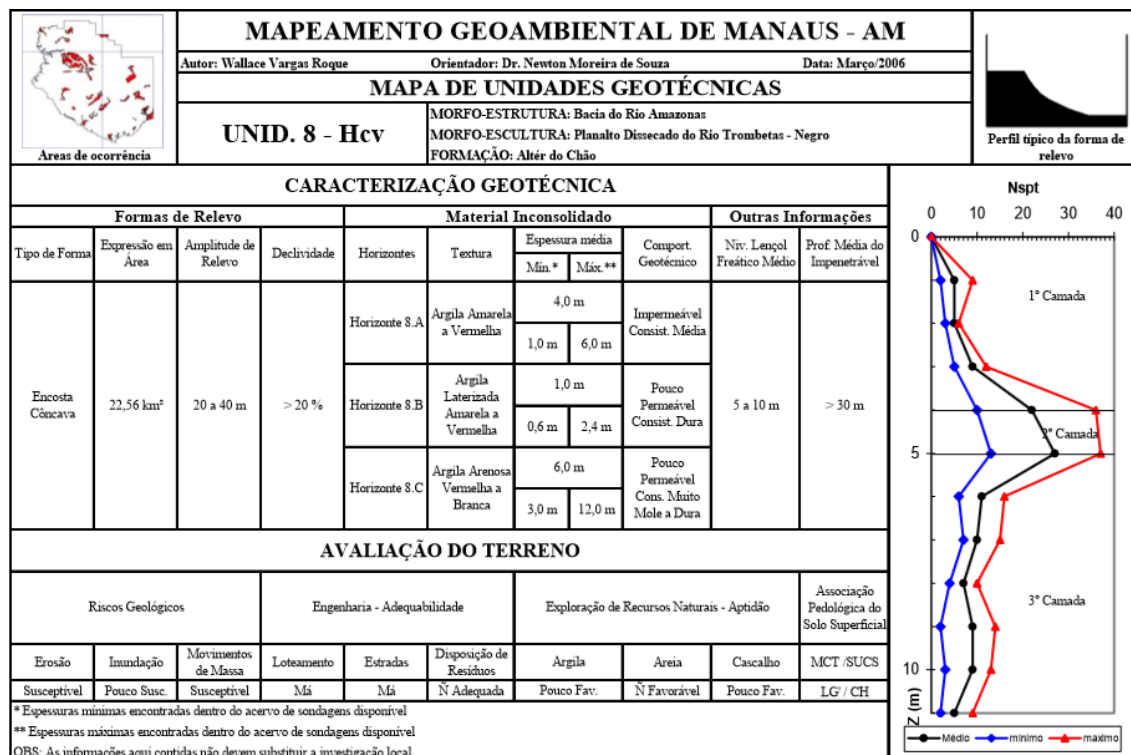


Figura 23. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Côncava.

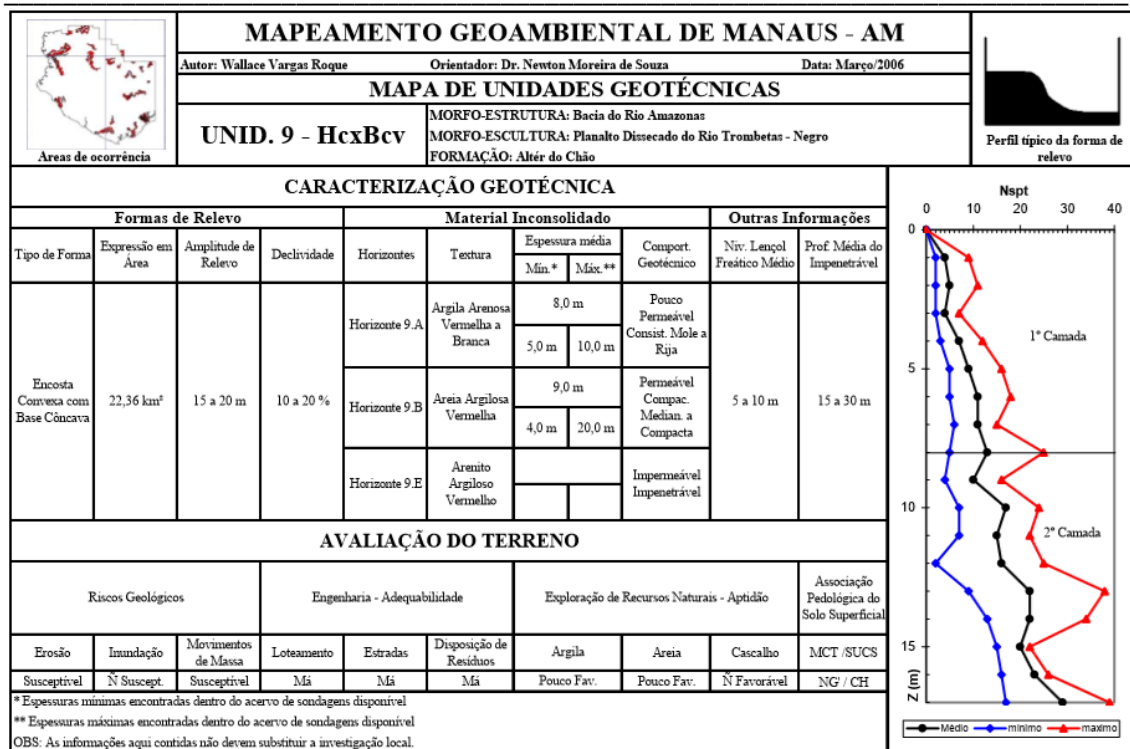


Figura 24. Caracterização geotécnica e avaliação das áreas da AID com Relevo de Encosta Convexa com Base Côncava.



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) e RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA) DO PORTO CHIBATÃO



Mapa de Classe de Erosão e Classificação de Risco

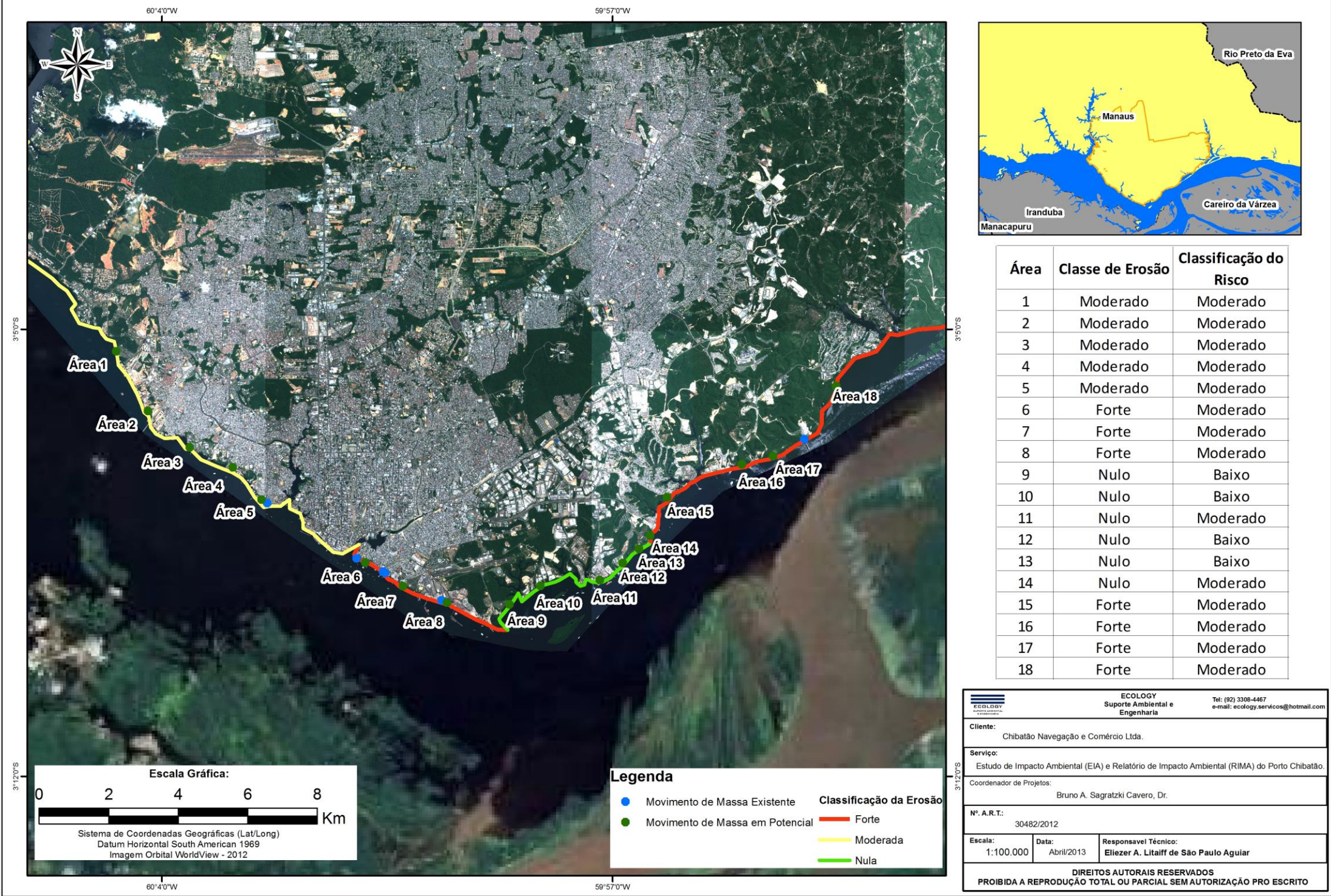


Figura 25. Mapa de Classes de Erosão e de Classificação de Risco Geológico-Geotécnico na AID do empreendimento. Região da margem esquerda do Rio Negro.





## **2.5.5. Grau de alteração das rochas e Tipos de afloramento**

### **2.5.5.1. Perfis típicos de alteração em solos tropicais**

De uma forma geral, as alterações nos solos residuais tropicais, são profundas e extensas, desenvolvendo particularidades específicas de acordo com o tipo do material encontrado.

O solo residual tropical é o resultado da decomposição da rocha *in situ* devido à ação de processos de alteração pedogenéticos característicos de regiões tropicais úmidas, tais como o intemperismo químico e físico.

Os principais condicionantes do intemperismo físico seriam: a variação térmica, a acidez das águas, a erosão, as tensões tectônicas, a vegetação, os animais e os microrganismos.

No caso do intemperismo químico os condicionantes são: as soluções, a hidrólise, a oxidação, a troca iônica e a carbonatação.

Os fatores externos que favorecem a alteração das rochas podem ser destacados: a sazonalidade das chuvas e da temperatura, a mobilidade e acidez das águas subterrâneas, além da densa cobertura vegetal.

O grau de intemperismo varia com a profundidade em função das características originais da rocha, tais como: natureza, estrutura e mineralogia.

201

De uma forma geral, esses solos apresentam comportamentos particulares quando utilizamos como material de engenharia, consequência do seu processo genético de formação, pois a decomposição, o transporte e a deposição proporcionada pela ação intempérica estão diretamente ligados às propriedades mecânicas desse material.

Basicamente, são separados os horizontes de acordo com o grau de alteração e quanto aos minerais constituintes e sua distribuição, ou seja, nos horizontes mais superficiais encontram-se os solos com os minerais altamente alterados (ferralíticos), passando freqüentemente, de cima para baixo, para horizontes com minerais menos alterados (ferrissialíticos), nos quais os minerais da rocha original se encontram preservados ou parcialmente alterados.

Segundo Fookes (2004), o conteúdo de argila frequentemente diminui de cima para baixo ao longo do perfil, resultando que argilo-minerais 1:1 (caulinita) podem passar a argilo-minerais 2:1 (esmectitas), dando lugar a características geotécnicas significativamente diferentes.



Segundo a Geological Society (1990), a classificação dos perfis de alteração deve ser baseada no grau de evolução genética, na mineralogia e na distribuição granulométrica das partículas ao longo da profundidade.

#### **2.5.5.2. Gênese**

Os solos residuais tropicais tem sua formação influenciada pelo material de origem, pelas chuvas e pela drenagem, sendo que nas áreas de clima tropical o tipo de alteração mais frequente é a laterização. Essa pode ser definida como o processo, que em condições climáticas favoráveis, promove a rápida decomposição dos feldspatos e dos minerais de ferro e magnésio, além da remoção da sílica e das bases aumentando a concentração de óxidos de alumínio e ferro.

Dentre os mecanismos de laterização pode-se destacar a lixiviação, que se dá pela percolação da água com pH ácido ao longo do perfil, tanto por capilaridade quanto por gravidade, promovendo a remoção dos materiais solúveis do solo seguido pelo transporte de ferro e óxidos de alumínio.

Este fenômeno ocorre na região marginal do rio Negro (cujo pH é ácido 3,6 a 4,5) onde podem ser encontrados solos neofúlvicos quaternários.

#### **2.5.5.3. Perfil típico de alteração**

O perfil de alteração do solo tropical ocorre, em relação à profundidade, em duas porções distintas: a primeira, mais superficial, com intensa evolução pedogenética e alto grau de laterização, chamado de solo laterítico; a segunda, mais profunda, que apresenta características próximas à rocha sã e se constitui saprolito.

#### **2.5.5.4. Solo Laterítico**

Os solos lateríticos são típicos de regiões tropicais quentes e úmidas, com grandes volumes de precipitações anuais e temperaturas elevadas. Segundo Fookes (2004), nesses solos todos os minerais, exceto o quartzo, se encontram alterados em condições de pH neutro, e a maior parte da sílica e das bases foram removidas em soluções.

Na sua fração argila, a sílica remanescente se combina com a alumina formando a caulinita ou a gibsitita, quando normalmente se verifica um excesso desse mineral. Secundariamente pode conter illita e/ou esmectita, e na fração granular goethina, hematita,



magnetita. Normalmente a estrutura desse solo é micro agregada ou maciço porosa sendo instável e colapsível quando saturado e exposto a um carregamento.

Na Região Amazônica, em locais com nível freático alto, com capa superficial contento abundante matéria orgânica e com baixo valor de pH, observa-se a dissolução da caulinita e a remoção de ferro e alumínio do solo, promovendo a formação de horizontes residuais de areias brancas, com espessuras que podem alcançar 3m. Normalmente esse processo ocorre em terraços aluvionares e fundos de vale, onde se observa uma maior exposição dos depósitos de areia à precipitação.

Nesse tipo de solo é comum, em condições favoráveis, a formação próxima à superfície de concreções lateríticas, ou também conhecidas como lateritas. Esse material possui boa resistência normalmente sendo utilizado na engenharia para construção de estradas como material base. Atualmente, existem estudos do uso desse material como agregado para a execução de concreto betuminoso em revestimentos asfálticos.

#### **2.5.5.5. Solo Saprolítico**

Os solos saprolíticos são formados a partir da decomposição das rochas por ação do intemperismo químico, cuja principal característica é apresentar a estrutura reliquiar da rocha de origem. Nesse tipo de solo também se encontram preservadas as discontinuidades observadas no maciço rochoso, tais como falhas, fraturas e juntas. Normalmente encontram-se na porção intermediária do perfil de alteração ficando entre o horizonte mais superficial e mais alterado (solos lateríticos) e a rocha sã.

203

De uma forma geral, a espessura e a composição granulométrica desse material são muito variáveis, pois dependem da rocha de origem e de sua posição no relevo. Podem ser divididos em dois níveis, sendo um superior, composto por um solo residual jovem onde ocorrem argilas residuais, areias argilosas e argilas arenosas e o inferior, composto por um saprolito grosseiro onde ocorrem argilas, areias argilosas e argilas arenosas e/ou pedregulhos e blocos de rocha.

#### **2.5.5.6. Caracterização geotécnica dos solos residuais tropicais**

O perfil geomorfológico foi realizado com a finalidade de estimar o comportamento potencial e limitativo desses materiais frente ao seu uso e ocupação, tais como a sua



fragilidade quanto aos riscos geológicos gerados pela erosão, ciclo hidrológico, uso e ocupação do solo, movimentos de massa e outros.

De acordo com as feições foram identificados à predominância de dois tipos de solos na margem esquerda do Rio Negro:

**a) latossolo argilo-arenoso amarelo:** desenvolvido a partir da alteração intempérica das camadas da Formação Alter do Chão, sendo formado por crostas lateríticas de composição ferruginosa.

Este tipo de solo possui boa consistência do ponto de vista geotécnico. Na região do Rio Negro, o aumento do nível laterítico auxilia na maior resistência das camadas face à constante erosão a qual essa região é submetida. Essa variação constitui camadas de boa consistência quanto ao aspecto geotécnico. Entretanto, esse nível ou horizonte de alteração não é constante, tanto pelo processo que a gerou quanto pelo desnivelamento dos blocos de camadas causadas pelas falhas.

**b) crosta laterítica:** é formada por dois tipos: maduros e imaturos

- crostas lateríticas maduras: correspondem a perfis mais evoluídos e complexos, formadas no Cenozoico,
- crostas lateríticas imaturas: apresentam baixo grau de evolução e foram desenvolvidas no Quaternário.

As crostas lateríticas imaturas possuem (Figura 26):

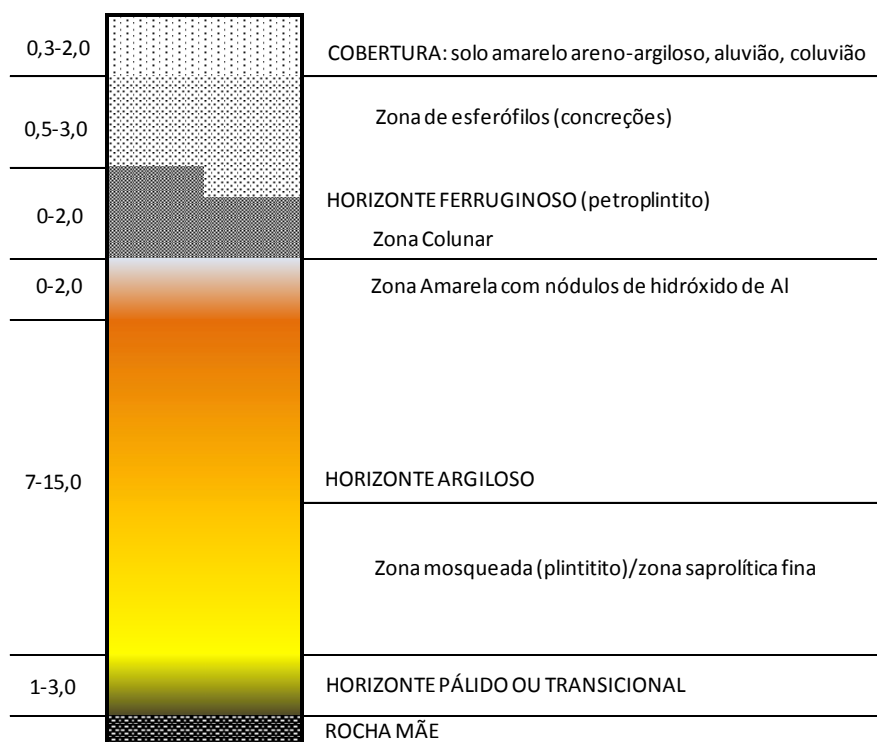
a) Horizonte ferruginoso (ou petroplintito), na parte superior do perfil, com nódulos, concreções ferruginosas em matriz argilosa a terrosa, de coloração marrom avermelhada, apresentando raras estruturas reliquias;

b) o Horizonte argiloso, mais espesso e situado abaixo do ferruginoso em contato quase abrupto, é constituído pela zona mosqueada (plintita), de cor amarelada, caracterizado por um nível com argilas intempéricas, manchadas, e que se instalam nas fraturas;

c) a Zona saprolítica se caracteriza pela alteração da rocha no estágio de argilo-minerais em que os fragmentos da rocha parcialmente se alteram, desde a escala milimétrica, ocorrendo na parte superior dessa zona, a centimétrica na base;

d) Horizonte pálido transicional, situado abaixo do argiloso em contato direto com a rocha fresca, caracterizado pela coloração pálida, quando comparada com a rocha mãe, devido à decomposição de minerais máficos, sulfetos e matéria orgânica sem ocorrer a formação de óxi-hidróxidos de ferro.

Este tipo de horizonte laterítico é amplamente distribuído e se caracteriza principalmente pela ausência do horizonte aluminoso, mas pela ocorrência de crostas ferruginosas pouco desenvolvidas com alto conteúdo de quartzo.



205

Figura 26 - Perfil pedológico simplificado do laterito imaturo ferruginoso na Amazônia, similar ao encontrado na AID do empreendimento (Adaptado de Costa, 1991)

#### 2.5.7.7. Sedimentos Aluviais Quaternários

Representa a unidade geológica mais recente compreende os sedimentos aluviais quaternários depositados na margem esquerda do rio Negro. Esses sedimentos ficam expostos somente nas épocas de vazante e seca do rio, aflorando como praias e áreas alagadas com pouca extensão areal.

Podem ser classificados como Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos, os quais guardam estreita relação com o material de origem. Neossolos Quartzarênicos são, geralmente, constituídos por um horizonte A, rico em matéria orgânica, sobre um horizonte C.

Os Neossolos Flúvicos são derivados de sedimentos holocênicos em condições mais restritas de drenagem, sendo o seu desenvolvimento condicionado por condições temporárias de hidromorfismos.

Compreendem depósitos arenosos de canal e argilosos de planície de inundação, comumente notados nas margens desses rios e ao longo dos igarapés na região (Foto 9A, Foto 9B, Foto 9C e Foto 9D).

Esses sedimentos aluviais consistem basicamente de camadas arenosas esbranquiçadas típicas de depósitos de canal que, na época de vazante, formam praias arenosas (Foto 9E e Foto 9F).

São materiais inconsolidados, que apresentam estratificação plano-paralela e com espessura da ordem de no máximo 2 metros (Foto 9E, Foto 9F e Foto 9G). Abaixo desse material ocorre um nível argiloso, cinza-escuro, típico depósito de planície de inundação (Foto 9B, Foto 9D e Foto 9H), refletindo um processo que alterna média energia a baixa energia do rio nesse trecho. Esses sedimentos estão na área de inundação do rio Negro e a cada época de avanço do esse rio ocorre a sedimentação de depósitos arenosos e argilosos, como observado nessa área.



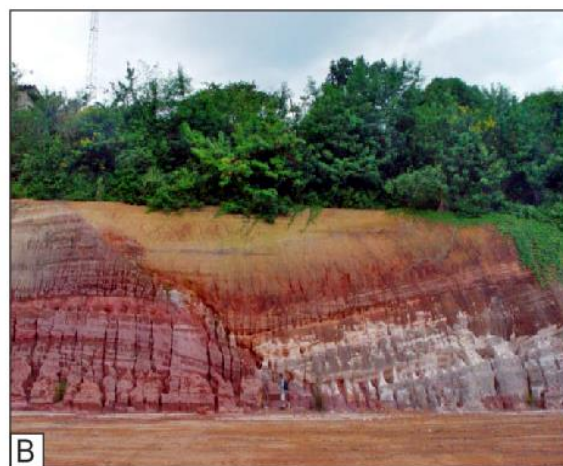
Foto 9. Ocorrência de depósitos aluviais na margem do rio Negro, AID

Na margem esquerda do rio Negro esse tipo de solo é bastante encontrado no corte de taludes, como exemplificado na Foto 9. No topo do perfil de solo ocorre a crosta laterítica



abaixo da superfície do terreno, cuja continuidade lateral é desconforme por conta dessas camadas que foram deslocadas pelo conjunto de falhas encontradas na AID (Foto 10A e Foto 10B).

Em área adjacente ao Complexo Portuário, a mesma constituição do solo é apresentada na Foto 10C e Foto 10D, onde o nível da crosta laterítica, embora situada no topo da camada de solo, a poucos metros abaixo da superfície do terreno, está constantemente desnivelada pelas falhas que também ocorrem nesse local.



07

Foto 10. Perfil laterítico desenvolvido na Formação Alter do Chão, área do Porto Chibatão (A) e (B) crosta ferruginosa no Porto ATR, porém deslocada por falhas. (C) e (D) área adjacente ao Porto Alfandegado mostrando a crosta ferruginosa e os horizontes de solo deslocados por falhas

### 2.5.6. Grau de declividade dos terrenos

As áreas com declividades acentuadas foram identificadas a partir de imagens de satélite, da topografia de Manaus e de visitas *in loco*. A seguir são apresentados os perfis das áreas com maior declividade na orla de Manaus (Tabela 25 e Figuras 28 à 46).

Tabela 25. Grau de declividade das áreas levantadas na margem esquerda do Rio Negro (AID do empreendimento).

| Área | Cota (m)(NM) | Correção de altura | Altura Real (m) | Distância Topo-Base (m) | Grau (°) de declividade |
|------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| 1    | 50           | 25                 | 25              | 15                      | 59                      |
| 2    | 45           | 25                 | 20              | 40                      | 27                      |
| 3    | 50           | 25                 | 25              | 25                      | 45                      |
| 4    | 55           | 25                 | 30              | 40                      | 37                      |
| 5    | 55           | 25                 | 30              | 50                      | 31                      |
| 6    | 45           | 25                 | 20              | 25                      | 39                      |
| 7    | 60           | 25                 | 35              | 40                      | 41                      |
| 8    | 58           | 60                 | 33              | 60                      | 28                      |
| 9    | 45           | 25                 | 20              | 30                      | 34                      |
| 10   | 65           | 25                 | 40              | 60                      | 34                      |
| 11   | 55           | 25                 | 30              | 40                      | 37                      |
| 12   | 55           | 25                 | 30              | 30                      | 45                      |
| 13   | 60           | 25                 | 35              | 30                      | 49                      |
| 14   | 60           | 25                 | 35              | 30                      | 49                      |
| 15   | 70           | 25                 | 45              | 60                      | 37                      |
| 16   | 90           | 25                 | 65              | 60                      | 47                      |
| 17   | 80           | 25                 | 55              | 70                      | 38                      |
| 18   | 70           | 25                 | 45              | 40                      | 48                      |

208

A declividade das áreas variou entre 27 a 59 graus com relação a horizontal, a partir de um angulo de descida (Figura 27).

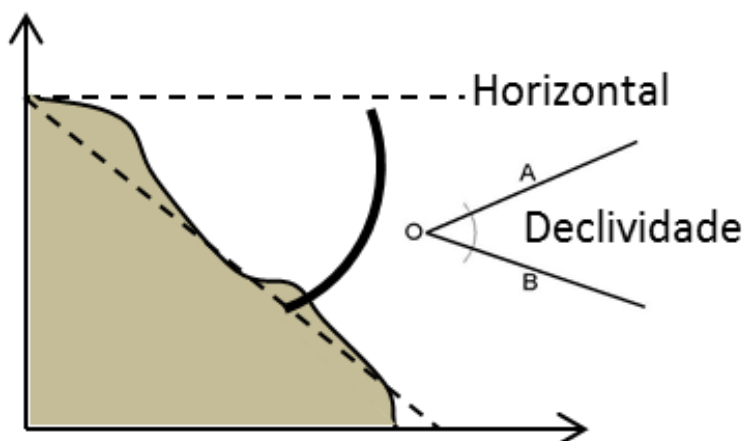
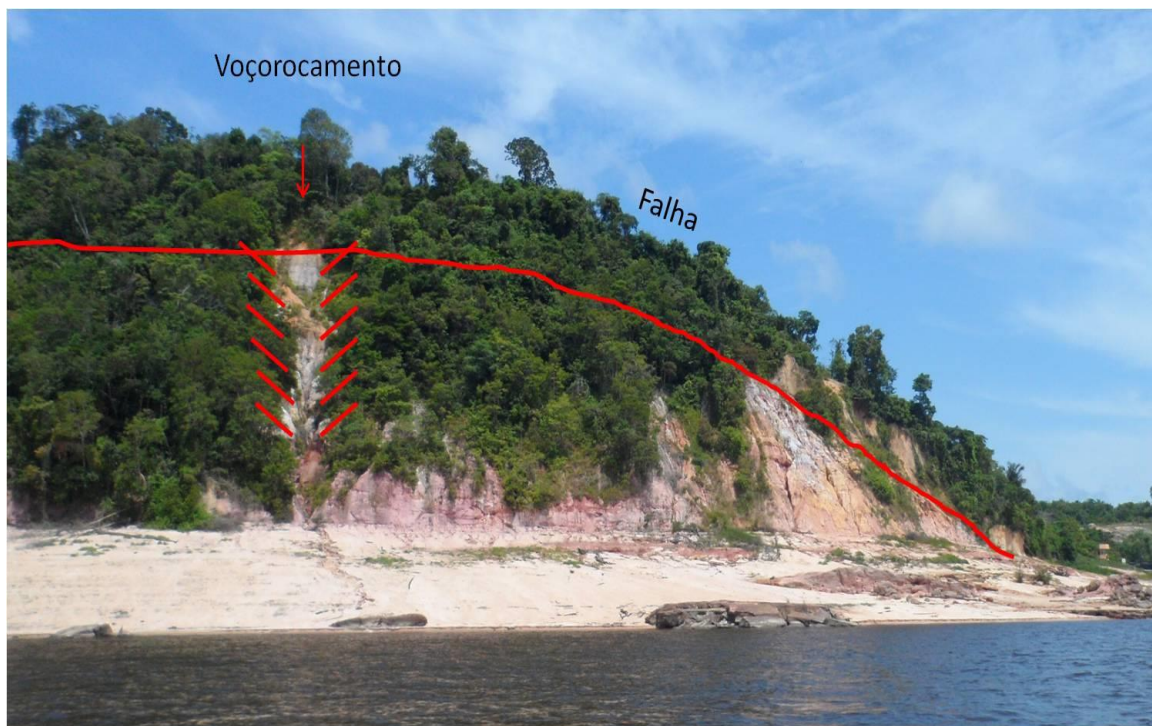


Figura 27. Exemplo do perfil das áreas com declividade acentuada.

Como é possível observar as áreas declivosas representam as falésias formadas nas regiões mais baixas dos relevos e mais próximas ao Rio Negro. São áreas bastante íngremes e sujeitas a processos erosivos pluviais de alta intensidade, devido à velocidade que a água adquire ao descer, promovendo o deslocamento rápido e pontual de partículas do solo, principalmente quando ocorrem indícios de voçorocas (Foto 11).



209

Foto 11. Exemplo de formação de processo erosivo na margem esquerda do rio Negro



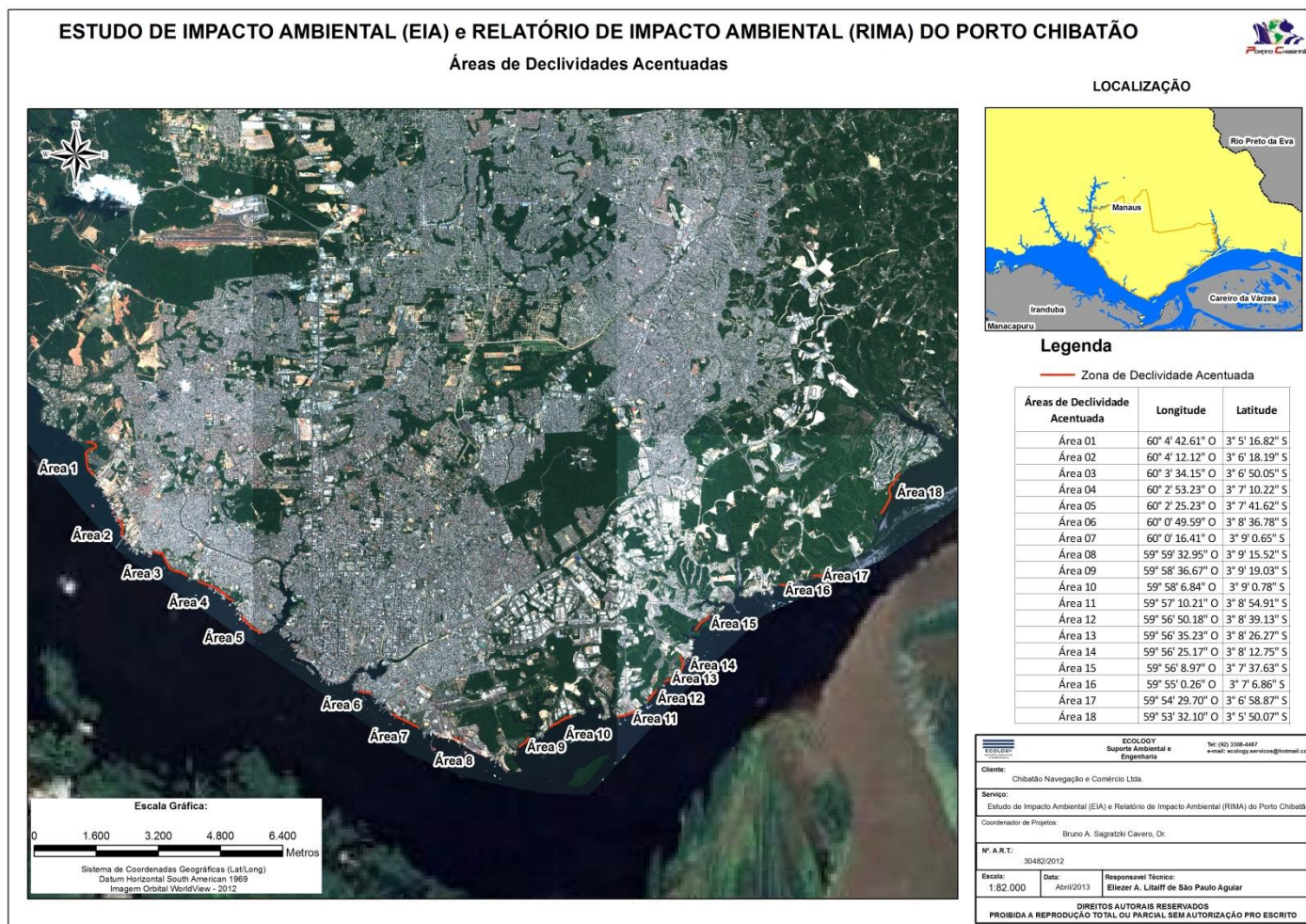


Figura 28. Localização das áreas com declividade acentuada na AID do empreendimento.

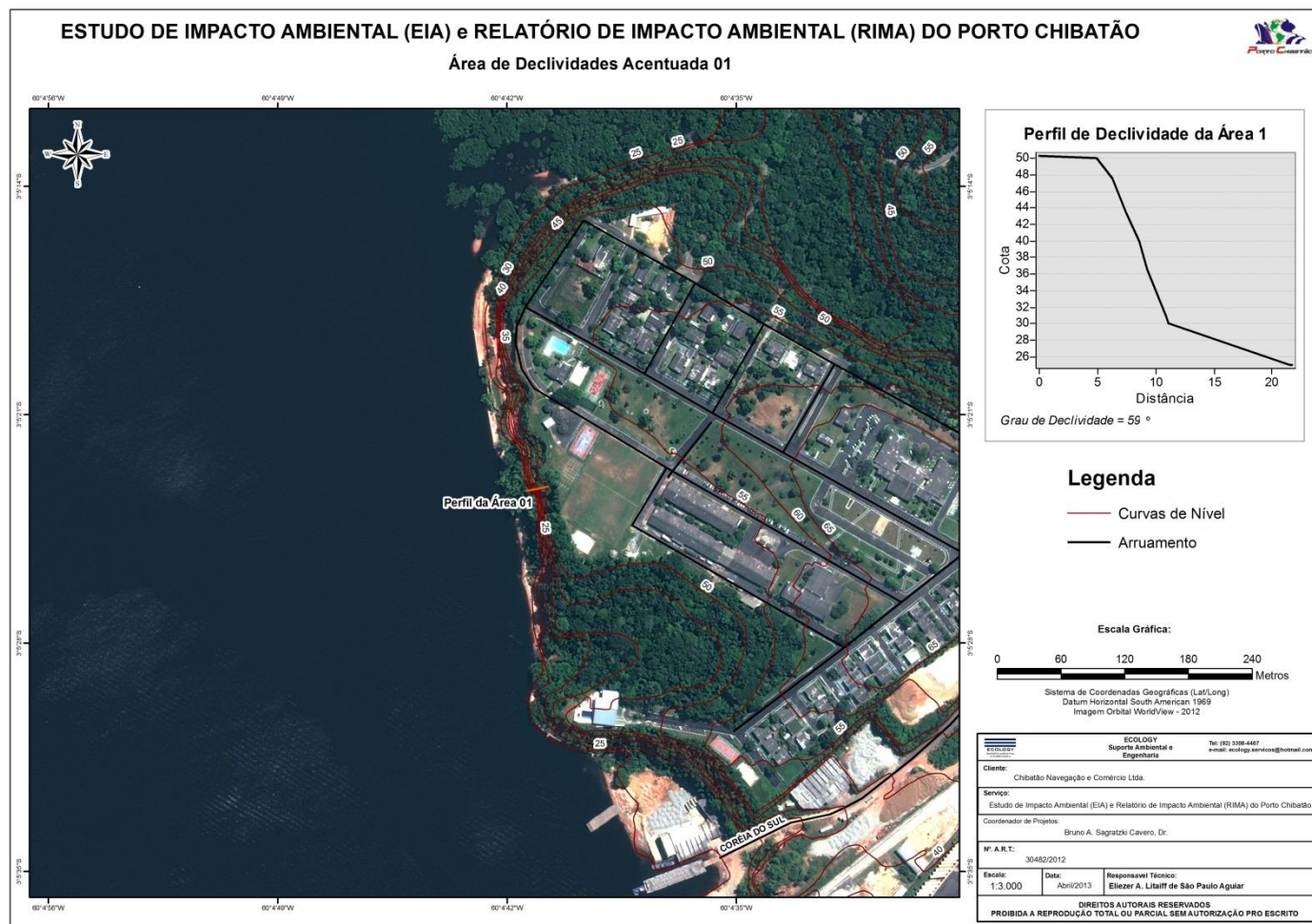


Figura 29. Perfil da declividade da área 01.



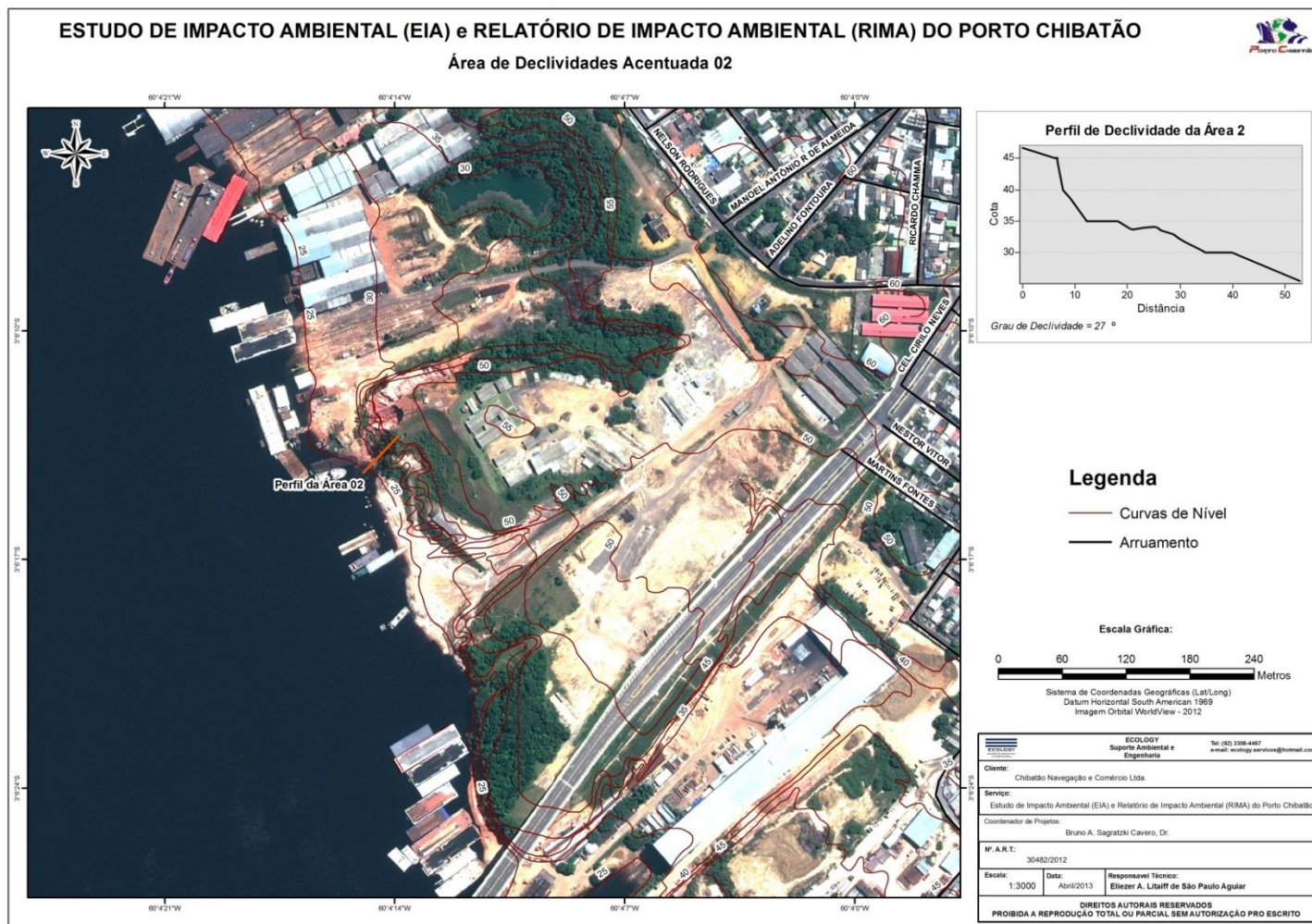


Figura 30. Perfil da declividade da área 02.

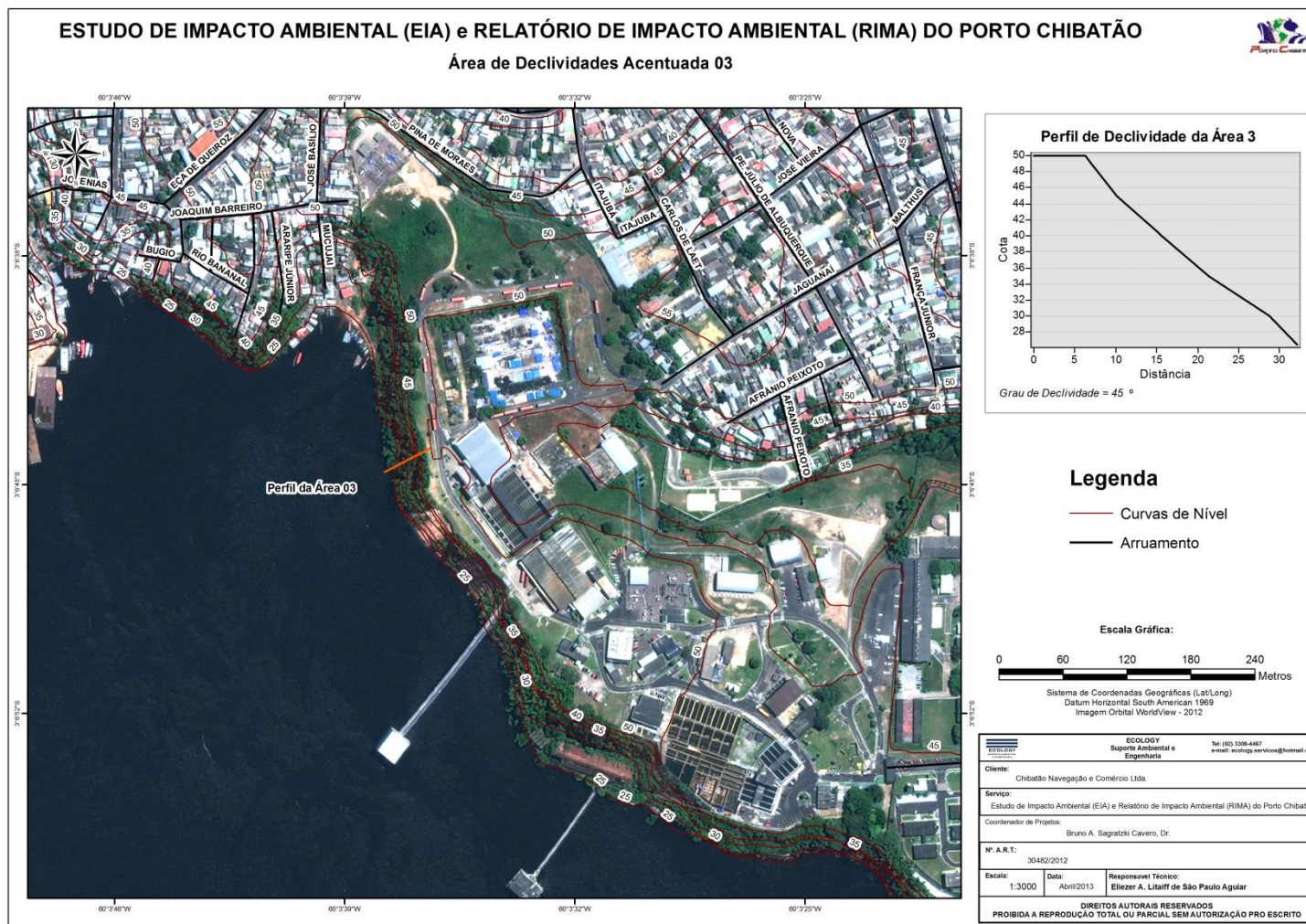


Figura 31. Perfil da declividade da área 03.



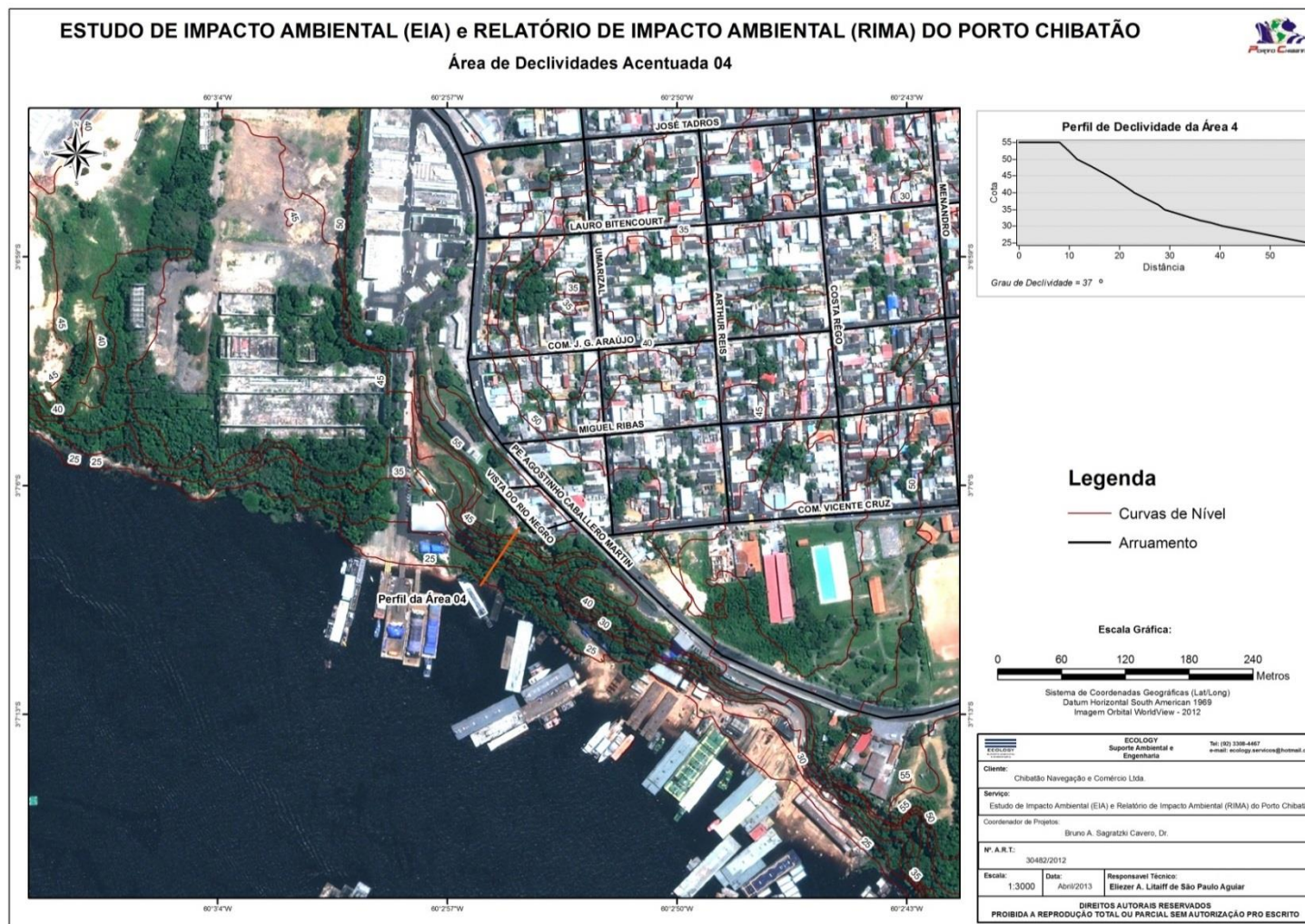


Figura 32. Perfil da declividade da área 04.

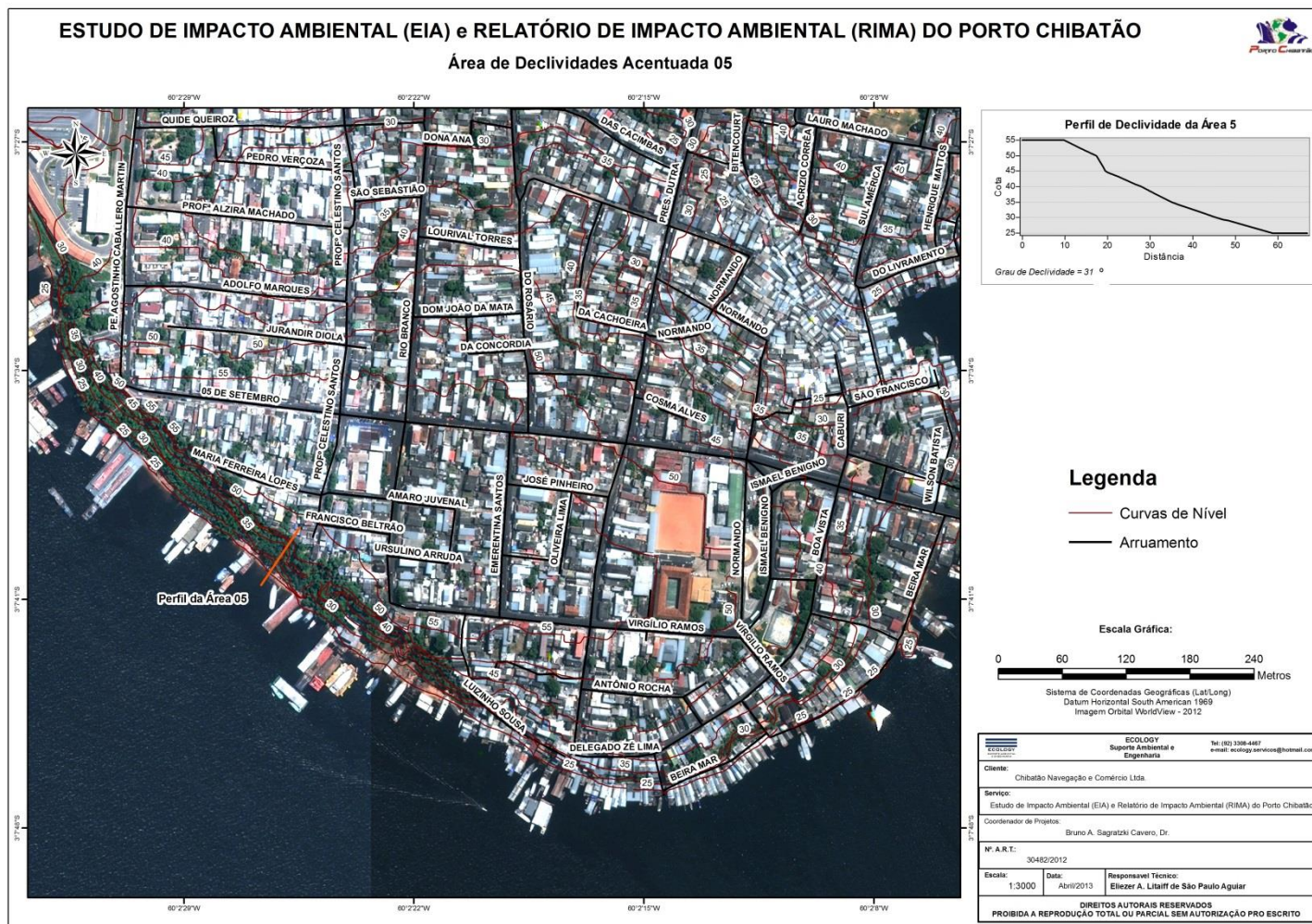


Figura 33. Perfil da declividade da área 05.



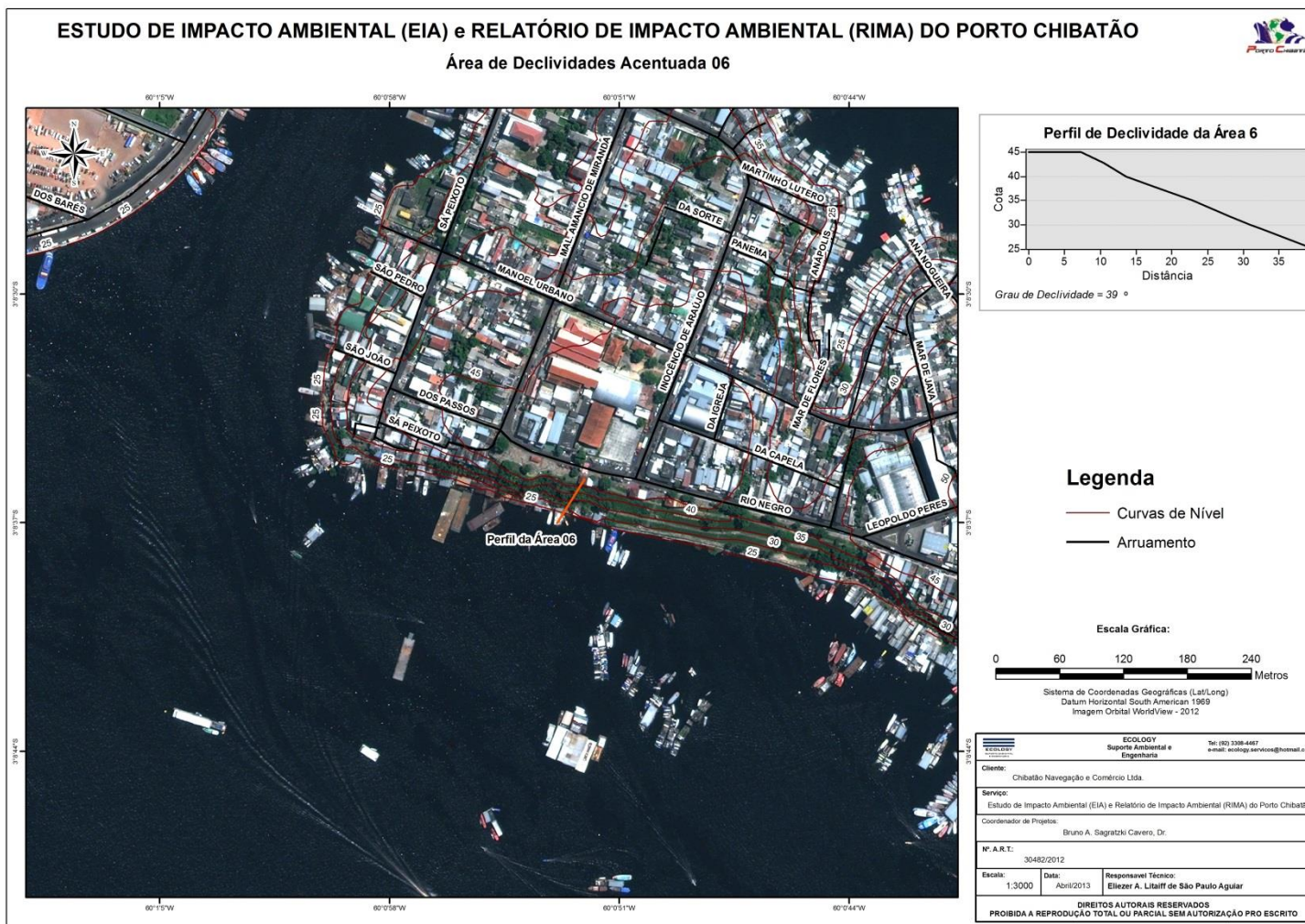


Figura 34. Perfil da declividade da área 06.

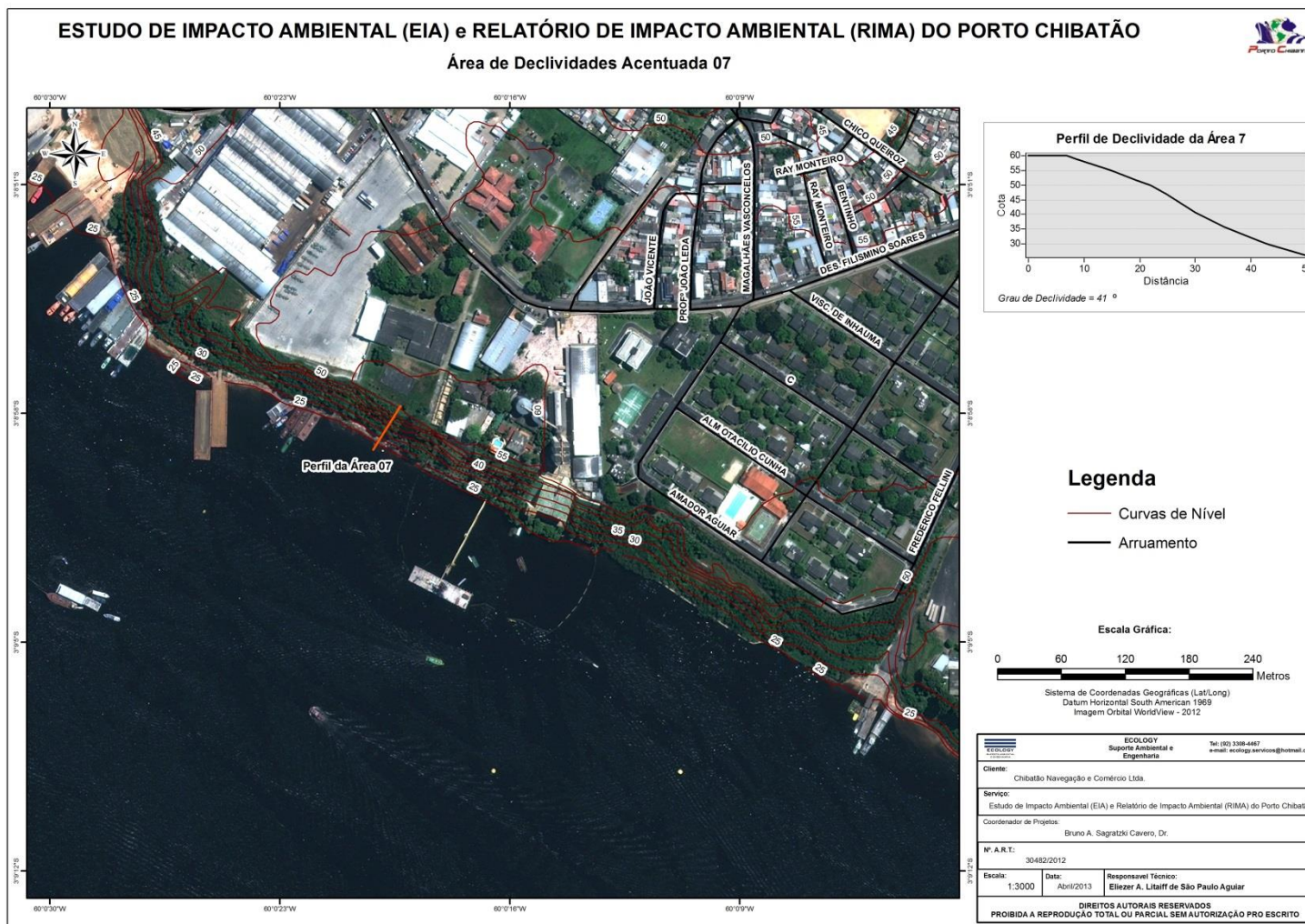


Figura 35. Perfil da declividade da área 07.



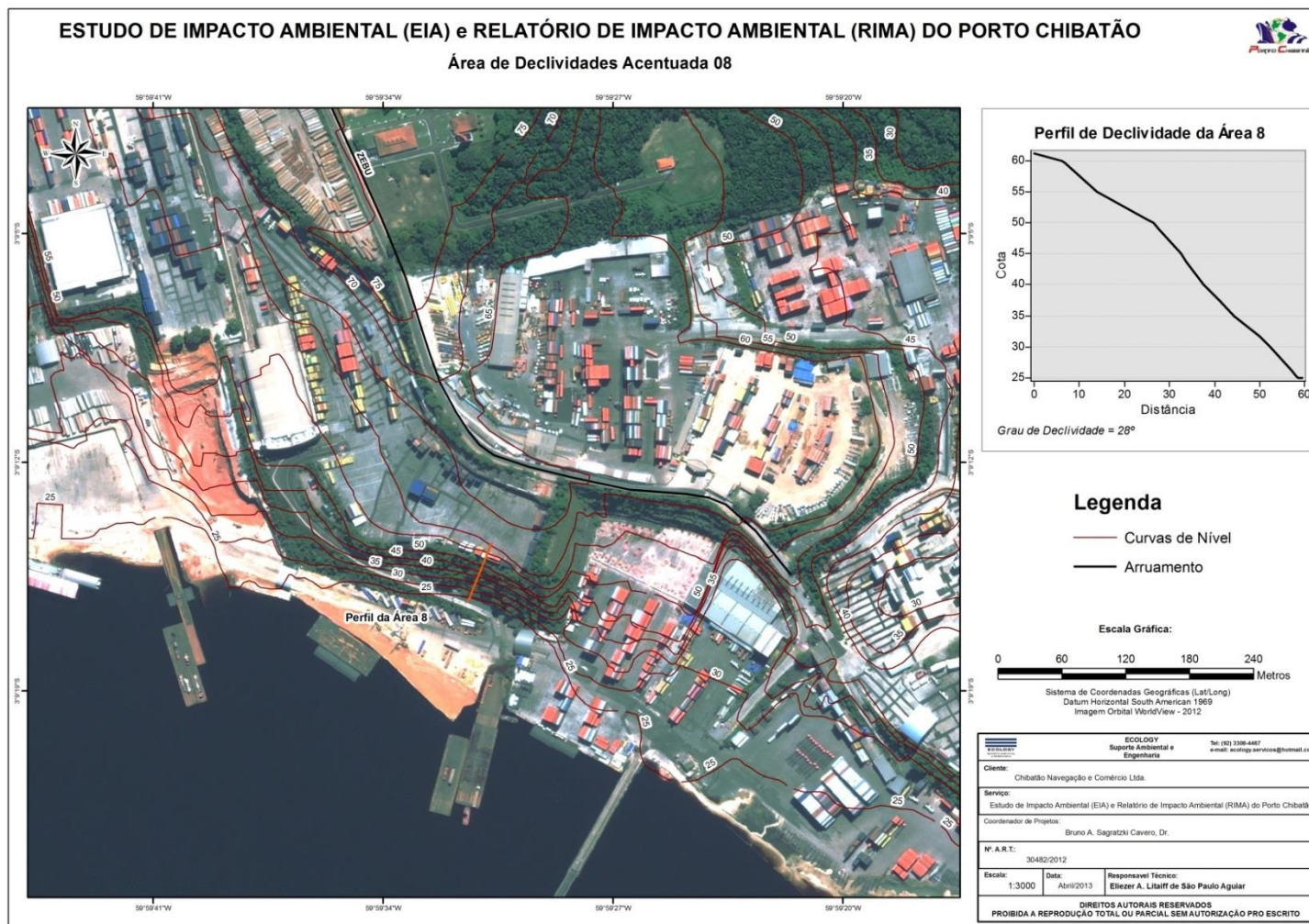


Figura 36. Perfil da declividade da área 08.

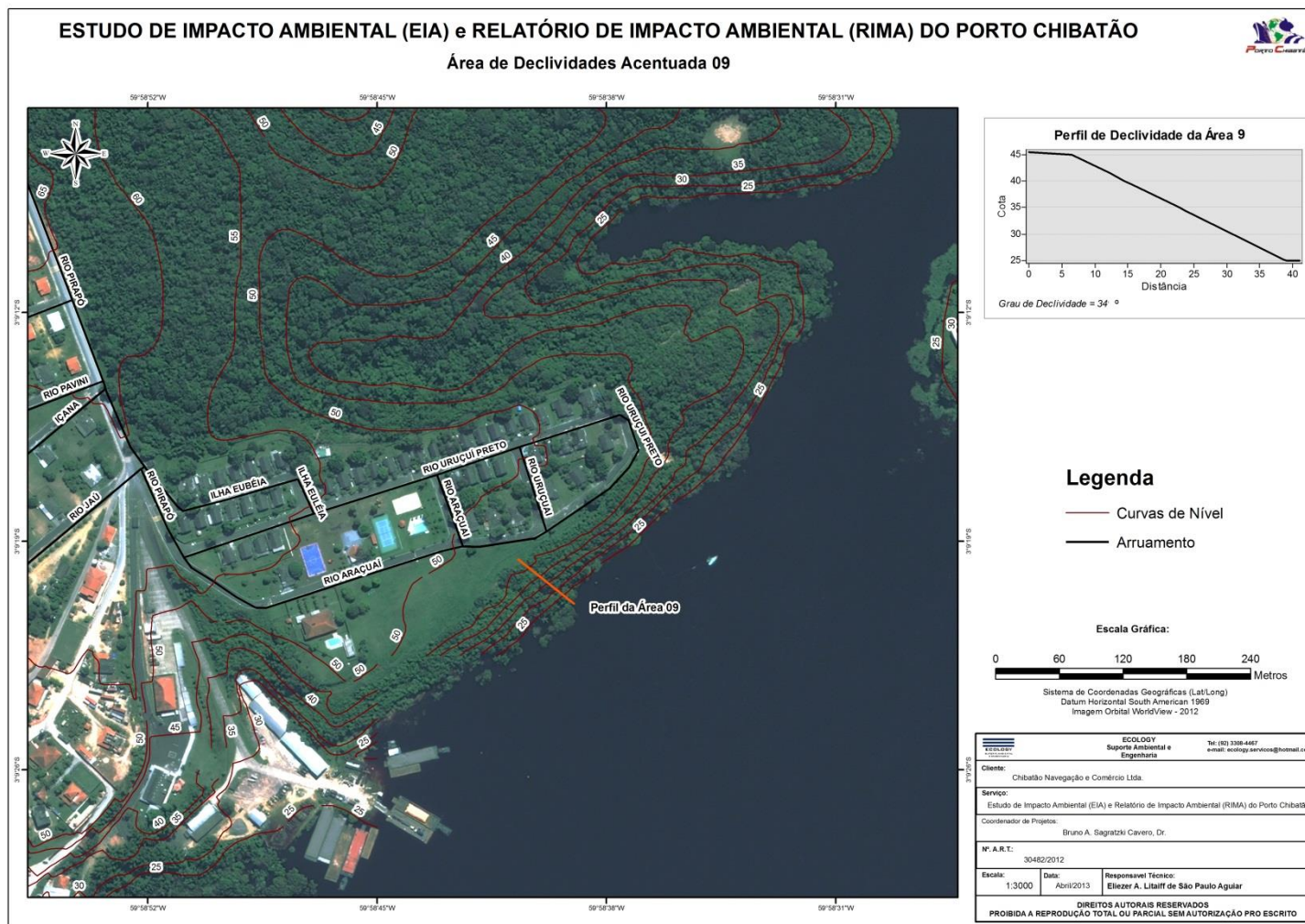


Figura 37. Perfil da declividade da área 09.



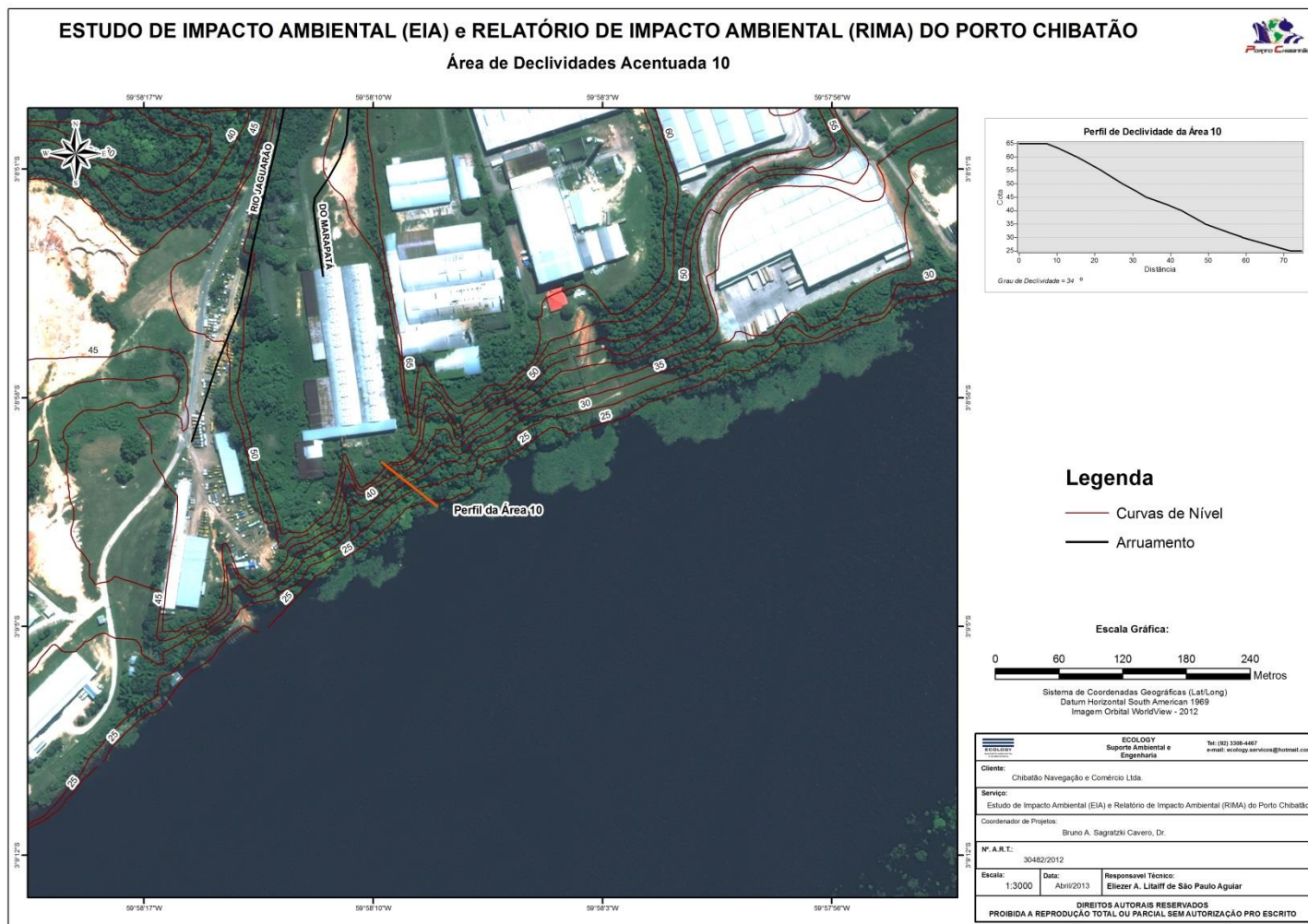


Figura 38. Perfil da declividade da área 10.

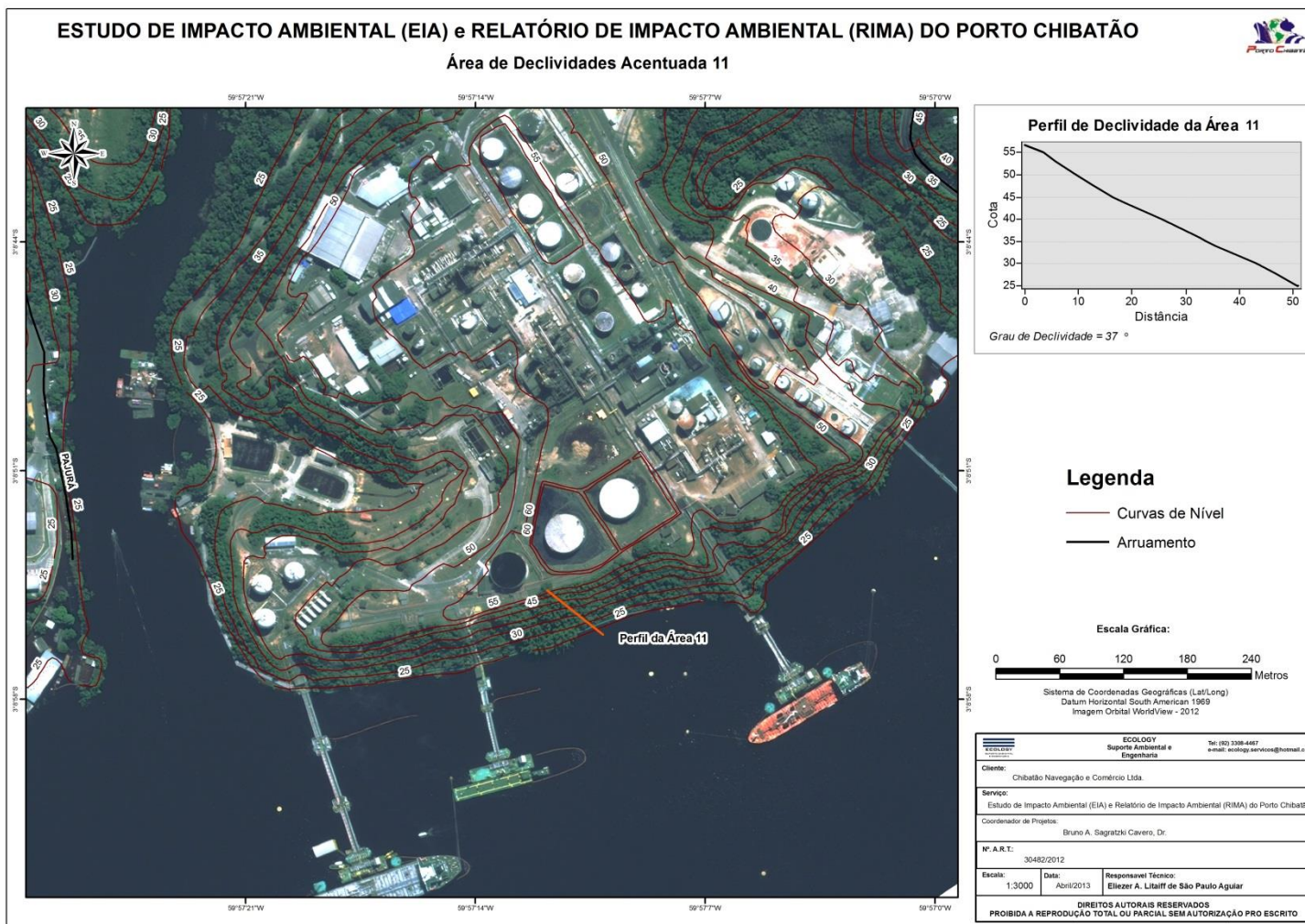


Figura 39. Perfil da declividade da área 11.



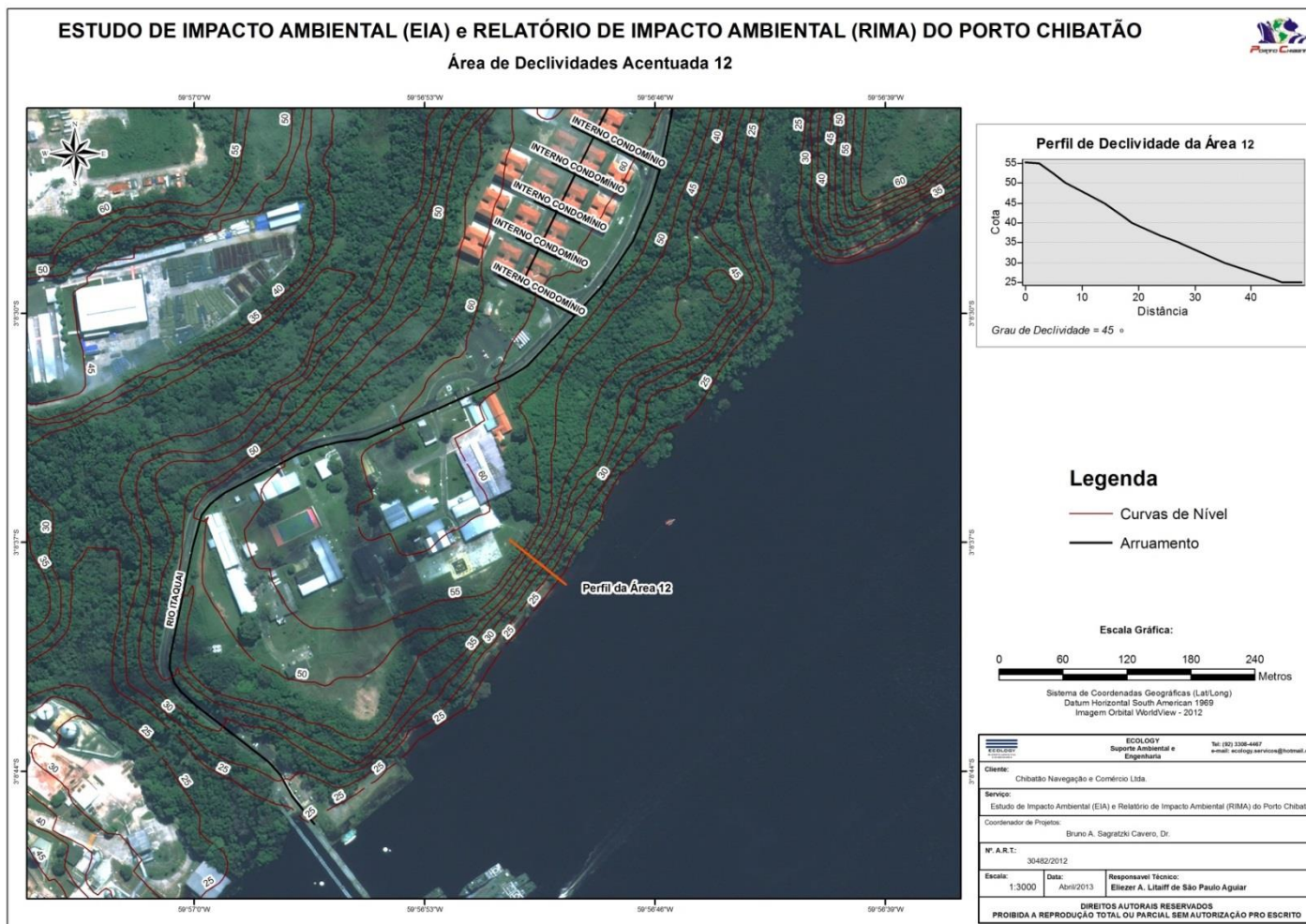


Figura 40. Perfil da declividade da área 12.

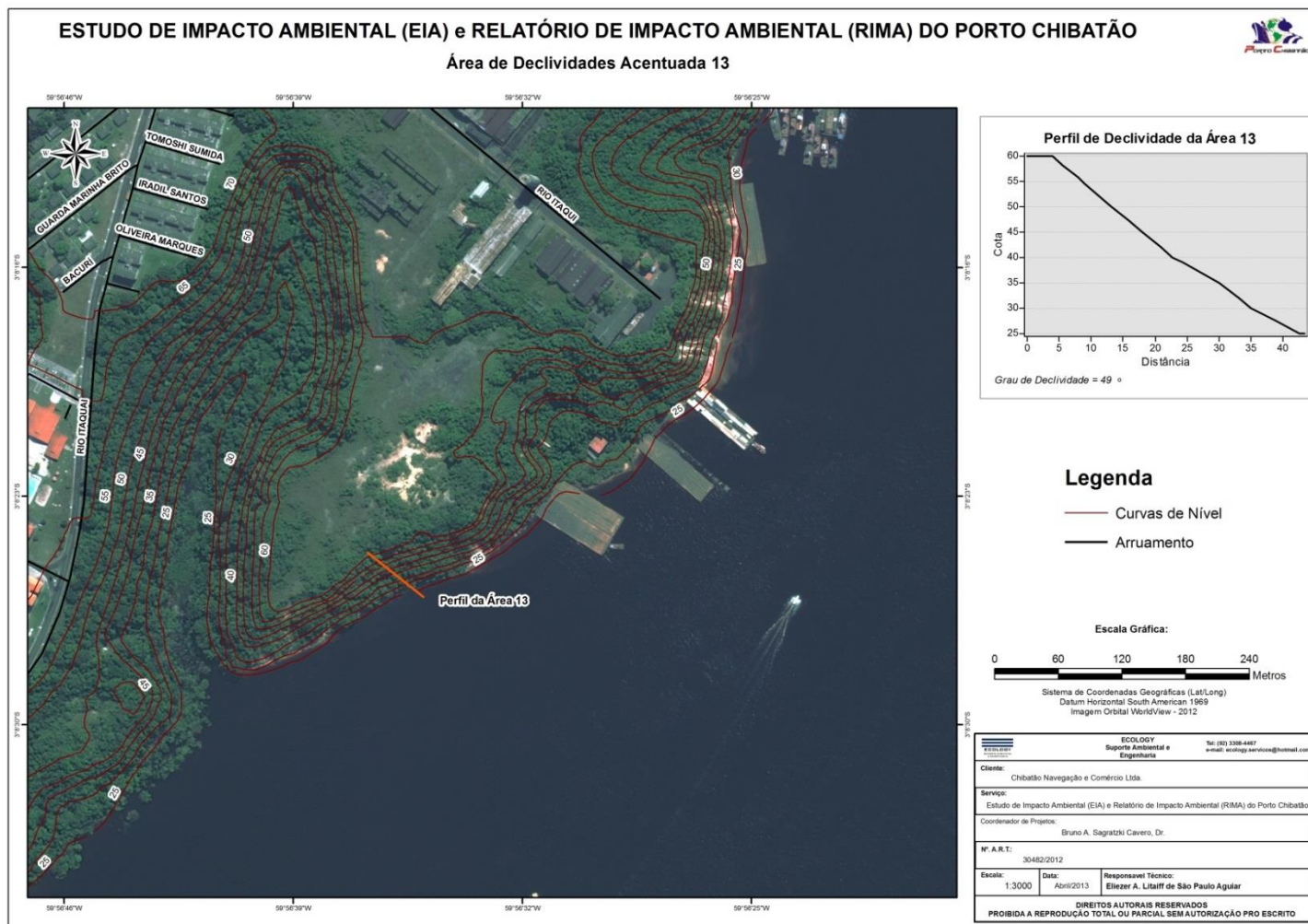


Figura 41. Perfil da declividade da área 13.

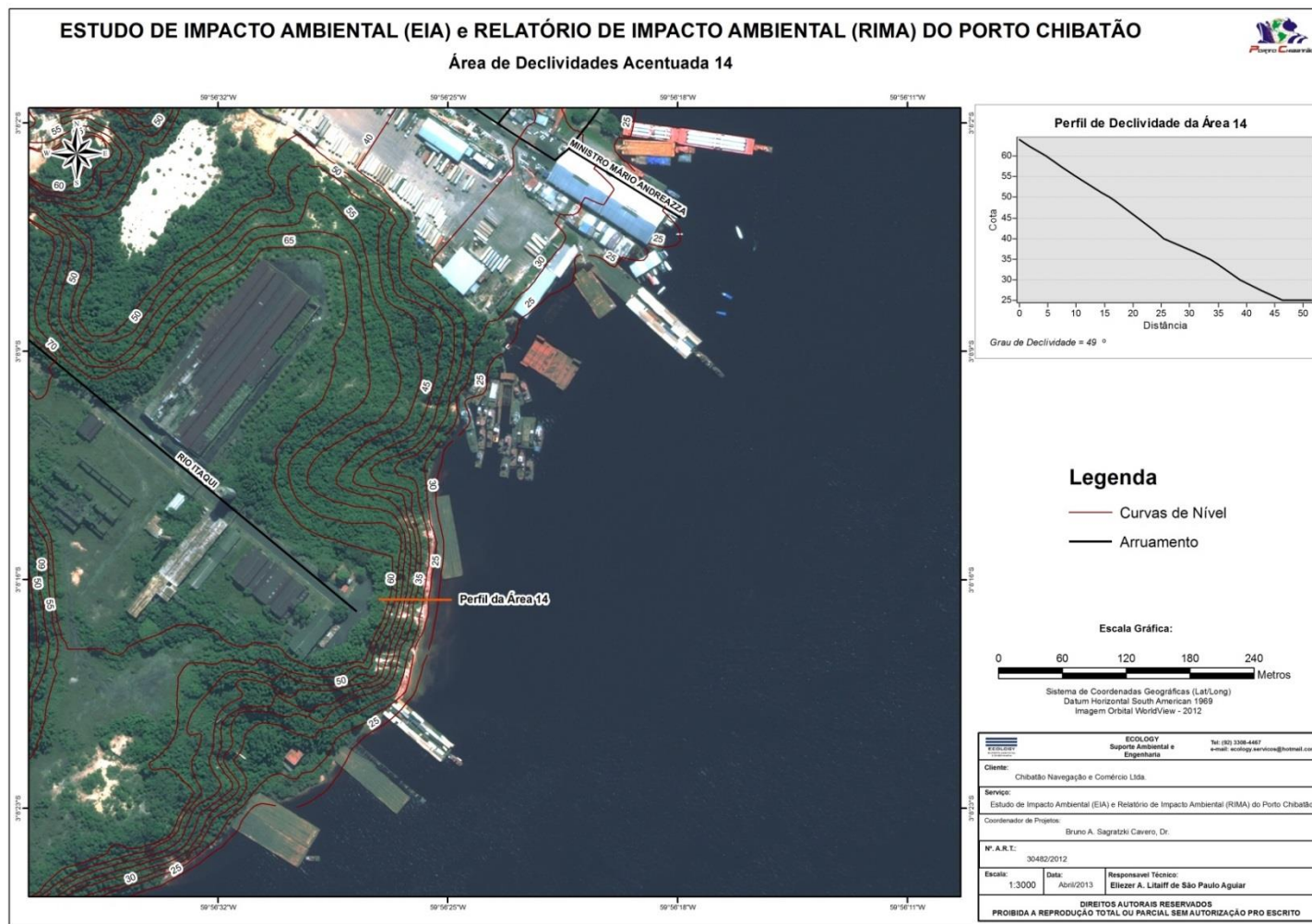


Figura 42. Perfil da declividade da área 14.



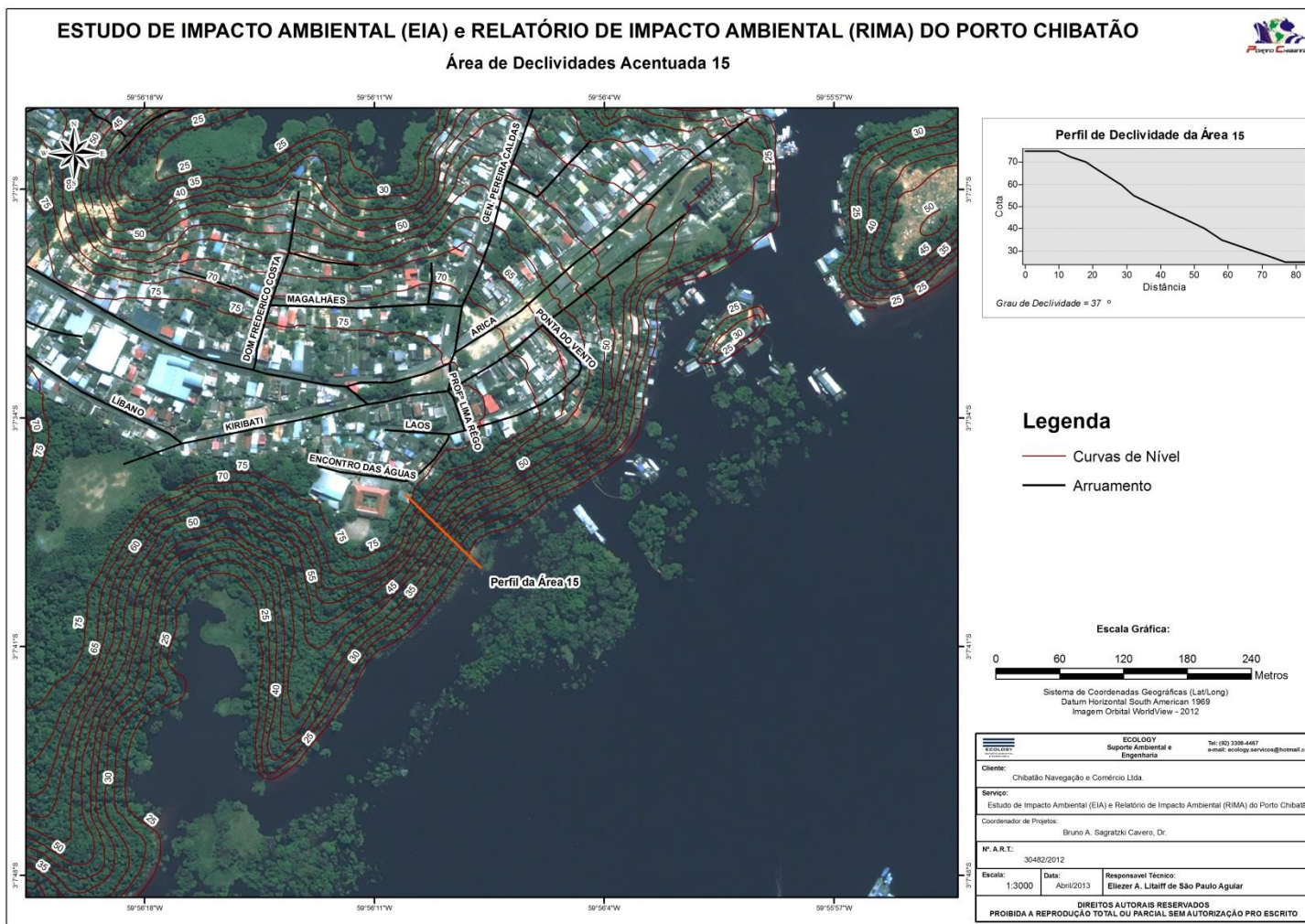


Figura 43. Perfil da declividade da área 15.

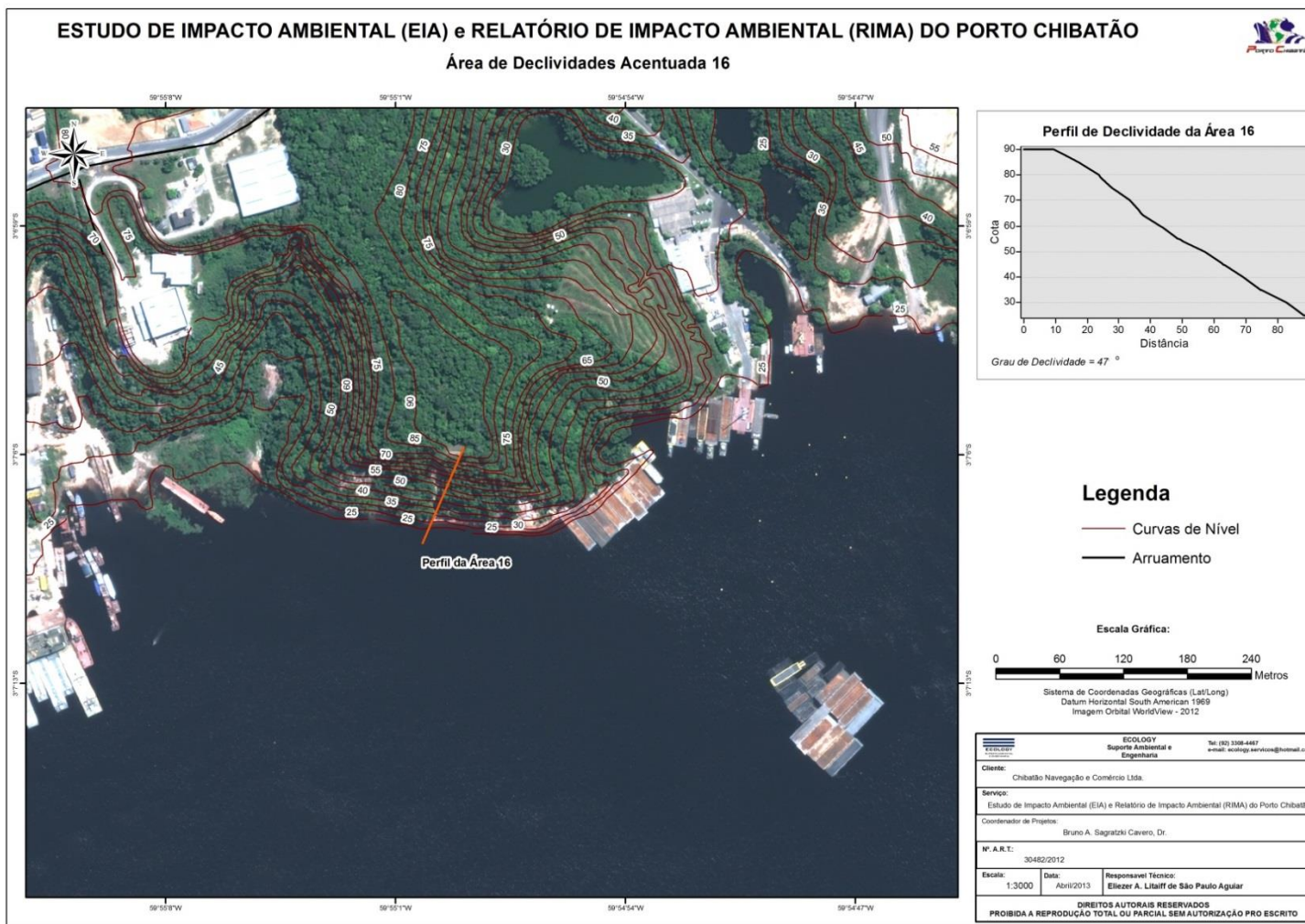


Figura 44. Perfil da declividade da área 16.



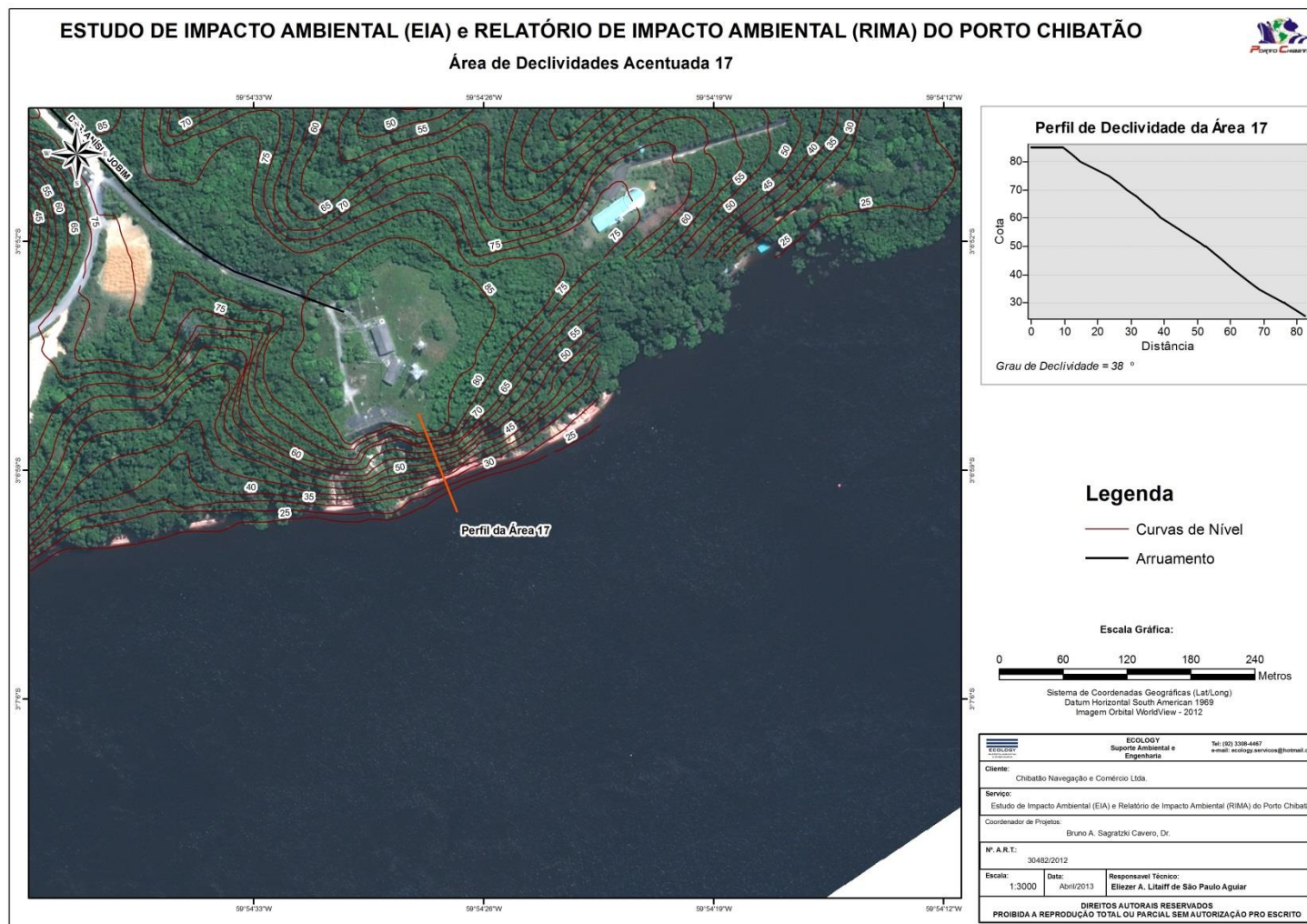


Figura 45. Perfil da declividade da área 17.

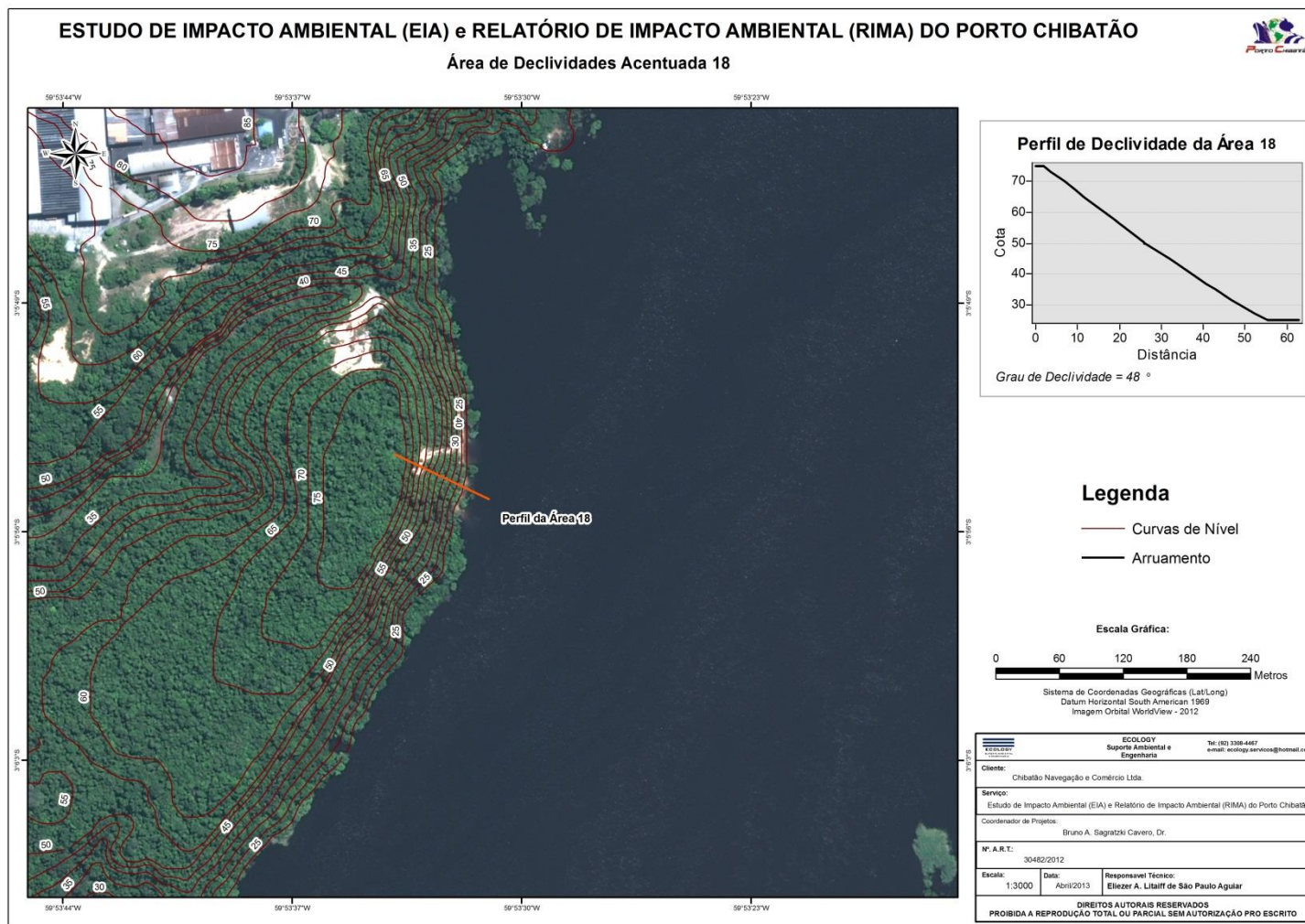


Figura 46. Perfil da declividade da área 18.

## 2.6. Análise Geomorfológica

### 2.6.1. Área de Influência Indireta

De acordo com Mapa Geomorfológico do Estado do Amazonas (IBGE 2010), a AII está localizada no domínio morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas

As unidades geomorfológicas na AII são as seguintes (Figura 47):

- Planalto do Uatumã-Jari:
- Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas:

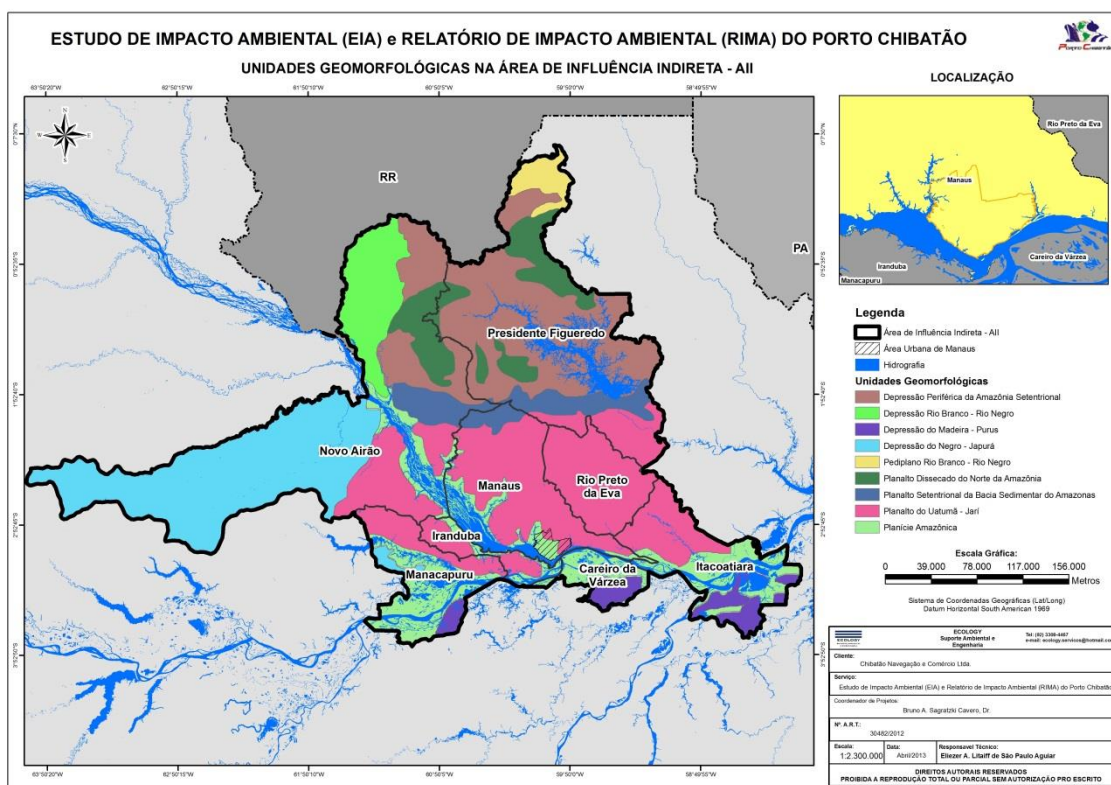


Figura 47. Unidades geomorfológicas na Área de Influência Indireta

Os tipos de Relevo que ocorrem na AII são os seguintes (Figura 48):

a) Relevo Dissecado de Topo Tabular: são formas geomorfológicas resultantes de processo de dissecção, apresentando elevado índice de concentração de rugosidade e que possuem característica aplainada em seu ponto mais alto (topo, mesa). Formação geomorfológica predominante na Região Metropolitana de Manaus, sendo encontrada em todos municípios;

b) Relevo Dissecado de Topo Convexo: são formas geomorfológicas resultantes de processo de dissecção, apresentam elevado índice de concentração de rugosidade e que





possuem característica convexa em seu ponto mais alto (topo, colinas). Ocorre nos municípios de Novo Airão, Presidente Figueiredo, Manaus, Rio Preto da Eva e Itacoatiara;

c) Plano de Gênese Indiferenciada: ocorre somente nos municípios de Novo Airão e Presidente Figueiredo, localizados a oeste e norte do município de Manaus, respectivamente;

d) Relevo Dissecado de Topo Aguçado: encontrado a leste de Manaus, podendo ser encontrado nos municípios de Itacoatiara e Rio Preto da Eva;

e) Planície Fluvial: encontrada apenas nos municípios que ficam localizados a margem do rio Amazonas (Manacapuru, Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara) e no Arquipélago de Anavilhanas (municípios de Novo Airão e Manaus);

f) Planície Fluvio-lacustre: encontrada, apenas, no município de Manacapuru;

g) Pediplano Degradado Inundado: encontrada apenas nos municípios de Rio Preto da Eva e Itacoatiara;

h) Pediplano Retocado Desnudado: encontrado apenas nos municípios de Itacoatiara e Novo Airão;

i) Terraço Fluvial: ocorre na confluência dos municípios de Itacoatiara e Rio Preto da Eva e ao sul do município de Presidente Figueiredo;

j) Área de Inundação: formação quase inexistente na AI, aparecendo apenas no município de Novo Airão;

230

Portanto, considerando todas as formas de relevo presentes na Área de Influência Indireta, o Relevo Dissecado de Topo Tabular (Dt) é a formação predominante, sendo também predominante na Área de Influência Direta (AID) e na Área Diretamente Afetada (ADA).

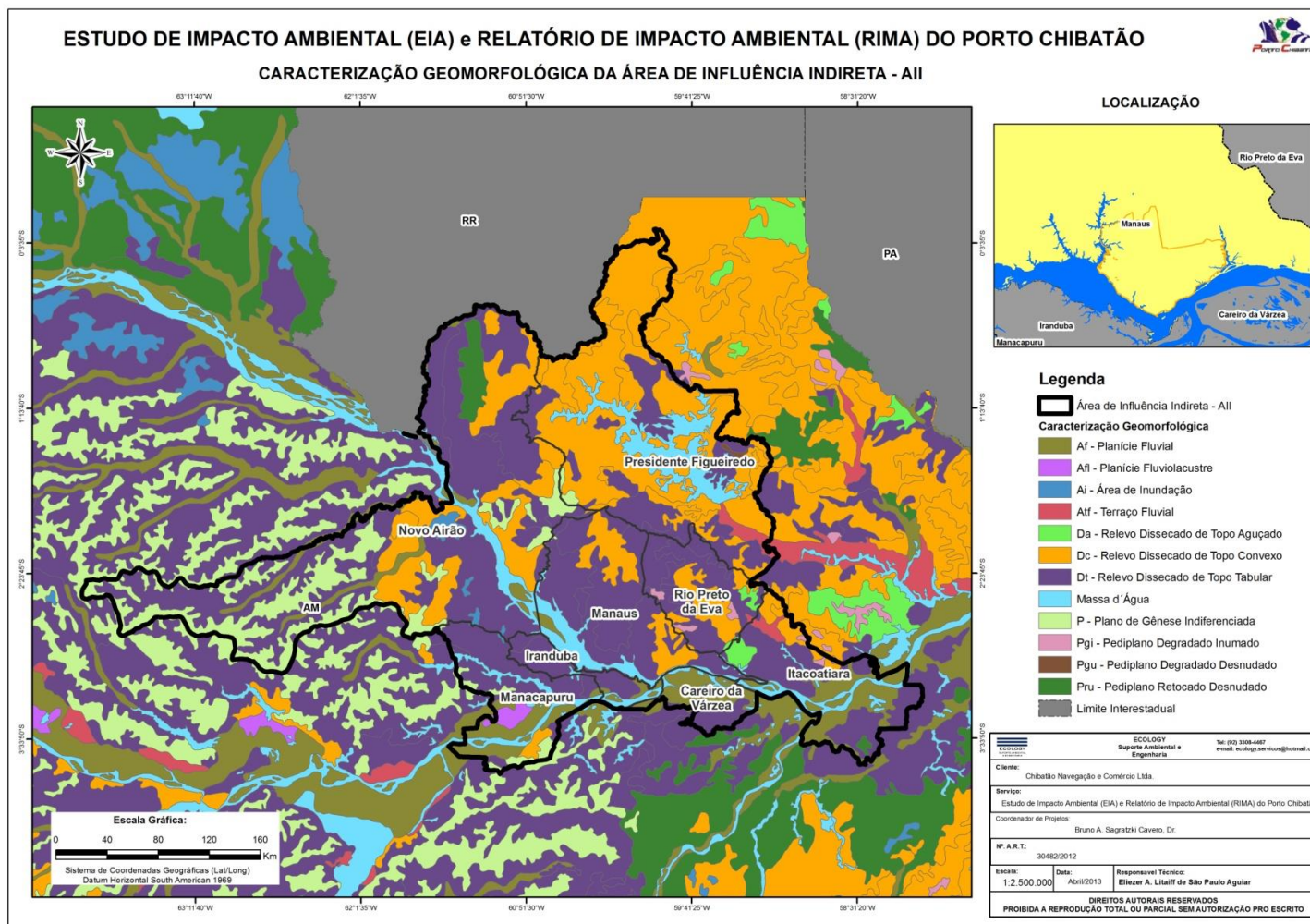


Figura 48. Caracterização geomorfológica da Área de Influência Indireta



## **2.6.2. Área de Influência Direta**

A geomorfologia predominante na AID é constituída por duas unidades geomorfológicas principais (Figura 49):

a) Relevo Dissecado de Topo Tabular: são formas geomorfológicas resultantes de processo de dissecção, apresentando elevado índice de concentração de rugosidade e que possuem característica aplainada em seu ponto mais alto (topo, mesa);

b) Relevo Dissecado de Topo Convexo: são formas geomorfológicas resultantes de processo de dissecção, apresentam elevado índice de concentração de rugosidade e que possuem característica convexa em seu ponto mais alto (topo, colinas).

### **2.6.2.1. Aspectos fisiográficos e morfológicos da AID**

O relevo da AID está localizado sobre sedimentos da Bacia do Amazonas, sendo classificado como um Planalto do Uatumã-Jari (IBGE 2010). Possui platôs topográficos formados por colinas pouco elevadas, da ordem de 100 metros de cota (Figuras 50 e 51), com vales fluviais na forma de “V” fechados (Foto 12) onde se encontra uma rede de drenagem que atinge cota em torno de 20 metros de altitude (NM).

A Região Leste da AID é formada pelo Relevo Dissecado de Topo Convexo, onde podem ser encontrados inúmeros vales formados por uma rede de drenagem de igarapés pouco extensos e de baixa ordem (Figura 52 e 53). Essa variação de altitude forma colinas ao contrário da formação topo tabular que forma extensas áreas de platôs.

A rugosidade encontrada nestes dois tipos de relevo é decorrente dos vales encontrados entre suas cotas mais altas.



Foto 12. Vale fluvial em forma de "V" característico da AID

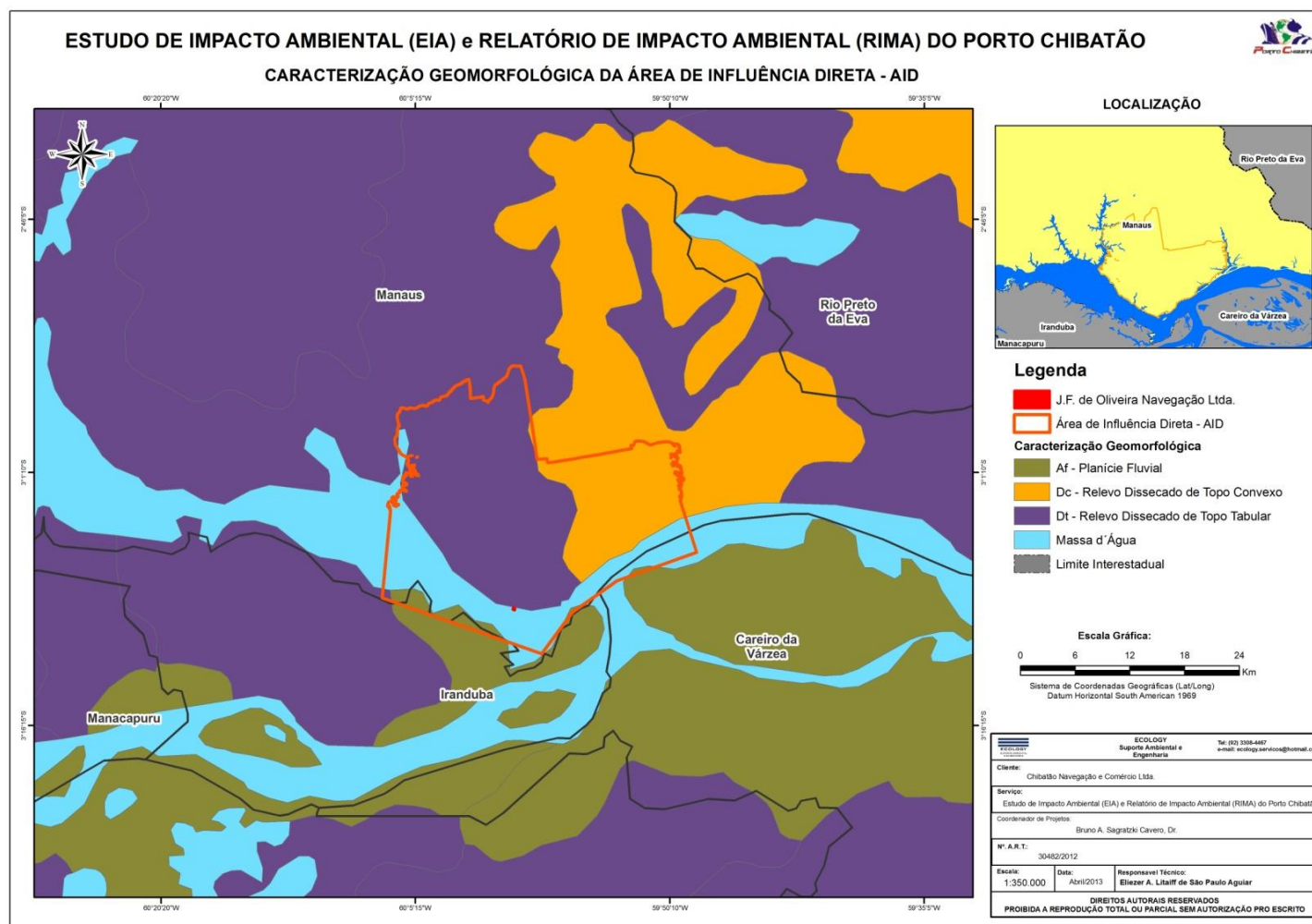


Figura 49. Caracterização geomorfológica da Área de Influência Direta (AID) do empreendimento



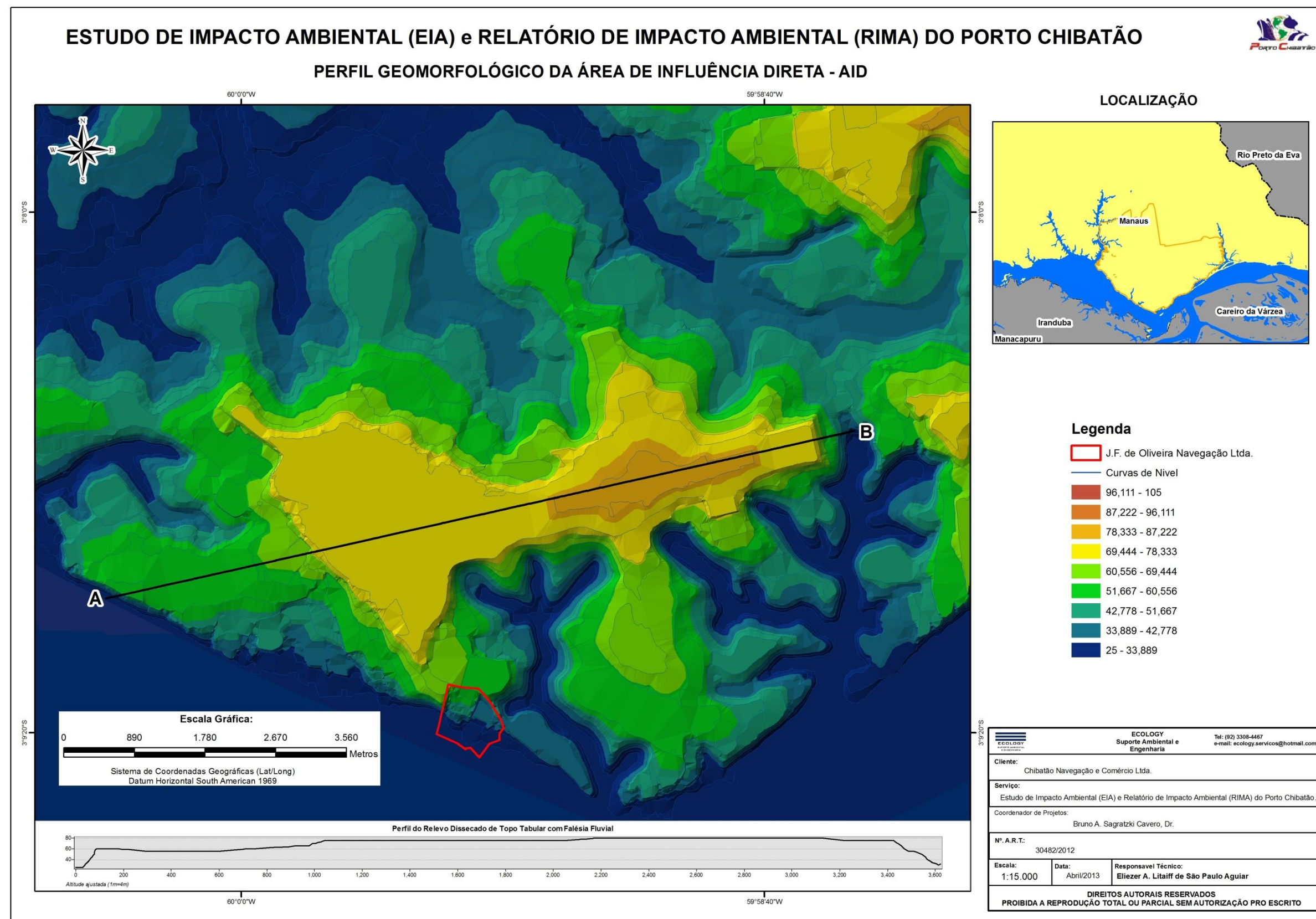


Figura 50. Relevo Dissecado de Topo Tabular em corte na região da AID (Aeroporto Ponta Pelada 7º COMAR)



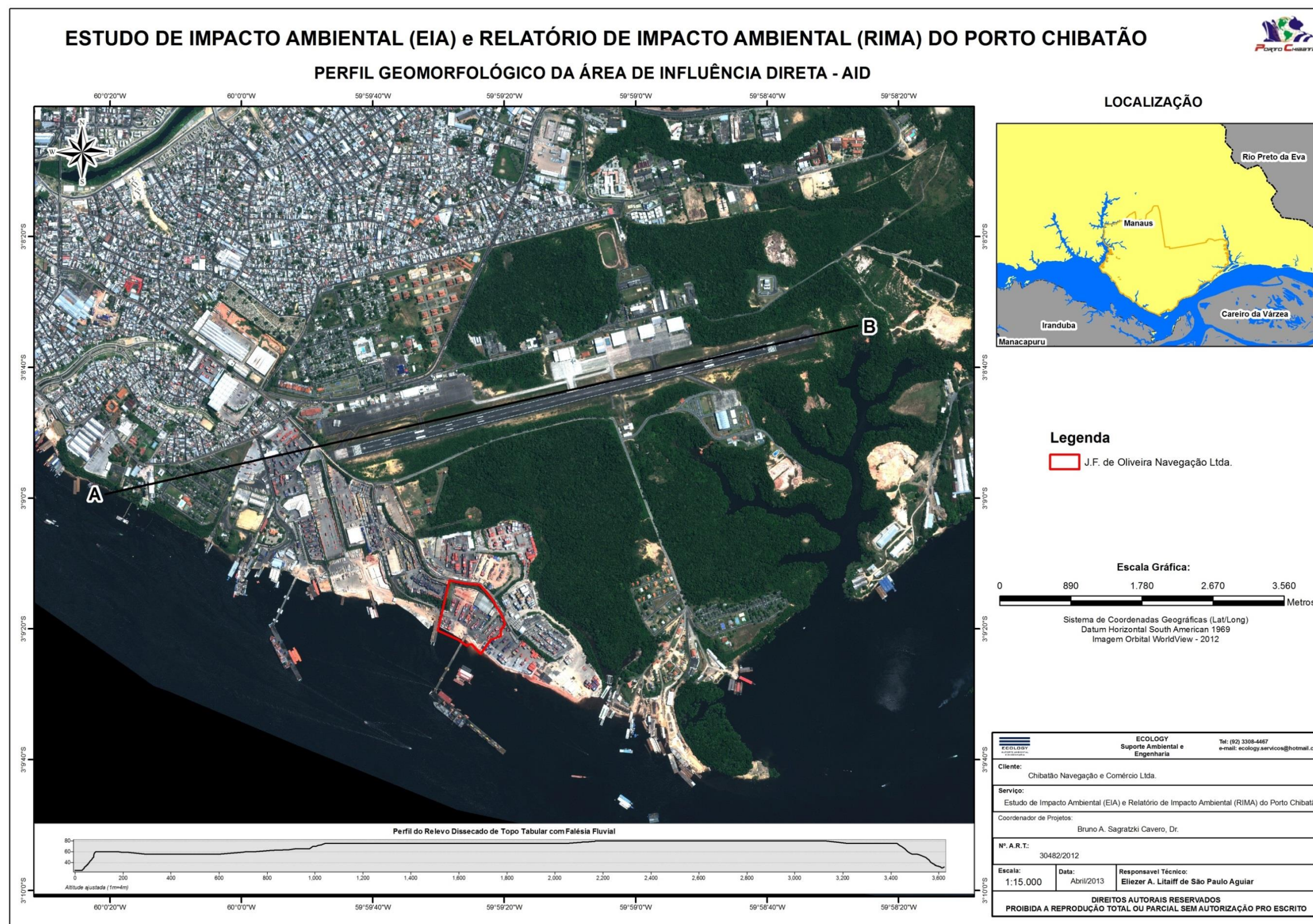


Figura 51. Perfil do Relevo Dissecado do Topo Tabular com Falésia Fluvial (Aeroporto Ponta Pelada 7º COMAR)



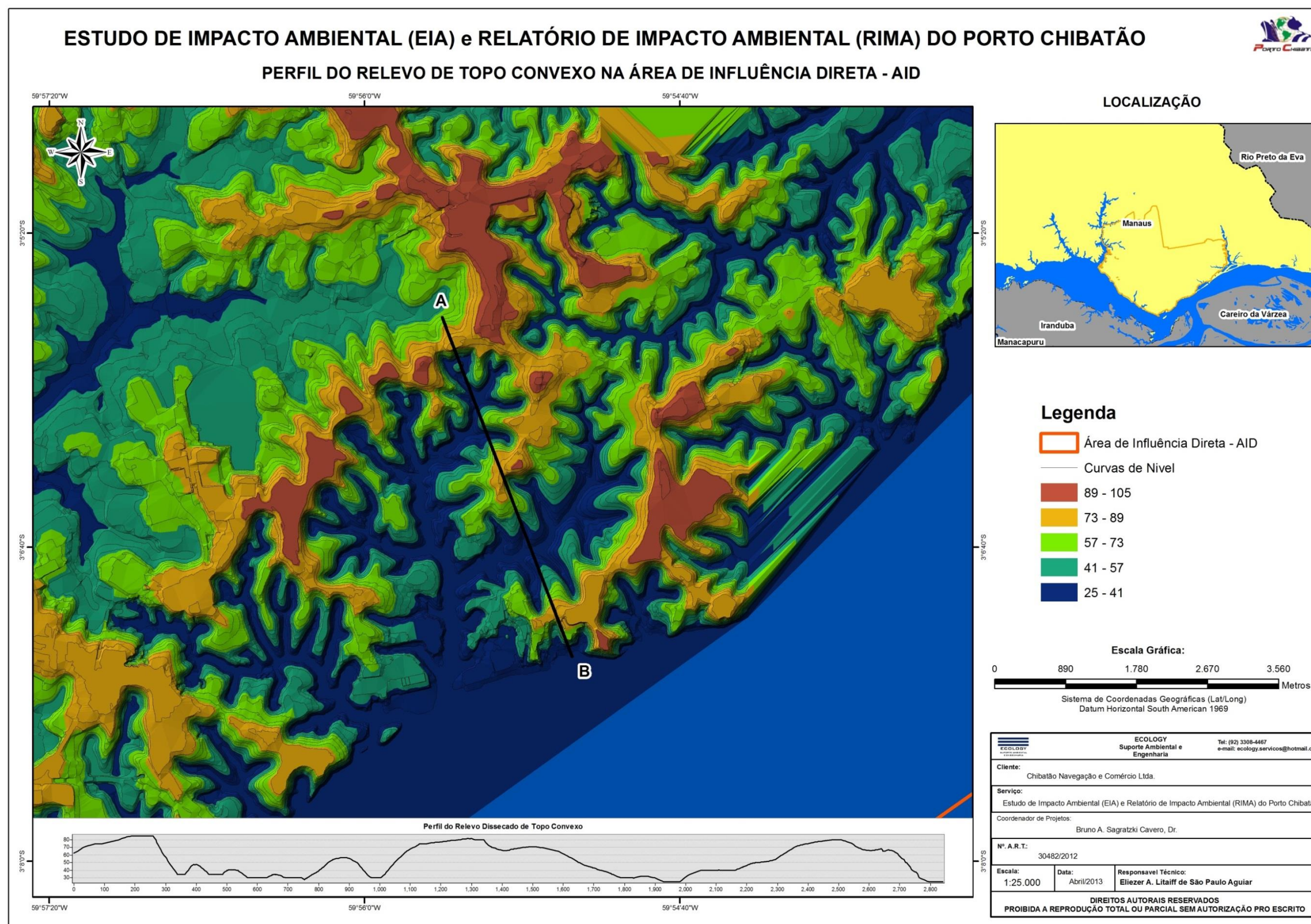


Figura 52. Relevo Dissecado de Topo Convexo na Região Leste da AID (Setor Puraquequara, Manaus, Amazonas)



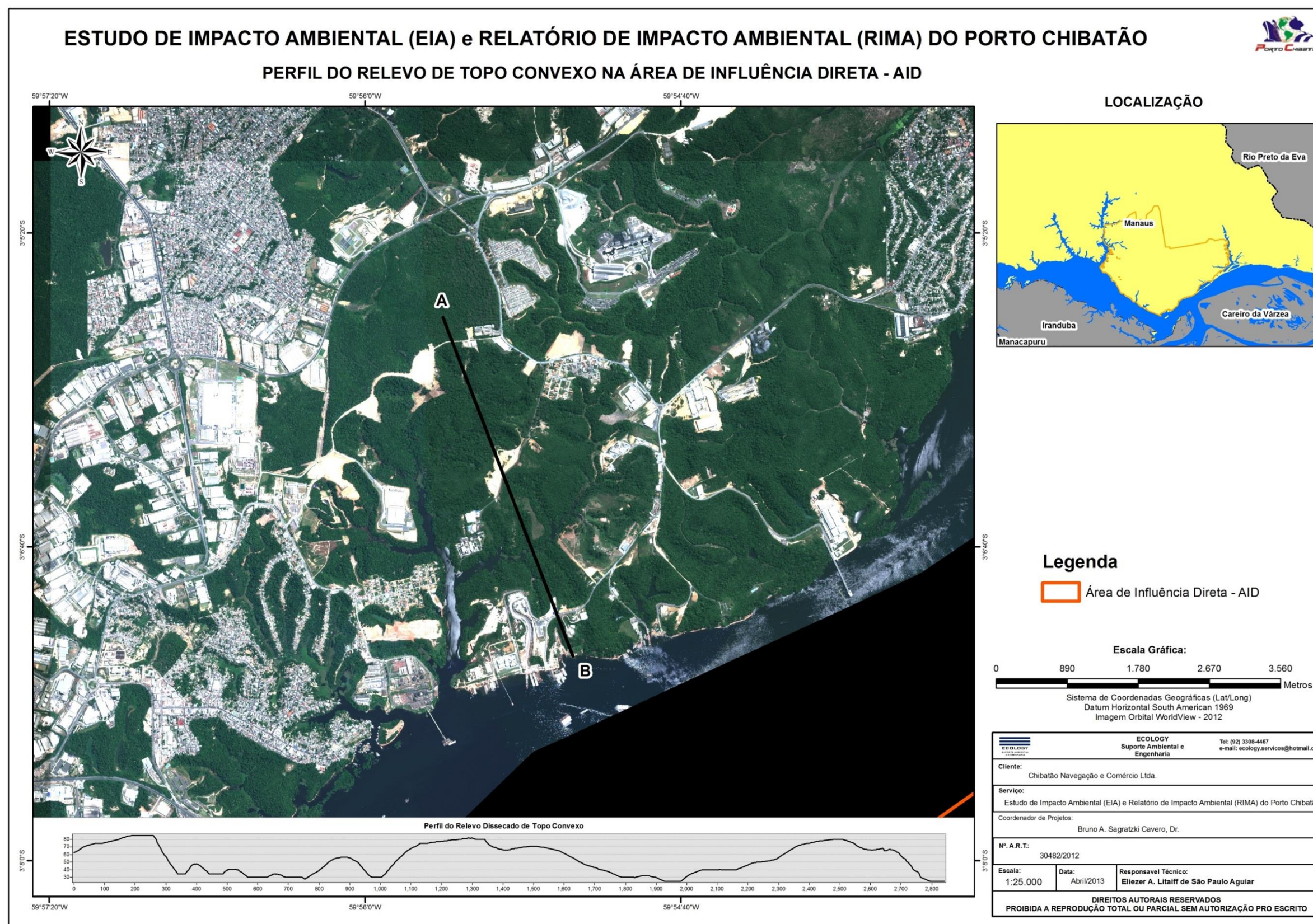


Figura 53. Perfil do Relevo Dissecado de Topo Convexo na AID (Setor Puraquequara, Manaus, Amazonas)



Nas margens do rio Negro podem ser observados taludes naturais íngremes, escarpadas, com desníveis da ordem de 20 a 30 metros, denominados regionalmente de Falésias Fluviais (Foto 13).



Foto 13. Falésia fluvial localizada na margem esquerda do rio Negro (AID do empreendimento)

#### **2.6.2.2. Processos geomorfológicos existentes na AID**

239

Os processos que ocorrem na AID são os seguintes: Processos geomorfológicos naturais e antrópicos.

##### **2.6.2.2.1. Processos geomorfológicos naturais**

Dentre os principais processos geomorfológicos naturais que promovem a mudança do relevo podem ser citados:

a) erosão fluvial – é a remoção de solo ou partículas desagregadas causada pela ação do atrito promovida pelo fluxo contínuo do rio sobre suas margens (Foto 14);

b) erosão pluvial – ocorre em três fases;

1ª. desagregamento das partículas do solo causada por águas pluviais;

2ª. erosão laminar provocada pelo deslocamento da água em solos de relevo com baixa declividade (Foto 15);

3ª. voçorocamento causado pela concentração nos processos de escoamento superficial (Foto 16);





c) erosão eólica – é a menos importante em termos de promover a modificação em larga escala. Este tipo de erosão ocorre lentamente e depende da ação de ventos fortes e constantes para promover a mudança lenta do relevo;

d) falhas geológicas – erosão causada pela descontinuidade de estratos do solo promovidos pelo deslocamento do plano de falhas geológicas (Foto 17);

e) movimentos de massa – ocorre quando a gravidade exerce uma força maior que a resistência dos materiais que compõe a região em declive, transportando solo, rochas e/ou materiais não-consolidados. Na região, este fenômeno quando ocorre em terras marginais aos rios e por influência do ciclo hidrológico é conhecido como “terras caídas” (Foto 18).

#### **2.6.2.2.2. Processos geomorfológicos antrópicos**

Os processos geomorfológicos antrópicos são decorrentes de alterações do relevo do solo de forma pontual e podem ser intensificados por obras de corte e aterro. Existem dois tipos principais de processos geomorfológicos de natureza antrópica:

a) remoção da cobertura vegetal – a desproteção vegetal do solo favorece os processos geomorfológicos ligados a erosão pluvial e fluvial (Foto 19);

b) ocupação de áreas declivosas marginais – a construção em áreas com declive acentuado favorece os processos geomorfológicos ligados a erosão pluvial, fluvial e a movimentação de massa (Foto 20).

- erosão fluvial – exemplo de interface solo-água



Foto 14. Interface solo-água que favorece a erosão fluvial

- erosão pluvial – exemplo de erosão laminar



Foto 15. Erosão laminar causada por precipitação

- erosão pluvial – exemplo de erosão por voçorocamento



Foto 16. Processos de voçorocamento ocasionados por precipitação

- falhas geológicas – exemplo de falha geológica

242

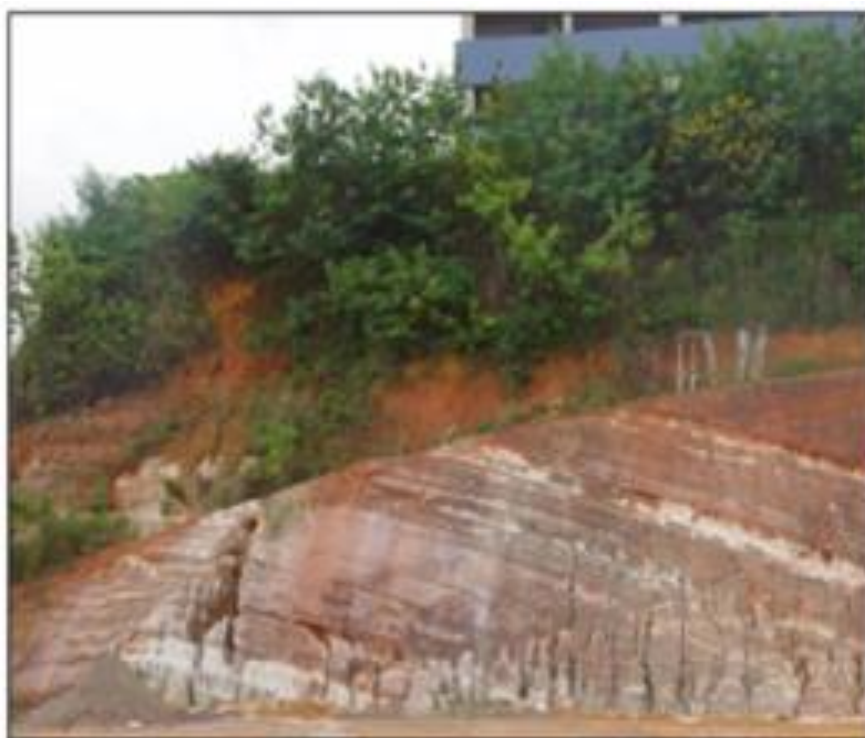


Foto 17. Falha geológica resultante da acomodação de camadas litológicas



- movimentos de massa – exemplo de movimentos de massa causados pela gravidade



Foto 18. Movimentação de massa observada na AID (margem esquerda do rio Negro)

- remoção da cobertura vegetal – exemplo

243



Foto 19. Processos geomorfológicos ocasionados por remoção da camada vegetal (O 59°51'22,05" ; S 03°04'15,64")



- ocupação de áreas declivosas – exemplo



Foto 20. Ocupação irregular de áreas com declividade acentuada na orla do Rio Negro.

244

### 2.6.2.3. Classificação e Avaliação dos Processos Erosivos

As áreas dos processos erosivos na margem esquerda do Rio Negro inclusos na AID foram classificadas em cinco trechos:

Trecho 01: compreende a região delimitada pelos igarapés do Tarumã e São Raimundo;

Trecho 02: região localizada entre o igarapé do São Raimundo e do Educandos;

Trecho 03: localizado entre o igarapé do Educando e Igarapé do Mauazinho;

Trecho 04: delimitado pelos igarapés do Mauazinho e do Aleixo;

Trecho 05: localizado entre o igarapé do Aleixo e do Puraquequara.

Os processos erosivos dos trechos foram classificados e avaliados seguindo os critérios apresentados na Tabela 26. Os resultados da avaliação dos processos erosivos estão apresentados nas Tabelas 27 à 33 e Figura 54.

Tabela 26. Classificação dos processos erosivos de acordo com a sua intensidade.

| CLASSE DE EROSÃO |         |          |          |             |
|------------------|---------|----------|----------|-------------|
| Nula             | Ligeira | Moderada | Forte    | Muito Forte |
| 0 – 30           | 31 – 60 | 61 – 90  | 91 – 120 | 121 - 150   |



Tabela 27. Exemplo da avaliação para a classificação e os fatores considerados para a avaliação dos processos erosivos na AID.

| Fatores para a classificação de erosão        |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |                           |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Transporte de Sedimentos                      | Sem evidência visual de movimento (0 a 5)                                              | Transporte de sedimentos por ação eólica (0 a 5)                                                                | Transporte de sedimentos por ação pluvial (0 a 5)                                  | Transporte de sedimentos por movimento de massa (0 a 5)                                                                                                                                 | Transporte de Partículas de solo visíveis ao longo do rio (0 a 5)                                         | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 1                                                                                      | 1                                                                                                               | 4                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 14                        |
| Voçorocamentos                                | Sem evidência de voçoroca (0 a 5)                                                      | Acumulação de partículas às vezes evidente (0 a 5)                                                              | Linhas de fluxo bem definidas, com depósitos intermitentes (0 a 5)                 | Linhas de fluxo com depósitos de limo e areais e leques aluviais (0 a 5)                                                                                                                | Numerosas linhas de fluxo muito latentes. Pode Haver extensas barras de depósitos (0 a 5)                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 5                                                                                                               | 1                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 6                         |
| Barrancos                                     | Presentes e estabilizados. Vegetação no leito do canal e nas encostas laterais (0 a 5) | Alguns barrancos visíveis, com ligeira erosão do fundo e das encostas. Alguma vegetação presente nestas (0 a 5) | Barrancos bem definidos, com erosão ativa em menos de 10% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos numerosos e bem definidos, com erosão ativa ao longo de 10 a 15% da sua longitude, ou poucos barrancos bem definidos com erosão ativa em mais de 50% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos profundamente escavados que cobrem a maior parte da área e mais de 50% com erosão ativa (0 a 5) | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 2                                                                                      | 3                                                                                                               | 0                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 5                         |
| Erosão Fluvial                                | Ventos ate 4m/s (0 a 5)                                                                | Ventos acima de 4m/s (0 a 5)                                                                                    | Periodo de Vazante (0 a 5)                                                         | Periodo Intermediario (0 a 5)                                                                                                                                                           | Periodo de Cheia (0 a 5)                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 1                                                                                                               | 5                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 21                        |
| Nível de proteção do solo                     | 20% (25)                                                                               | 40% (20)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (10)                                                                                                                                                                                | 100% (5)                                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          |                                                                                        |                                                                                                                 | 15                                                                                 |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 15                        |
| Percentual de áreas com Declividade acentuada | 20% (5)                                                                                | 40% (10)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (20)                                                                                                                                                                                | 100% (25)                                                                                                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 5                         |
| Total                                         |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 66                        |
| Classe de Erosão                              |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | Moderada                  |



Tabela 28. Classificação da erosão presente no trecho 01.

| Fatores para a classificação de erosão        |                                                                                           |                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              |                           |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Transporte de Sedimentos                      | Sem evidência visual de movimento<br>(0 a 5)                                              | Transporte de sedimentos por ação eólica<br>(0 a 5)                                                                | Transporte de sedimentos por ação pluvial<br>(0 a 5)                                  | Transporte de sedimentos por movimento de massa<br>(0 a 5)                                                                                                                                 | Transporte de Partículas de solo visíveis ao longo do rio<br>(0 a 5)                                         | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                         | 1                                                                                                                  | 4                                                                                     | 4                                                                                                                                                                                          | 5                                                                                                            | 14                        |
| Voçorocamentos                                | Sem evidência de voçoroca<br>(0 a 5)                                                      | Acumulação de partículas às vezes evidente<br>(0 a 5)                                                              | Linhas de fluxo bem definidas, com depósitos intermitentes<br>(0 a 5)                 | Linhas de fluxo com depósitos de limo e areais e leques aluviais<br>(0 a 5)                                                                                                                | Numerosas linhas de fluxo muito latentes. Pode Haver extensas barras de depósitos<br>(0 a 5)                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                         | 0                                                                                                                  | 3                                                                                     | 0                                                                                                                                                                                          | 0                                                                                                            | 3                         |
| Barrancos                                     | Presentes e estabilizados. Vegetação no leito do canal e nas encostas laterais<br>(0 a 5) | Alguns barrancos visíveis, com ligeira erosão do fundo e das encostas. Alguma vegetação presente nestas<br>(0 a 5) | Barrancos bem definidos, com erosão ativa em menos de 10% de sua longitude<br>(0 a 5) | Barrancos numerosos e bem definidos, com erosão ativa ao longo de 10 a 15% da sua longitude, ou poucos barrancos bem definidos com erosão ativa em mais de 50% de sua longitude<br>(0 a 5) | Barrancos profundamente escavados que cobrem a maior parte da área e mais de 50% com erosão ativa<br>(0 a 5) | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 2                                                                                         | 3                                                                                                                  | 3                                                                                     | 0                                                                                                                                                                                          | 0                                                                                                            | 8                         |
| Erosão Fluvial                                | Ventos ate 4m/s<br>(0 a 5)                                                                | Ventos acima de 4m/s<br>(0 a 5)                                                                                    | Periodo de Vazante<br>(0 a 5)                                                         | Periodo Intermediario<br>(0 a 5)                                                                                                                                                           | Periodo de Cheia<br>(0 a 5)                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                         | 1                                                                                                                  | 5                                                                                     | 5                                                                                                                                                                                          | 5                                                                                                            | 21                        |
| Nível de proteção do solo                     | 20%<br>(25)                                                                               | 40%<br>(20)                                                                                                        | 60%<br>(15)                                                                           | 80%<br>(10)                                                                                                                                                                                | 100%<br>(5)                                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                         | 10                                                                                                                 | 0                                                                                     | 0                                                                                                                                                                                          | 0                                                                                                            | 10                        |
| Percentual de áreas com Declividade acentuada | 20%<br>(5)                                                                                | 40%<br>(10)                                                                                                        | 60%<br>(15)                                                                           | 80%<br>(20)                                                                                                                                                                                | 100%<br>(25)                                                                                                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                         | 10                                                                                                                 | 0                                                                                     | 0                                                                                                                                                                                          | 0                                                                                                            | 10                        |
| Total                                         |                                                                                           |                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              | 66                        |
| Classe de Erosão                              |                                                                                           |                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              | Moderada                  |



Tabela 29. Classificação da erosão presente no trecho 02.

| Fatores para a classificação de erosão        |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |                           |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Transporte de Sedimentos                      | Sem evidência visual de movimento (0 a 5)                                              | Transporte de sedimentos por ação eólica (0 a 5)                                                                | Transporte de sedimentos por ação pluvial (0 a 5)                                  | Transporte de sedimentos por movimento de massa (0 a 5)                                                                                                                                 | Transporte de Partículas de solo visíveis ao longo do rio (0 a 5)                                         | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 1                                                                                                               | 2                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 3                                                                                                         | 6                         |
| Voçorocamentos                                | Sem evidência de voçoroca (0 a 5)                                                      | Acumulação de partículas às vezes evidente (0 a 5)                                                              | Linhas de fluxo bem definidas, com depósitos intermitentes (0 a 5)                 | Linhas de fluxo com depósitos de limo e areais e leques aluviais (0 a 5)                                                                                                                | Numerosas linhas de fluxo muito latentes. Pode Haver extensas barras de depósitos (0 a 5)                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 0                                                                                                               | 0                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 5                         |
| Barrancos                                     | Presentes e estabilizados. Vegetação no leito do canal e nas encostas laterais (0 a 5) | Alguns barrancos visíveis, com ligeira erosão do fundo e das encostas. Alguma vegetação presente nestas (0 a 5) | Barrancos bem definidos, com erosão ativa em menos de 10% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos numerosos e bem definidos, com erosão ativa ao longo de 10 a 15% da sua longitude, ou poucos barrancos bem definidos com erosão ativa em mais de 50% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos profundamente escavados que cobrem a maior parte da área e mais de 50% com erosão ativa (0 a 5) | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 0                                                                                                               | 0                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 0                         |
| Erosão Fluvial                                | Ventos ate 4m/s (0 a 5)                                                                | Ventos acima de 4m/s (0 a 5)                                                                                    | Periodo de Vazante (0 a 5)                                                         | Periodo Intermediario (0 a 5)                                                                                                                                                           | Periodo de Cheia (0 a 5)                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 1                                                                                                               | 5                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 21                        |
| Nível de proteção do solo                     | 20% (25)                                                                               | 40% (20)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (10)                                                                                                                                                                                | 100% (5)                                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 0                                                                                                               | 0                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 25                                                                                                        | 25                        |
| Percentual de áreas com Declividade acentuada | 20% (5)                                                                                | 40% (10)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (20)                                                                                                                                                                                | 100% (25)                                                                                                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 10                                                                                                              | 0                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 10                        |
| Total                                         |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 67                        |
| Classe de Erosão                              |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | Moderada                  |





Tabela 30. Classificação da erosão presente no trecho 03.

| Fatores para a classificação de erosão        |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |                           |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Transporte de Sedimentos                      | Sem evidência visual de movimento (0 a 5)                                              | Transporte de sedimentos por ação eólica (0 a 5)                                                                | Transporte de sedimentos por ação pluvial (0 a 5)                                  | Transporte de sedimentos por movimento de massa (0 a 5)                                                                                                                                 | Transporte de Partículas de solo visíveis ao longo do rio (0 a 5)                                         | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 1                                                                                                               | 4                                                                                  | 4                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 14                        |
| Voçorocamentos                                | Sem evidência de voçoroca (0 a 5)                                                      | Acumulação de partículas às vezes evidente (0 a 5)                                                              | Linhas de fluxo bem definidas, com depósitos intermitentes (0 a 5)                 | Linhas de fluxo com depósitos de limo e areais e leques aluviais (0 a 5)                                                                                                                | Numerosas linhas de fluxo muito latentes. Pode Haver extensas barras de depósitos (0 a 5)                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 5                                                                                                               | 3                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 8                         |
| Barrancos                                     | Presentes e estabilizados. Vegetação no leito do canal e nas encostas laterais (0 a 5) | Alguns barrancos visíveis, com ligeira erosão do fundo e das encostas. Alguma vegetação presente nestas (0 a 5) | Barrancos bem definidos, com erosão ativa em menos de 10% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos numerosos e bem definidos, com erosão ativa ao longo de 10 a 15% da sua longitude, ou poucos barrancos bem definidos com erosão ativa em mais de 50% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos profundamente escavados que cobrem a maior parte da área e mais de 50% com erosão ativa (0 a 5) | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 5                                                                                                               | 3                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 13                        |
| Erosão Fluvial                                | Ventos ate 4m/s (0 a 5)                                                                | Ventos acima de 4m/s (0 a 5)                                                                                    | Periodo de Vazante (0 a 5)                                                         | Periodo Intermediario (0 a 5)                                                                                                                                                           | Periodo de Cheia (0 a 5)                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 1                                                                                                               | 5                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 21                        |
| Nível de proteção do solo                     | 20% (25)                                                                               | 40% (20)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (10)                                                                                                                                                                                | 100% (5)                                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 0                                                                                                               | 15                                                                                 | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 15                        |
| Percentual de áreas com Declividade acentuada | 20% (5)                                                                                | 40% (10)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (20)                                                                                                                                                                                | 100% (25)                                                                                                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    | 20                                                                                                                                                                                      |                                                                                                           | 20                        |
| Total                                         |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 91                        |
| Classe de Erosão                              |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | Forte                     |



Tabela 31. Classificação da erosão presente no trecho 04.

| Fatores para a classificação de erosão        |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |                           |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Transporte de Sedimentos                      | Sem evidência visual de movimento (0 a 5)                                              | Transporte de sedimentos por ação eólica (0 a 5)                                                                | Transporte de sedimentos por ação pluvial (0 a 5)                                  | Transporte de sedimentos por movimento de massa (0 a 5)                                                                                                                                 | Transporte de Partículas de solo visíveis ao longo do rio (0 a 5)                                         | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 1                                                                                                               | 1                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                         | 3                         |
| Voçorocamentos                                | Sem evidência de voçoroca (0 a 5)                                                      | Acumulação de partículas às vezes evidente (0 a 5)                                                              | Linhas de fluxo bem definidas, com depósitos intermitentes (0 a 5)                 | Linhas de fluxo com depósitos de limo e areais e leques aluviais (0 a 5)                                                                                                                | Numerosas linhas de fluxo muito latentes. Pode Haver extensas barras de depósitos (0 a 5)                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 1                                                                                                               | 1                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 2                         |
| Barrancos                                     | Presentes e estabilizados. Vegetação no leito do canal e nas encostas laterais (0 a 5) | Alguns barrancos visíveis, com ligeira erosão do fundo e das encostas. Alguma vegetação presente nestas (0 a 5) | Barrancos bem definidos, com erosão ativa em menos de 10% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos numerosos e bem definidos, com erosão ativa ao longo de 10 a 15% da sua longitude, ou poucos barrancos bem definidos com erosão ativa em mais de 50% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos profundamente escavados que cobrem a maior parte da área e mais de 50% com erosão ativa (0 a 5) | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 1                                                                                      | 1                                                                                                               | 1                                                                                  | 0                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 3                         |
| Erosão Fluvial                                | Ventos ate 4m/s (0 a 5)                                                                | Ventos acima de 4m/s (0 a 5)                                                                                    | Periodo de Vazante (0 a 5)                                                         | Periodo Intermediario (0 a 5)                                                                                                                                                           | Periodo de Cheia (0 a 5)                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 1                                                                                      | 1                                                                                                               | 1                                                                                  | 1                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                         | 5                         |
| Nível de proteção do solo                     | 20% (25)                                                                               | 40% (20)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (10)                                                                                                                                                                                | 100% (5)                                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 0                                                                                                               | 0                                                                                  | 10                                                                                                                                                                                      | 0                                                                                                         | 10                        |
| Percentual de áreas com Declividade acentuada | 20% (5)                                                                                | 40% (10)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (20)                                                                                                                                                                                | 100% (25)                                                                                                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 5                         |
| Total                                         |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 28                        |
| Classe de Erosão                              |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | Nula                      |



Tabela 32. Classificação da erosão presente no trecho 05.

| Fatores para a classificação de erosão        |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |                           |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Transporte de Sedimentos                      | Sem evidência visual de movimento (0 a 5)                                              | Transporte de sedimentos por ação eólica (0 a 5)                                                                | Transporte de sedimentos por ação pluvial (0 a 5)                                  | Transporte de sedimentos por movimento de massa (0 a 5)                                                                                                                                 | Transporte de Partículas de solo visíveis ao longo do rio (0 a 5)                                         | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 2                                                                                      | 1                                                                                                               | 3                                                                                  | 1                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                         | 11                        |
| Voçorocamentos                                | Sem evidência de voçoroca (0 a 5)                                                      | Acumulação de partículas às vezes evidente (0 a 5)                                                              | Linhas de fluxo bem definidas, com depósitos intermitentes (0 a 5)                 | Linhas de fluxo com depósitos de limo e areais e leques aluviais (0 a 5)                                                                                                                | Numerosas linhas de fluxo muito latentes. Pode Haver extensas barras de depósitos (0 a 5)                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 0                                                                                      | 2                                                                                                               | 2                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                         | 11                        |
| Barrancos                                     | Presentes e estabilizados. Vegetação no leito do canal e nas encostas laterais (0 a 5) | Alguns barrancos visíveis, com ligeira erosão do fundo e das encostas. Alguma vegetação presente nestas (0 a 5) | Barrancos bem definidos, com erosão ativa em menos de 10% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos numerosos e bem definidos, com erosão ativa ao longo de 10 a 15% da sua longitude, ou poucos barrancos bem definidos com erosão ativa em mais de 50% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos profundamente escavados que cobrem a maior parte da área e mais de 50% com erosão ativa (0 a 5) | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 3                                                                                                               | 3                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 14                        |
| Erosão Fluvial                                | Ventos ate 4m/s (0 a 5)                                                                | Ventos acima de 4m/s (0 a 5)                                                                                    | Periodo de Vazante (0 a 5)                                                         | Periodo Intermediario (0 a 5)                                                                                                                                                           | Periodo de Cheia (0 a 5)                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 1                                                                                                               | 5                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 21                        |
| Nível de proteção do solo                     | 20% (25)                                                                               | 40% (20)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (10)                                                                                                                                                                                | 100% (5)                                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          |                                                                                        |                                                                                                                 | 15                                                                                 |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 15                        |
| Percentual de áreas com Declividade acentuada | 20% (5)                                                                                | 40% (10)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (20)                                                                                                                                                                                | 100% (25)                                                                                                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    | 20                                                                                                                                                                                      |                                                                                                           | 20                        |
| Total                                         |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 92                        |
| Classe de Erosão                              |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | Forte                     |



Tabela 33. Classificação da erosão presente no trecho 06.

| Fatores para a classificação de erosão        |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |                           |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Transporte de Sedimentos                      | Sem evidência visual de movimento (0 a 5)                                              | Transporte de sedimentos por ação eólica (0 a 5)                                                                | Transporte de sedimentos por ação pluvial (0 a 5)                                  | Transporte de sedimentos por movimento de massa (0 a 5)                                                                                                                                 | Transporte de Partículas de solo visíveis ao longo do rio (0 a 5)                                         | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 1                                                                                      | 2                                                                                                               | 4                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 15                        |
| Voçorocamentos                                | Sem evidência de voçoroca (0 a 5)                                                      | Acumulação de partículas às vezes evidente (0 a 5)                                                              | Linhas de fluxo bem definidas, com depósitos intermitentes (0 a 5)                 | Linhas de fluxo com depósitos de limo e areais e leques aluviais (0 a 5)                                                                                                                | Numerosas linhas de fluxo muito latentes. Pode Haver extensas barras de depósitos (0 a 5)                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 2                                                                                      | 5                                                                                                               | 3                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                         | 16                        |
| Barrancos                                     | Presentes e estabilizados. Vegetação no leito do canal e nas encostas laterais (0 a 5) | Alguns barrancos visíveis, com ligeira erosão do fundo e das encostas. Alguma vegetação presente nestas (0 a 5) | Barrancos bem definidos, com erosão ativa em menos de 10% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos numerosos e bem definidos, com erosão ativa ao longo de 10 a 15% da sua longitude, ou poucos barrancos bem definidos com erosão ativa em mais de 50% de sua longitude (0 a 5) | Barrancos profundamente escavados que cobrem a maior parte da área e mais de 50% com erosão ativa (0 a 5) | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 2                                                                                      | 5                                                                                                               | 3                                                                                  | 1                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                         | 11                        |
| Erosão Fluvial                                | Ventos ate 4m/s (0 a 5)                                                                | Ventos acima de 4m/s (0 a 5)                                                                                    | Periodo de Vazante (0 a 5)                                                         | Periodo Intermediario (0 a 5)                                                                                                                                                           | Periodo de Cheia (0 a 5)                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          | 5                                                                                      | 1                                                                                                               | 5                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                       | 5                                                                                                         | 21                        |
| Nível de proteção do solo                     | 20% (25)                                                                               | 40% (20)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (10)                                                                                                                                                                                | 100% (5)                                                                                                  | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          |                                                                                        | 20                                                                                                              |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 20                        |
| Percentual de áreas com Declividade acentuada | 20% (5)                                                                                | 40% (10)                                                                                                        | 60% (15)                                                                           | 80% (20)                                                                                                                                                                                | 100% (25)                                                                                                 | Soma das notas das Linhas |
| NOTA                                          |                                                                                        | 10                                                                                                              |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 10                        |
| Total                                         |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 251                       |
|                                               |                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                           | 93                        |



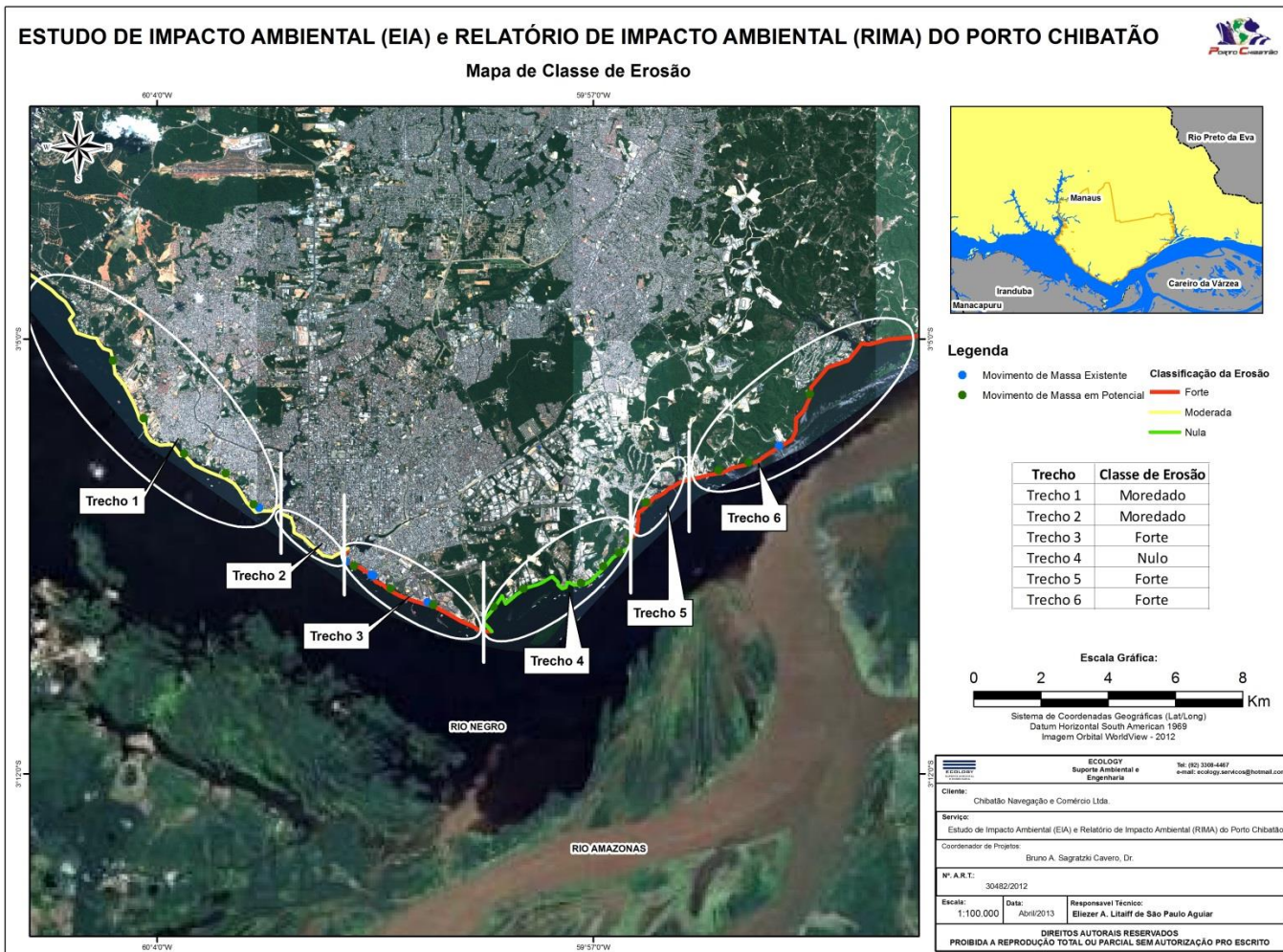


Figura 54. Classes de erosão por trecho na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento



### 2.6.3. Área Diretamente Afetada

A ADA é formada por uma única formação geomorfológica: Falésia do Relevo Dissecado de Topo Tabular.

Este tipo de relevo é caracterizado por apresentar formas geomorfológicas resultantes de processo de dissecção, apresentando elevado índice de concentração de rugosidade e que possuem característica aplainada em seu ponto mais alto (topo, mesa)(Figura 55);

O modelo tridimensional baseado na topografia da Cidade de Manaus demonstra essa situação do relevo local. As superfícies mais altas, em torno de 75 metros, estão representadas pela área do aeroporto de Ponta Pelada. Os perfis topográficos mostram essa situação morfológica do terreno.

O perfil paralelo à margem do rio (Perfil A-B) demonstra que os vales entre as colinas são fechados e situados em níveis topográficos pouco acima do nível do rio principal (Figura 56).

O topo das colinas pode estar desnivelado em dois patamares distintos em 70 metros e 60 metros. A cota de 70 metros representa o topo do relevo local, no entanto, em direção do rio Negro o desnível tende a ser maior, alcançando valores abaixo de 30 metros. No geral, a margem dessa superfície com o rio Negro é abrupta, marcada por cotas entre 50 e 20, o que resulta em desníveis da ordem de 20 a 30 metros. Essa forma de relevo com margem abrupta é denominada de “falésia fluvial” em comparação com as falésias produzidas em margens marinhas.

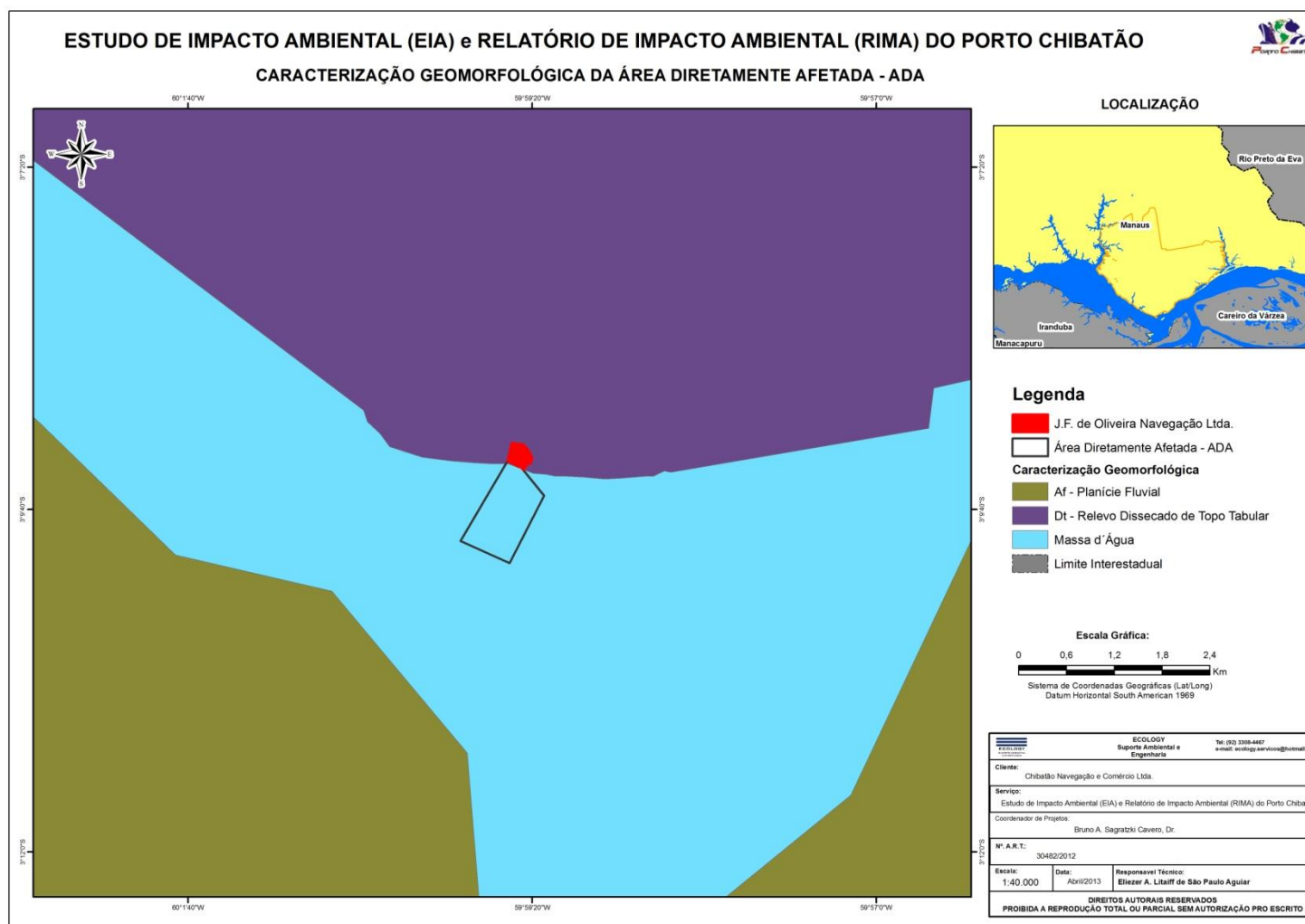


Figura 55. Caracterização geomorfológica da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento

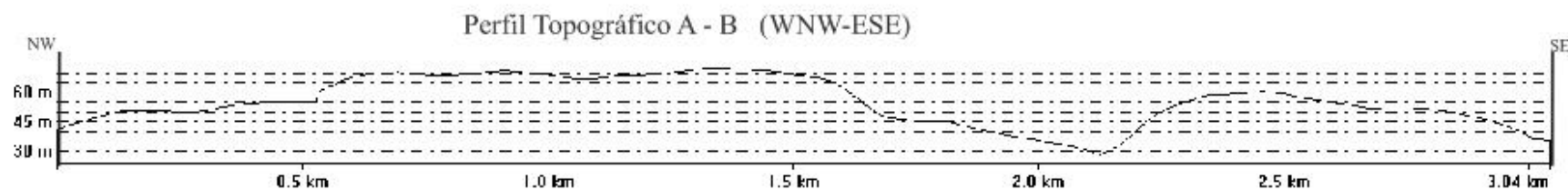


Figura 56. Caracterização topográfica formada por colinas com topo plano, da ordem de 70 a 80 metros, e vales fechados. Em direção ao rio Negro ocorre a ruptura do relevo, formando a forma escarpada denominada de Falésia Fluvial. Imagem do satélite GeoEye



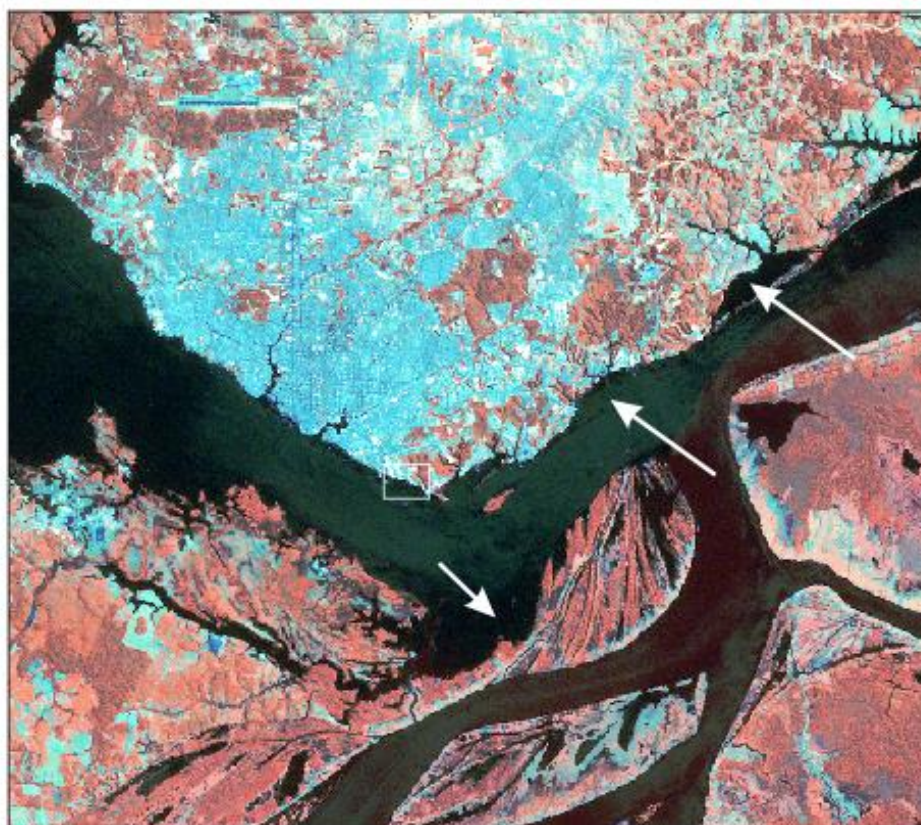


O estudo conduzido por Silva (2005) demonstrou o alinhamento geral da margem esquerda do rio Negro, região onde fica localizada a ADA e por onde fluem os principais igarapés que cortam a cidade. É nesta margem que se desenvolve a erosão fluvial, visto que é nesse caminho que flui o rio Negro. Na margem direita, onde está situada a localidade de Cacau-Pirêra, ocorrem as áreas de deposição de sedimentos finos (argilosos).

Nota-se que toda a margem do rio Negro, nessa região, tem o formato retilíneo conforme a Figura 57A. No entanto, nota-se uma forma em pontão possivelmente de sedimentação recente (argila e/ou silte), a sul sudeste da área de estudo, cuja forma encurvada para nordeste se deve a dinâmica de transporte do rio que flui para aquela direção.

A declividade da área de estudo, elaborado a partir da base de dados cartográficos digitais, para a área urbana de Manaus, na escala 1:10.000, mostra que as maiores declividades estão situadas justamente nessas áreas das falésias fluviais.

Os topos do relevo, em superfície de platôs, possuem curvas mais espaçadas, portanto, menor declividade (Figura 50). Os baixos valores percentuais com até 20 % totalizam quase 95 por cento de toda a área da bacia. As mais baixas declividades correspondem ao vale aberto do igarapé Educandos, o que representam uma área plana dominada pela sedimentação. Os valores mais elevados de declividade compreendem as margens do rio Negro e nos canais menores, cujos valores são superiores a 40 %.



A



B

257

Figura 57 – Morfologia nas margens na cidade de Manaus observadas em imagens Landsat ETM+ (A) e GeoEye-1 (B). Nessas imagens são observadas as áreas de erosão predominante na margem leste da cidade (seta branca). No detalhe da imagem GeoEye-1 nota-se que a sul do Porto Alfandegado a forma em ponta e a enseada estreita e afunilada se devem a erosão do rio Negro





Foto 21. Desbarrancamento natural observado na margem esquerda do rio Negro

258

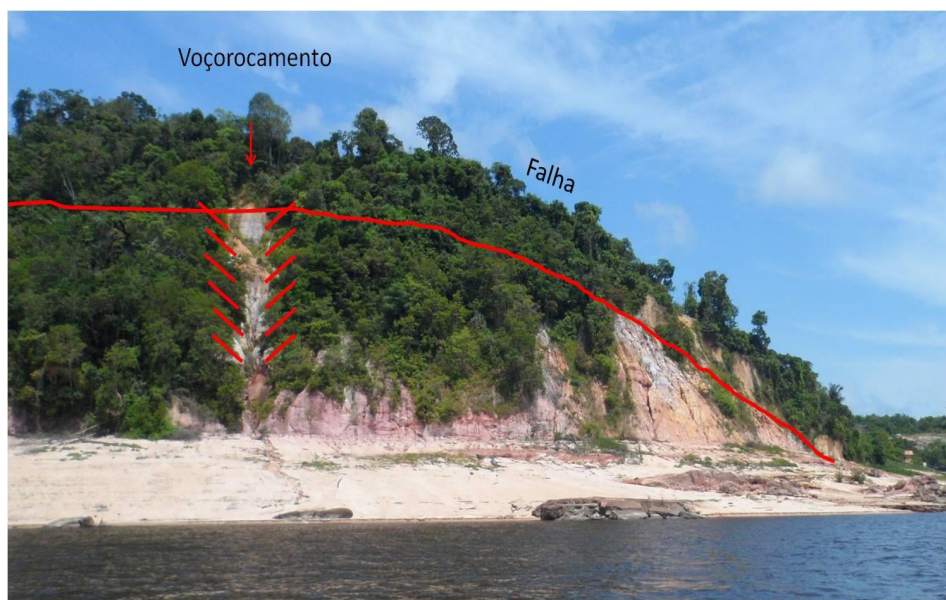


Foto 22. Exemplo de formação de processo erosivo na margem esquerda do rio Negro



Foto 23. (A), (B), (C) (D) área de instalação do Porto Chibatão, com serviço de engenharia para a contenção de encostas





### **2.6.3.1. Processos Erosivos na ADA**

Os processos erosivos podem ser originados a partir de dois fatores: naturais e antrópicos.

A erosão natural é causada por processos fluviométricos e pluviométricos inerentes a qualquer curso d'água, incluindo as Áreas de Influência do empreendimento (AII, AID e ADA). Nessas áreas são observados desbarrancamentos naturais que ocorrem, principalmente, nas margens dos principais rios e igarapés.

Os deslizamentos de terra, erosão e assoreamento resultam na exposição do nível friável da Formação Alter do Chão. Essa exposição também pode ser gerada por ações antrópicas decorrentes da remoção da cobertura vegetal.

O nível arenoso (inconsolidado) quando exposto a erosão pluvial é facilmente removido, causando a formação de sulcos, ravinas e voçorocas. Esse material é conduzido ao vale e, por conseguinte, promove o assoreamento de rios e igarapés.

Desse ponto de vista, devem ser consideradas duas vertentes:

1. Erosão das margens decorrentes de fenômenos naturais.
2. Erosão das margens como consequência de ações antrópicas.

Ações como a construção de drenagem pluvial e a confecção de taludes e obras de contenção, utilizando-se de blocos de rochas e ou concreto amarrado, muro de arrimo, muro de gabião, etc. são utilizados para resolver o problema de processos erosivos na região.

Na Área Diretamente Afetada (ADA) existem áreas de encostas com relevos favoráveis a erosão pluvial cujo processo erosivo foi mitigado através da instalação de drenagem pluvial e contenção de encostas por concreto armado com cobertura de taludes (Foto 23).

Esses processos erosivos ocorrem também em outras áreas marginais do Rio Negro, sendo, portanto, um problema natural/geomorfológico inerente à área.

#### **2.6.3.1.1. Caracterização da dinâmica do relevo provocada pelo empreendimento**

Áreas de ocorrência de transporte de sedimentos no Rio Negro

- Transporte de Sedimentos Promovidos pela ação Fluvial



Foto 24. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da REMAN.

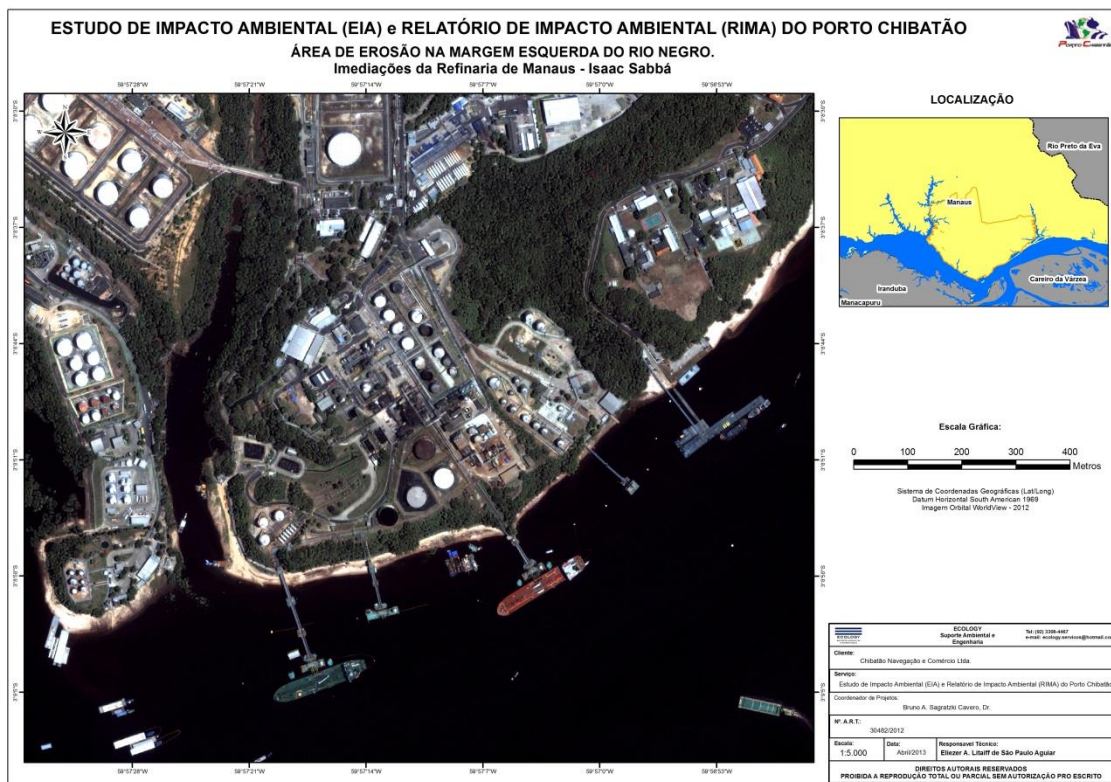


Figura 58. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da REMAN.





Foto 25. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da UTE Mauá.

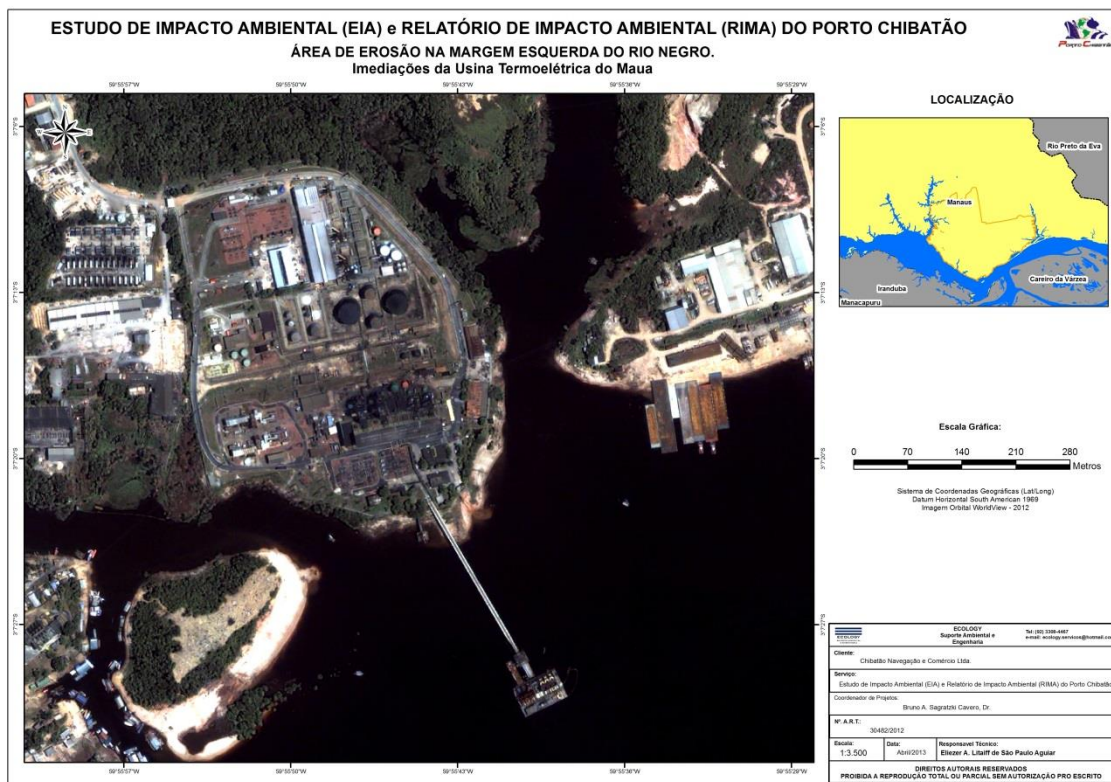




Foto 26. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte do São Raimundo-Aparecida.



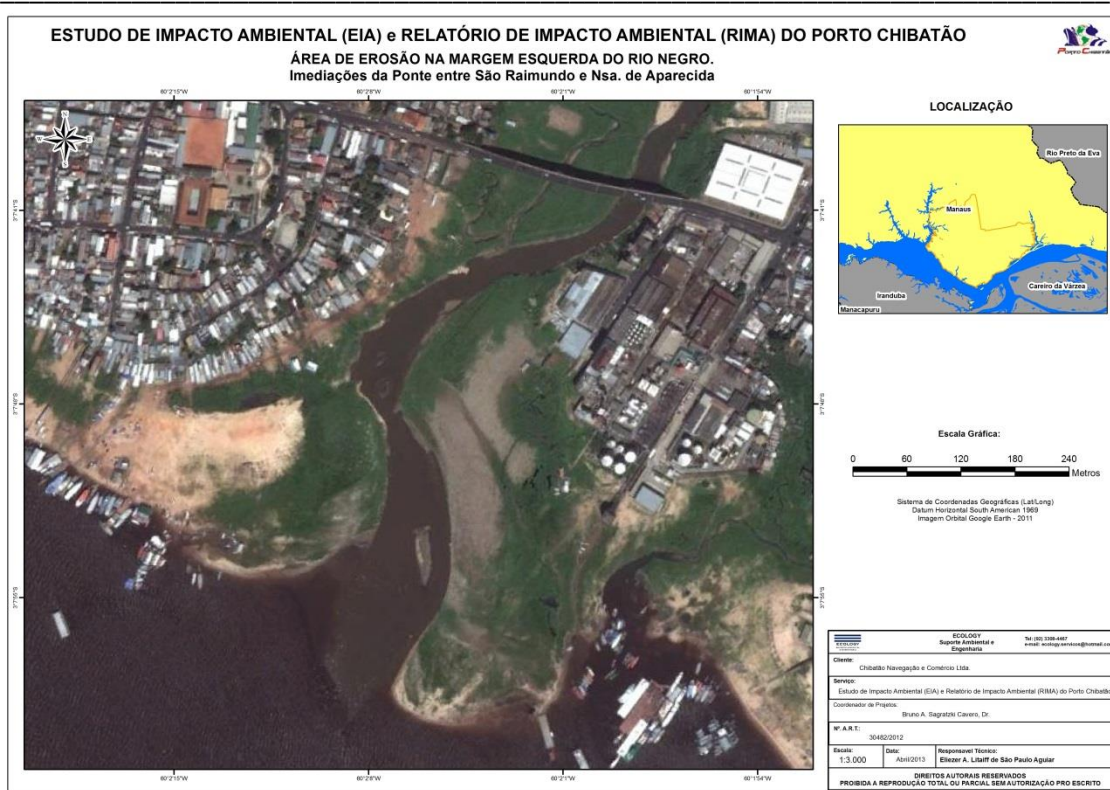


Figura 60. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte do São Raimundo-Aparecida.

264



Foto 27. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte Centro-Educandos.

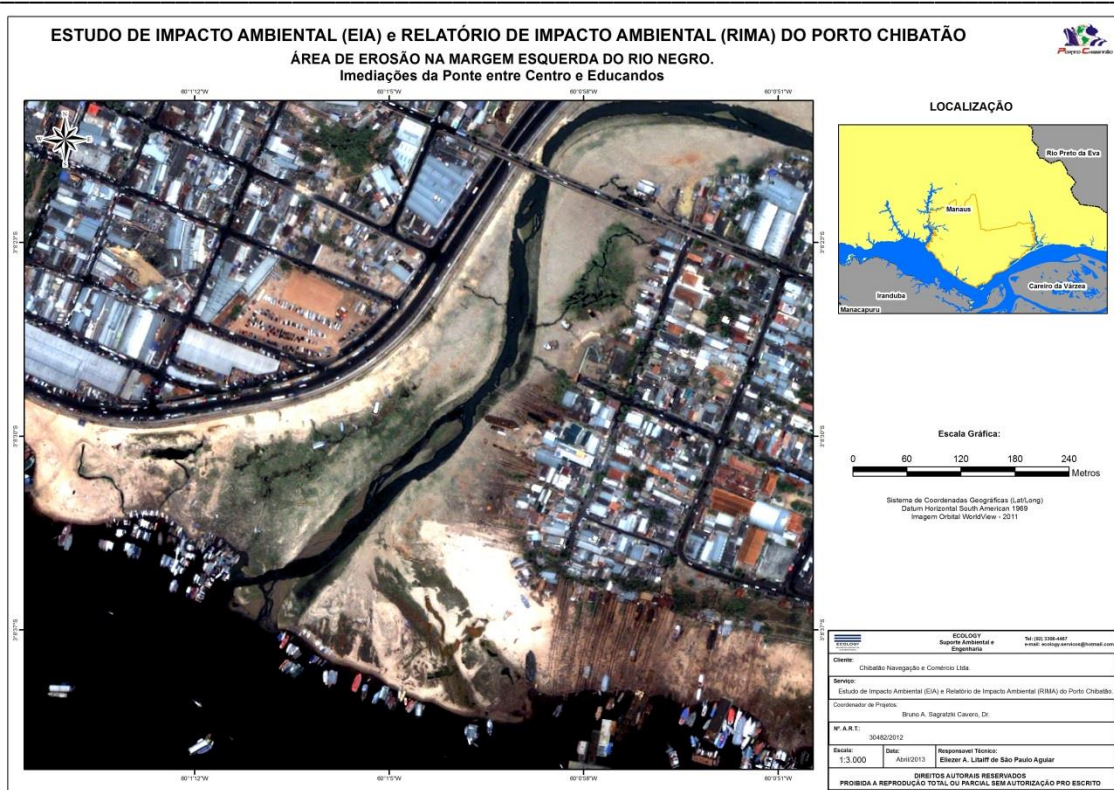


Figura 61. Erosão fluvial na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ponte Centro-Educandos.

- Áreas de Sedimentação/Assoreamento





Foto 28. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Porto da Aeronáutica.



Foto 29. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Porto da Aeronáutica e Ilha do Marapatá.



Foto 30. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ilha do Marapatá.



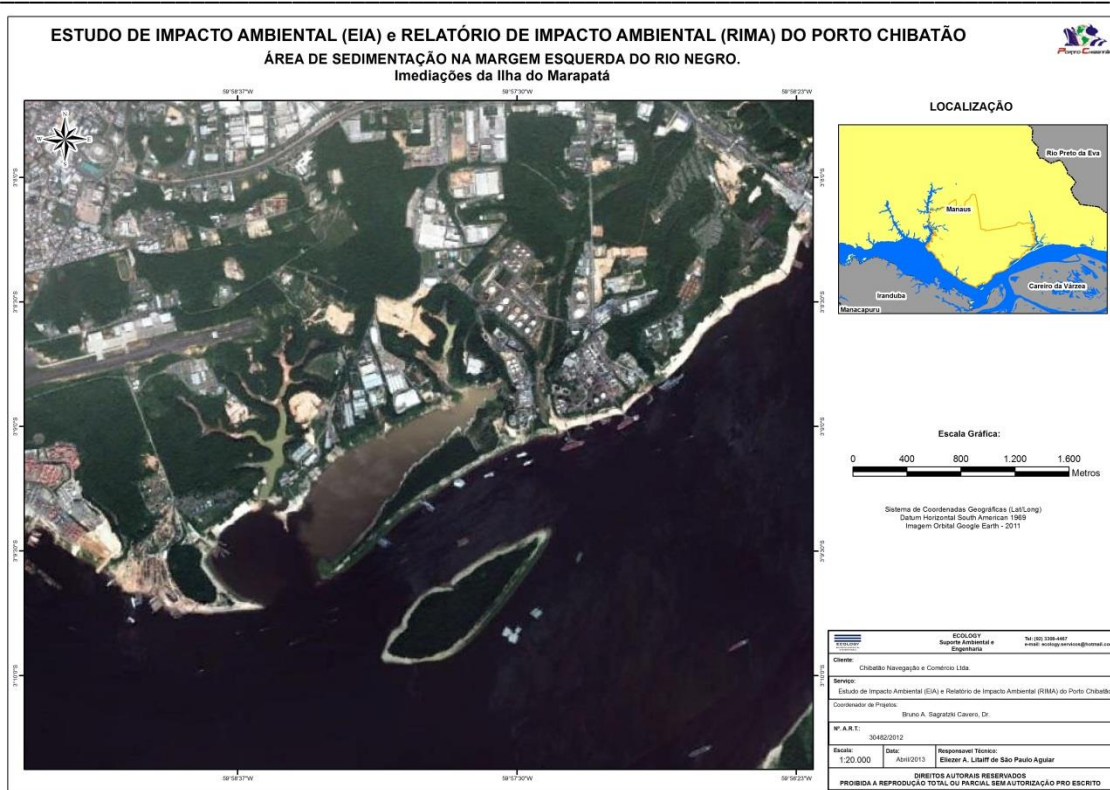


Figura 62. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações da Ilha do Marapatá.



Foto 31. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Encontro das Águas.



Foto 32. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Encontro das Águas.

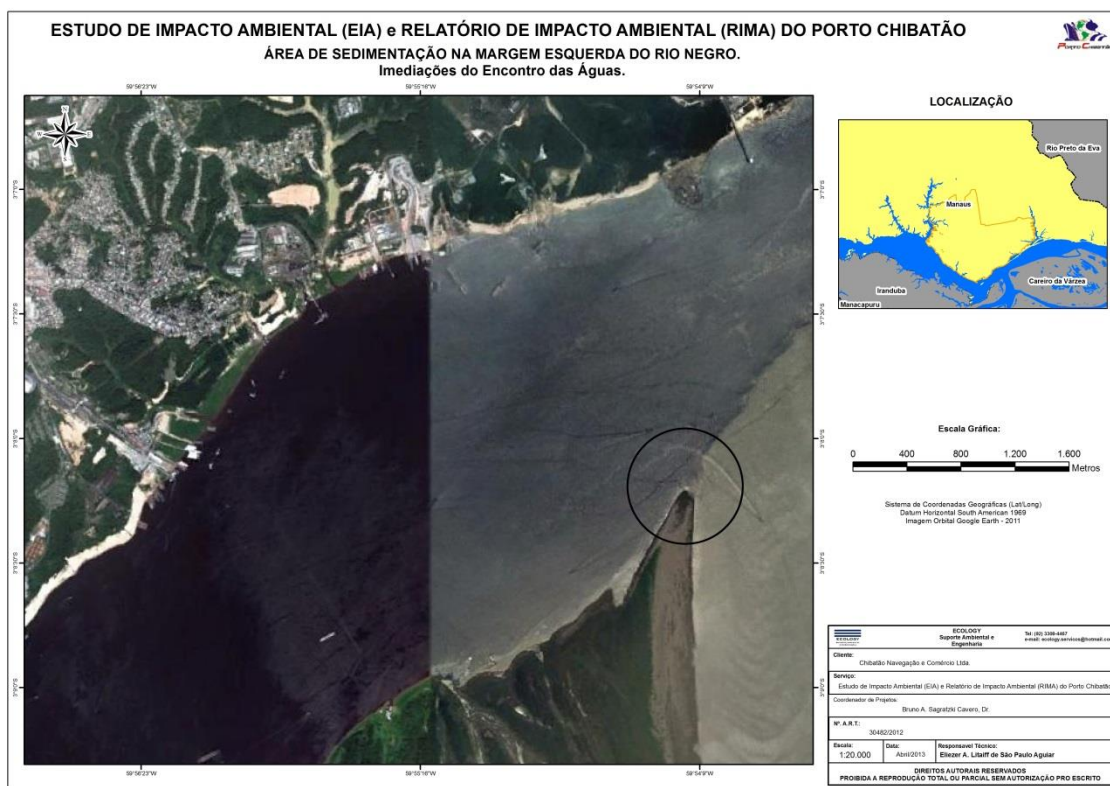


Figura 63. Área de sedimentação na margem esquerda do Rio Negro. Imediações do Encontro das Águas.

#### 2.6.3.1.2. Áreas sujeitas à inundação

As áreas sujeitas à inundação da AID e ADA estão representadas nas Figuras 64 e 65.



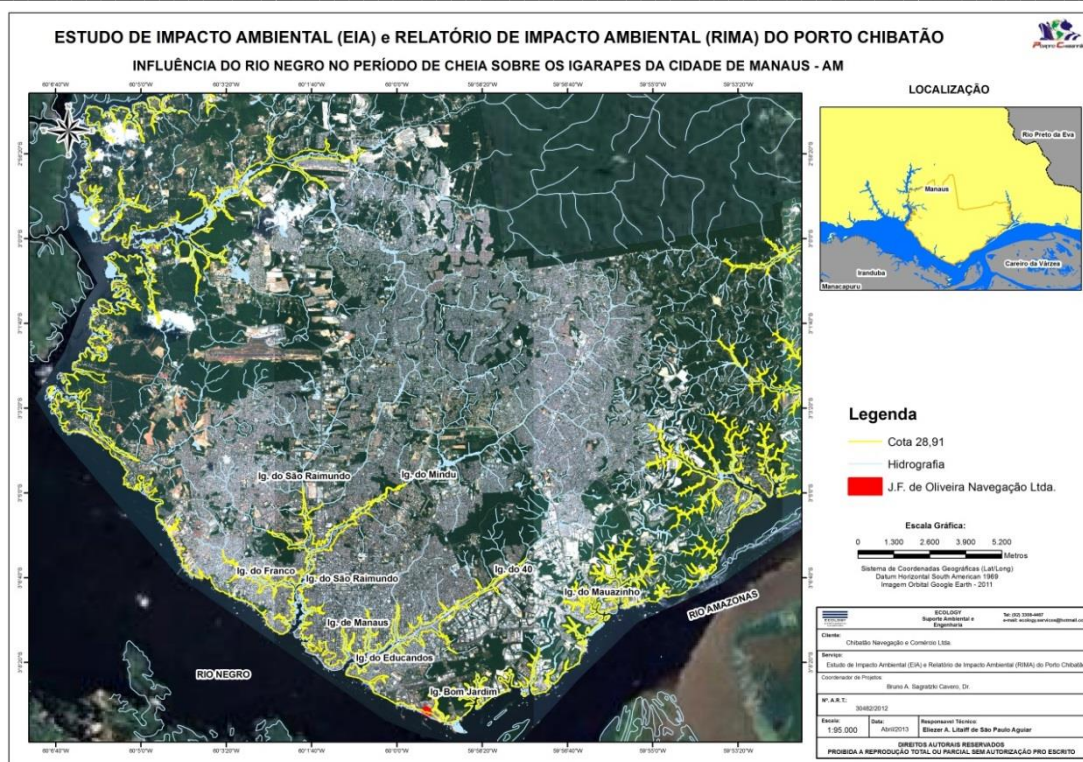


Figura 64. Influência do rio Negro no período de cheia sobre os igarapés de Manaus

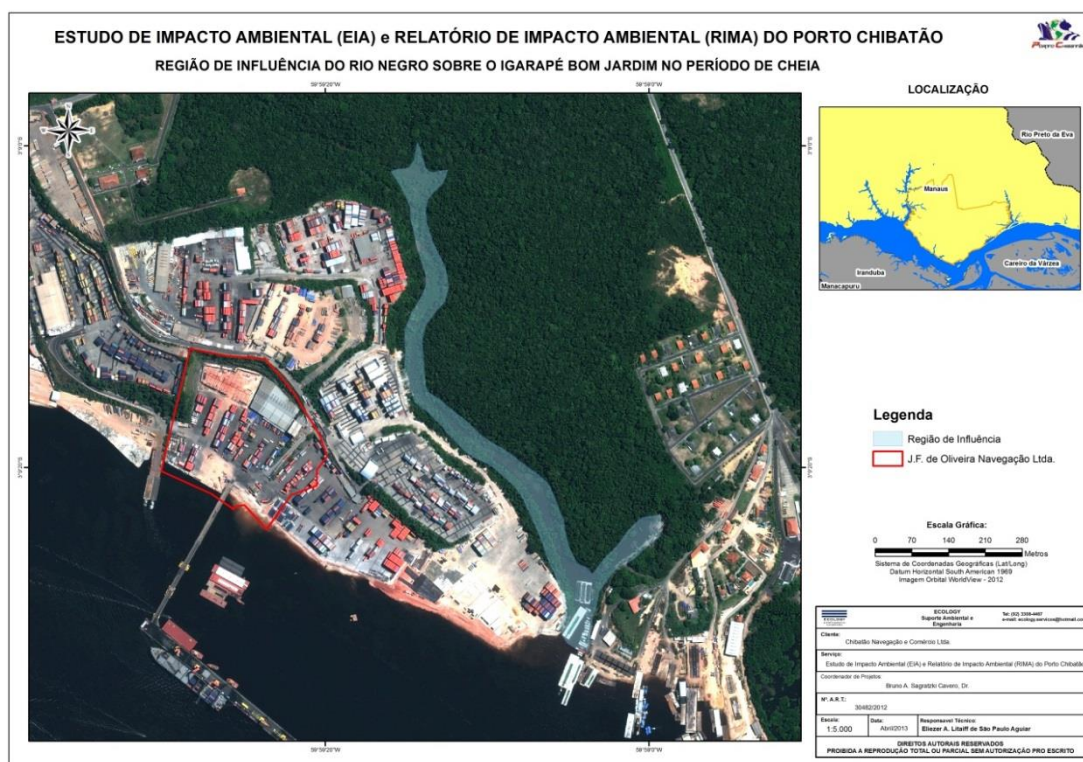


Figura 65. Influência do rio Negro sobre o igarapé Bom Jardim





## 2.7. Considerações Finais

A Área de Influência Indireta (AII) do Empreendimento está localizada entre duas Bacias Sedimentares Inferiores: Bacia do Solimões e Bacia do Amazonas;

Além da Formação Alter do Chão, predominante, pode ser encontrado na AII outras formações geológicas como a Formação Solimões, Complexo Guianense e Grupo Geológico Trombetas;

A AID e a ADA possuem sedimentos e rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, que representa a Sequência Cretáceo-Paleógeno, de ambiente fluvial, da Bacia Sedimentar do Amazonas;

Os sedimentos da Formação Alter do Chão são observados nas encostas naturais de porções de solo com relevo alto existente nas margens do rio Negro, nos quais aflora o solo argilo-arenoso amarelado do perfil latossólico;

A área do Porto Chibatão situa-se no limite entre os sedimentos da Formação Alter do Chão com os sedimentos quaternários do rio Negro;

Em porções da área com altitudes inferiores a 25m que abrangem os vales dos rios Amazonas, Negro, Cuieiras, Tarumã Açu, Tarumã Mirim, Puraquequara e Preto da Eva, ocorrem feições morfológicas de barras de canais e planícies de inundação de grandes extensões;

O intervalo altimétrico entre 25 e 65m, que coincidem com vales e planícies de tributários dos rios Negro e Amazonas, é constituído por terraços fluviais e terraços erosivos;

A faixa altimétrica entre 65 e 90m abrange as vertentes dos interflúvios tabulares estreitos e com elevado grau de dissecação;

A distribuição espacial dos canais de drenagem mostra uma tendência de dois fluxos radiais para o sul: o primeiro com direção de drenagem para o Rio Negro e o segundo com direção de drenagem para o Rio Amazonas. A região central dessa distribuição localiza-se na região norte da AID;

Na ADA não existe corpo hídrico de drenagem;

A ADA e AID do empreendimento estão localizadas sobre o Domínio Morfoestrutural de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas;

A Região Morfoestrutural na qual estão inseridas a ADA e AID é representada pelo Domínio Morfoclimático Amazônico, caracterizado por terras baixas florestadas equatoriais, sendo predominante a Unidade Geomorfológica do Planalto Uatumã-Jari;



Os tipos de relevo que predominam na área de influência do empreendimento são: Relevo Dissecado de Topo Tabular e Relevo Dissecado de Topo Convexo;

De acordo com a classificação para o risco geológico-geotécnico, a área diretamente afetada pelo empreendimento se encontra em risco moderado, assim como a maioria da orla da margem esquerda do rio Negro;

A margem esquerda do rio Negro apresenta solos Neofúlvicos Alúvios Quaternários, sendo a declividade do terreno fator preponderante para o risco geológico-geotécnico;

Alterações geológicas são resultados de ações de intemperismo químico ou físico que independe de ações ocasionadas pela operacionalização do Complexo Portuário;

Foram identificadas a predominância de dois tipos de solos na margem esquerda do rio Negro: latossolo argilo-arenoso amarelo e crosta laterítica;

Os sedimentos aluviais quaternários ficam expostos somente nas épocas de vazante e seca do rio, aflorando como praias e áreas alagadas com pouca extensão areal;

As áreas declivosas da orla da AID apresentam como característica principal a presença de falésia fluvial com declividade entre 27° e 59°;

Foram identificadas 18 áreas na AID que apresentam locais com declividade acentuada na orla da margem esquerda do rio Negro;

Os processos geomorfológicos existentes na AID são de natureza antrópica (remoção da cobertura vegetal e ocupação de áreas declivosas marginais) e natural (erosão fluvial, pluvial e eólica, erosão provocada por falhas geológicas e por movimentos de massa);

De acordo com a classificação aplicada aos processos erosivos, predomina grau de erosão moderada em toda a orla da margem esquerda, incluindo a área diretamente afetada pelo empreendimento;

O grande agente erosivo da orla do rio Negro é o fator pluviométrico agravado pelo ciclo hidrológico com elevadas amplitudes do rio Negro;

Esse tipo de erosão tem sido mitigado com uso de ferramentas de engenharia civil, como a construção de muros e obras de contenção com rochas e concreto armado;

A dinâmica do relevo do rio Negro demonstra que processos erosivos fazem parte da história geomorfológica das áreas de influência do empreendimento;

Essa sedimentação verificada nas margens do rio Negro se intensifica durante o período de vazante, uma vez que a ausência da força resultante da massa do rio sobre as



falésias fluviais auxilia no processo de movimento de massa natural provocado por outras resultantes de natureza física, como a gravidade;

### 3. Hidrologia

#### 3.1 Caracterização Hidrológica Regional

##### 3.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Negro

A bacia hidrográfica do Rio Negro abrange uma superfície de 696.810 Km<sup>2</sup>, dos quais 82% pertencem ao Brasil, 10% à Colômbia, 6% à Venezuela e 2% à Guiana. Dentre os tipos de água existentes na Amazônia, o rio Negro pertence ao grupo que apresenta coloração escura, apresentando transparência aproximada de 1,30 a 2,30 m, valores de pH entre 3,8 e 4,9 e condutividade até 8 µS/cm (Junk 1983). Essa elevada acidez se deve a grande presença de substâncias orgânicas dissolvidas, oriundas da drenagem de solos, em sua maioria, arenosos cobertos por vegetação conhecida como campina, campinarana ou caatingas amazônicas.

Os valores de vazão obtidos fazem parte do Relatório Campanha Amazonas do Programa Hibam, em cooperação com a Agência Nacional de Águas. A vazão média obtida para as transversais estudadas foi de 43.840 m<sup>3</sup>/s e a velocidade de corrente para a margem esquerda foi de 0,16 m/s (Hibam, 2003).

274

A flutuação anual do Rio Negro, ou seja, a variação entre o nível de água mais baixo e o mais alto durante o período de um ano, é de 9 a 12 metros. Perto da confluência com o Solimões-Amazonas, na foz do Rio Negro, a média de flutuação anual nos últimos 90 anos tem sido de 9,8 metros; os níveis superiores são observados em geral nos meses de junho e julho. O rio Negro, diferentemente do Amazonas, é relativamente canalizado e tem poucos meandros no percurso. A velocidade da corrente de água na altura de Manaus é de aproximadamente 1 metro por segundo, o que corresponde a 3,6 quilômetros por hora.

Na bacia do rio Negro, 86% da cobertura vegetal são do tipo de floresta tropical ombrófila densa. Devido à sua regularidade, a vegetação que se estabeleceu nessas áreas adaptou-se a este processo e ocupa as áreas conforme a duração de alagamento. As áreas mais baixas, que passam mais tempo alagadas, são geralmente ocupadas por gramíneas e vegetações de pequeno porte, e as áreas mais altas, que passam menos dias por ano alagadas, são ocupadas por vegetação arbórea (Ayres, 1993).

O relevo da região é, predominantemente, plano e regular, apresentando menores taxas de erosão. Por causa dos elevados índices pluviométricos, as chuvas constantes

removem do solo as partículas mais finas (argilas) juntamente com o material orgânico e formam solos arenosos, chamados podzóis. A este processo se dá o nome de podzolização

Qualquer atividade humana que altere os fatores básicos que determinam o balanço hídrico acaba por influir na disponibilidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. No Brasil, existem casos em que o antropismo aumenta a oferta hídrica através da construção de açudes que aumentam o tempo de residência das águas.

Para entender melhor o funcionamento de uma bacia hidrográfica é necessário que se conheça, além das variáveis discriminadas acima, o ciclo hidrológico apresentado na área de estudo. A caracterização do ciclo servirá de embasamento para a determinação das máximas e mínimas cotas históricas e das oscilações naturais do nível das águas do rio Negro durante o ano.

### 3.1.2. Principais Afluentes do Rio Negro

Os principais afluentes do Rio Negro estão apresentados na Figura 66 e discriminados na Tabela 34.

Tabela 34. Principais afluentes do Rio Negro

| MARGEM DIREITA  |                 |              | MARGEM ESQUERDA |                 |              |
|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Nome do Rio     | Número de Ordem | Extensão (m) | Nome do Rio     | Número de Ordem | Extensão (m) |
| Rio Içana       | 2               | 718.735,67   | Rio Demini      | 7               | 1.470.130,28 |
| Rio Marié       | 6               | 1.198.635,42 | Rio Paduari     | 5               | 652.916,51   |
| Rio Uneiuxi     | 7               | 822.889,38   | Rio Aracá       | 6               | 643.156,54   |
| Rio Curicuriari | 5               | 430.290,16   | Rio Cauaburi    | 2               | 192.795,35   |
| Rio Cuiuni      | 9               | 1.185.795,47 | Rio Maraujá     | 3               | 153.689,15   |
| Rio Unini       | 10              | 1.835.604,99 | Rio Preto       | 4               | 375.929,98   |
| Rio Carabinani  | 12              | 300.749,41   | Rio Jauaperi    | 9               | 866.474,71   |
| Rio Jaú         | 11              | 446.095,64   | Rio Jufari      | 8               | 113.509,43   |
| Rio Puduari     | 13              | 214.000,10   | Rio Camanaú     | 10              | 446.258,38   |
| Rio Urubaxi     | 8               | 503.461,10   | Rio Apuaú       | 11              | 474.306,92   |
| Rio Piraiauara  | 3               | 195.338,53   | Rio Cuieiras    | 12              | 285.980,99   |
| Rio Uauapés     | 4               | 477.733,13   |                 |                 |              |



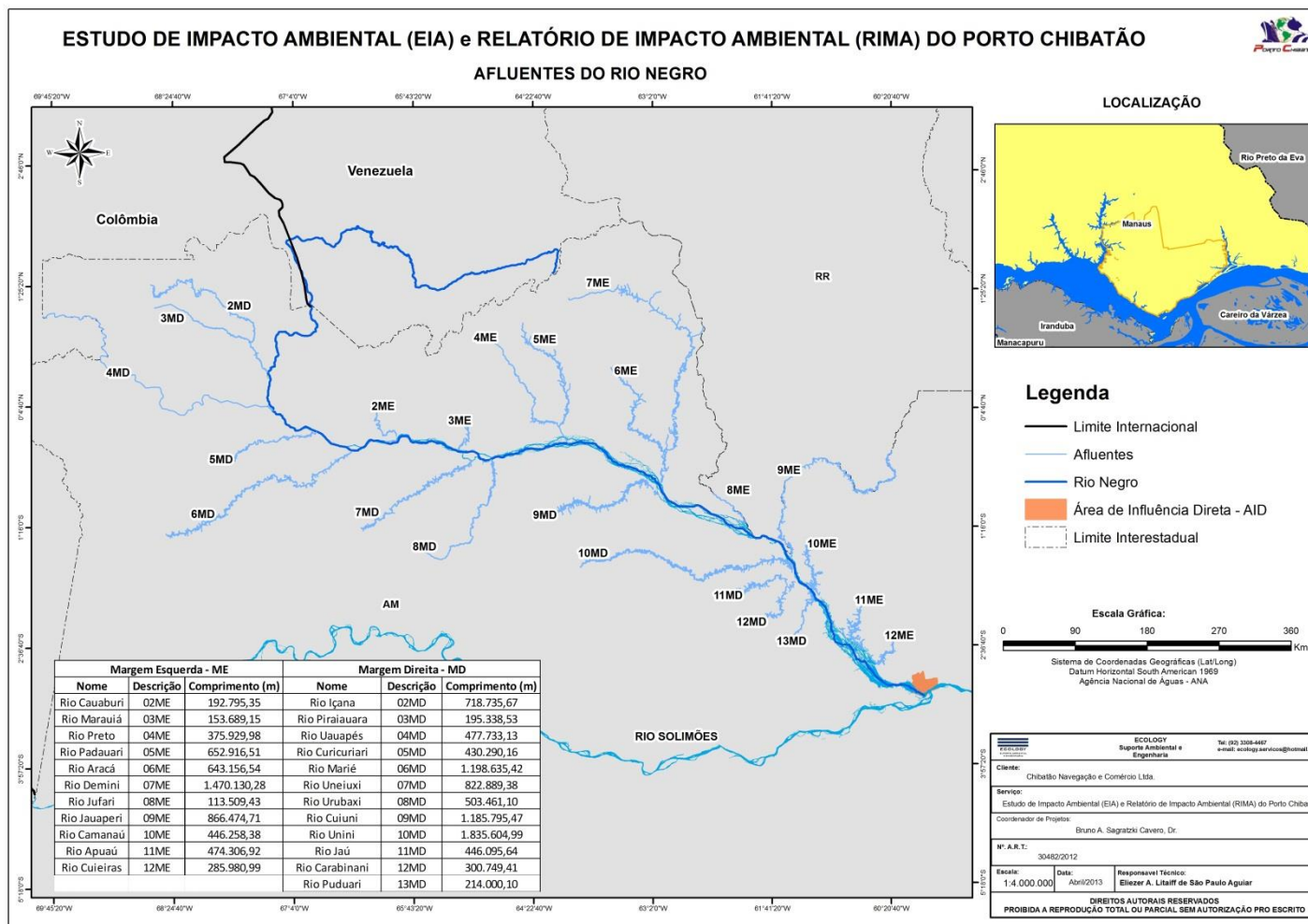


Figura 66. Principais afluentes do Rio Negro



### 3.1.3. Ciclo Hidrológico do Rio Negro

O ciclo hidrológico dos rios é influenciado diretamente pela quantidade de chuva que atinge a sua bacia.

Em relação à precipitação pluviométrica a Amazônia é o domínio climático mais chuvoso do continente americano, e possui a média das chuvas ultrapassando os 2.750mm, sendo estas torrenciais e dispersas ao longo do ano, conseqüentemente chove mais num determinado lugar que em outro.

A cidade de Manaus esta situada na margem esquerda do rio Negro, altura da confluência com o rio Amazonas, sendo este o principal afluente da margem esquerda, tendo na região de Manaus o predomínio do padrão de drenagem subdendrítico com fluxo multidirecional (Fernandes, 2000).

Apesar da estabilidade térmica anual, os ambientes aquáticos tropicais apresentam ciclos sazonais que interferem na hidrologia local. Os fatores determinantes dos ciclos anuais na Amazônia são os ventos e as precipitações. A umidade relativa, componente importante para a determinação do ciclo hidrológico, permanece alta durante todo o ano, em média 76% em setembro, quando o nível das precipitações é baixo (inferior a 100mm) e 87% em abril, período mais intenso de precipitações, acima de 250mm (Irion et al. 1997). A principal consequência das precipitações e da umidade relativa é a oscilação da vazão e, conseqüentemente, do nível do rio em uma escala raramente observada fora dos trópicos.

Nos períodos de maior vazão, os rios transbordam o seu leito e alagam as áreas marginais, provocando a expansão dos ambientes aquáticos. A oscilação do nível do rio Negro apresenta um ciclo uni modal anual, com um período regular de águas altas e outro de águas baixas.

O acompanhamento das séries históricas indica a existência de cheias acima da média convencional a cada dez (10) anos coincidindo com efeito La Niña no Pacífico Sul. Entretanto nos últimos quatro anos este fenômeno não apresentou esse padrão tendo picos de cheias acima do esperado em 2010 e 2012. Segundo a CPRM em 2013, espera-se uma cheia de aproximadamente 29,45m (NM). Essas variações no padrão do ciclo hidrológico dos rios da Amazônia são atribuídas a ações de antropização de grandes áreas cujo efeito reflete em mudanças climáticas globais.



### 3.1.3.1. Regime de Cheias e Vazantes

Nos últimos trinta anos a maior enchente no Rio Negro atingiu a cota de 29,97m de altitude (NM) no ano de 2012. A maior vazante registrada foi de 13,63 em 2010. A amplitude de variação entre a enchente e vazante foi de  $10,77 \pm 215\text{m}$ . A série histórica das enchentes e vazantes e nos últimos trinta (30) anos é apresentada na Tabela 35 e Figuras 67, 68 e 69. A variação e amplitudes de variação entre a enchente e a vazante do Rio Negro estão relacionadas na Tabela 36.

Tabela 35. Série histórica das enchentes e vazantes do Rio Negro nos últimos trinta anos. Fonte: Hidroweb. Estação Fluviométrica de Manaus, AM. Código: 19440000

| Data       | Enchente Máxima (cm) | Vazante Mínima (cm) | Variação do ano |
|------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| 01/05/2012 | 2997                 | 1615                | 1382            |
| 01/07/2009 | 2977                 | 1597                | 1380            |
| 01/06/1989 | 2940                 | 1955                | 985             |
| 01/06/1999 | 2930                 | 1695                | 1235            |
| 01/06/1994 | 2905                 | 1906                | 999             |
| 01/06/1997 | 2896                 | 1434                | 1462            |
| 01/06/2002 | 2891                 | 1719                | 1172            |
| 01/06/2006 | 2884                 | 1689                | 1195            |
| 01/06/1993 | 2876                 | 1947                | 929             |
| 01/07/2000 | 2869                 | 1857                | 1012            |
| 01/06/2011 | 2862                 | 1676                | 1186            |
| 01/06/2008 | 2862                 | 1843                | 1019            |
| 01/06/1996 | 2854                 | 1914                | 940             |
| 01/07/2003 | 2827                 | 1901                | 926             |
| 01/06/1990 | 2823                 | 1632                | 1191            |
| 01/06/2001 | 2821                 | 1681                | 1140            |
| 01/06/2007 | 2818                 | 1774                | 1044            |
| 01/07/1986 | 2814                 | 2140                | 674             |
| 01/06/2005 | 2810                 | 1475                | 1335            |
| 01/07/1991 | 2806                 | 1607                | 1199            |
| 01/06/1984 | 2803                 | 1958                | 845             |
| 01/06/2010 | 2796                 | 1363                | 1433            |
| 01/06/1987 | 2791                 | 1799                | 992             |
| 01/06/1988 | 2778                 | 1782                | 996             |
| 01/07/1998 | 2758                 | 1503                | 1255            |
| 01/07/1995 | 2716                 | 1506                | 1210            |
| 01/06/2004 | 2713                 | 1923                | 790             |
| 01/06/1983 | 2652                 | 1708                | 944             |
| 01/07/1985 | 2627                 | 1974                | 653             |
| 01/05/1992 | 2542                 | 1756                | 786             |

Tabela 36. Variação média entre a enchente e vazante do Rio Negro nos últimos trinta (30) anos. Fonte: Hidroweb. Estação Fluviométrica de Manaus, AM. Código: 19440000

|                | Média das enchentes | Média das Vazantes | Variação média |
|----------------|---------------------|--------------------|----------------|
| <b>Média</b>   | 2821,27             | 1744,30            | 1076,97        |
| <b>Desvios</b> | 99,57               | 185,23             | 215,65         |

Como é possível observar na Figura 67, os picos máximos das cheias ocorrem predominantemente no mês de junho (75,45%) (Figura 68 e 69). Ainda, nas Figuras 69 e 70, as series históricas mostram que as cheias e vazantes apresentam picos dentro das variações previstas: cheias de  $28,21 \pm 0,99\text{m}$  e vazantes de  $17,44 \pm 1,85\text{m}$ .

**Curvas envoltórias das cotas diárias observadas em Manaus – 14990000**

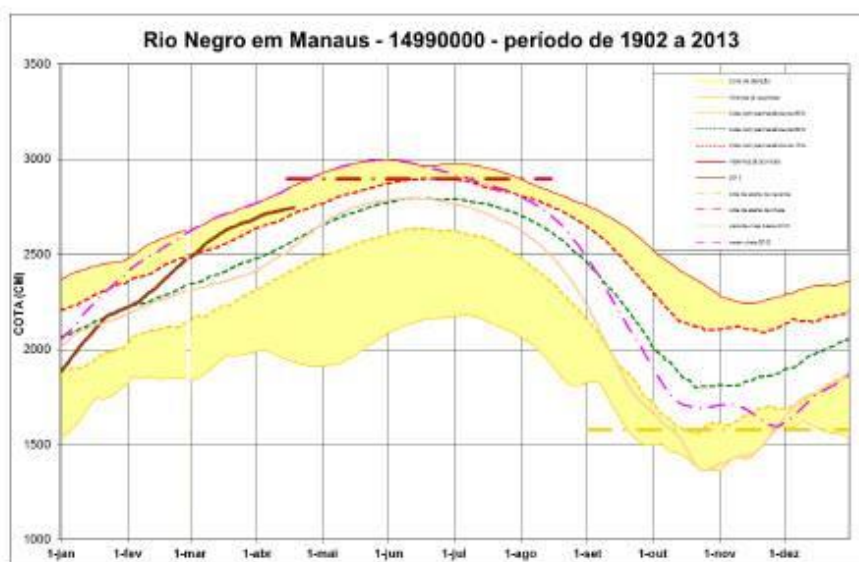
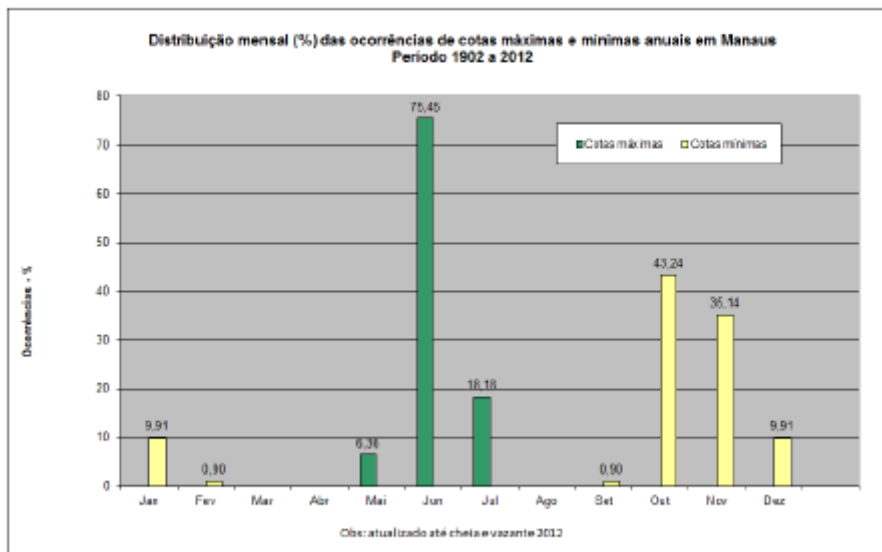


Gráfico 01: Cotograma do Rio Negro em Manaus.  
Cota em 18/04/2013: 27,46 m

Figura 67. Curvas das cotas diárias observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 14990000)

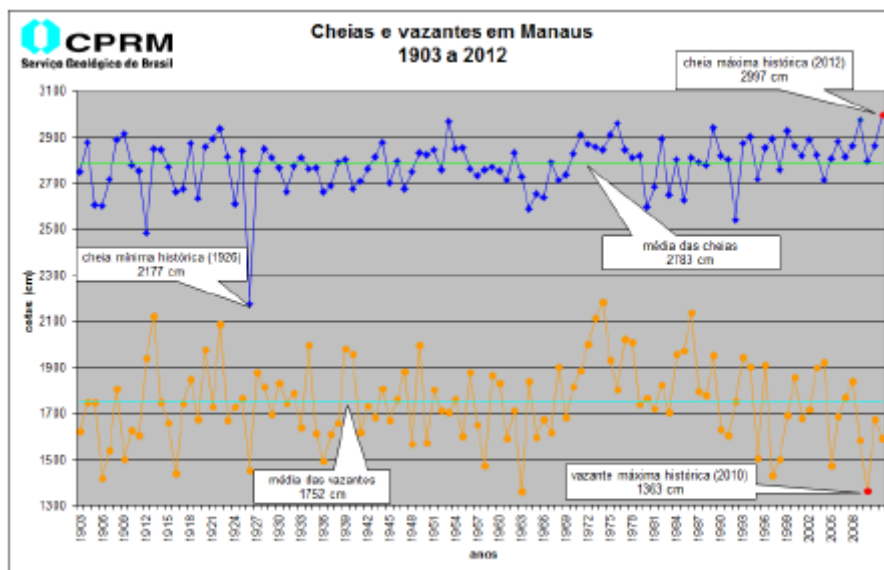


### Características das cheias e vazantes em Manaus – 14990000



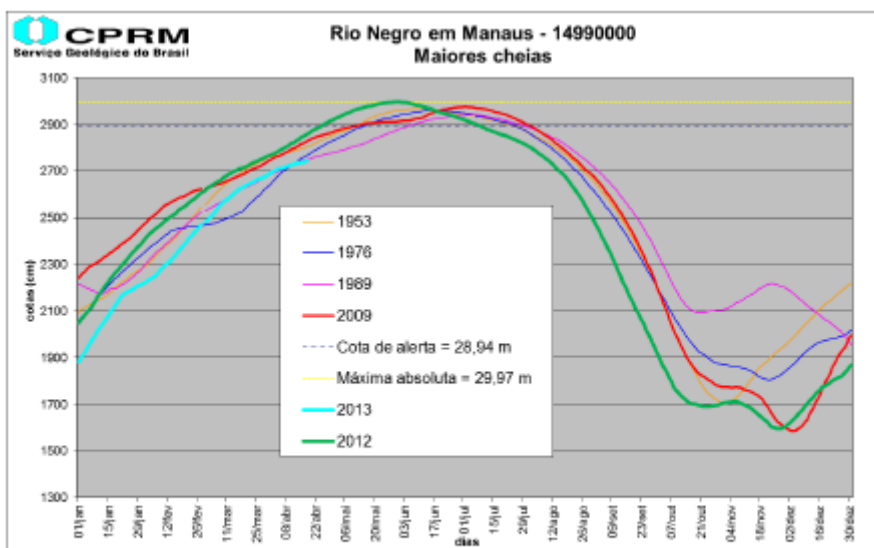
**Gráfico 02:** Distribuição histórica (%) de cotas máximas e mínimas (atualizado até 2012).

Figura 68. Distribuição histórica das cotas máximas e mínimas observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 14990000)



**Gráfico 03:** Cotograma com as cheias e vazantes observadas em Manaus no período 1903-2012 (atualizado até 2012).

Figura 69. Série histórica (Cotograma) das cheias e vazantes do Rio Negro observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 14990000)



**Gráfico 04:** Cotograma das maiores cheias observadas em Manaus no período 1903-2012 comparadas com o ano 2013.

Figura 70. Série histórica (Cotograma) das maiores cheias Rio Negro observadas na estação fluviométrica de Manaus (Código 1499000)

### 3.1.4. Aspectos Fluviométricos

#### 3.1.4.1. Vazão

O Rio Negro apresenta variação de vazão entre  $28.000 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $63.610 \text{ m}^3/\text{s}$  nas proximidades da cidade de Manaus. Estes valores podem apresentar variações de acordo com o período do ano e da precipitação.

#### 3.1.4.2. Velocidade

A velocidade da água do Rio Negro é variável podendo apresentar áreas com remansos com pouca movimentação de água e outras onde as mesmas apresentam correntezas maiores. As velocidades medidas ao longo deste estudo oscilaram entre de  $0,0$  a  $3,9 \text{ km/h}$  (Tabela 37 e 38; Figura 71 e Figura 72) seguindo padrão de incremento de velocidade para grandes rios em relação proporcional a distância das margens e a profundidade.

As medições de velocidade as mesmas estão dentro do previsto para o Rio Negro.



Foto 33. Embarcação utilizada para o levantamento hidrológico e batimétrico na AID e ADA do empreendimento no Rio Negro



Foto 34. Contador digital de velocidade de água e Ecobatímetro Georreferenciado. Equipamentos utilizados para o levantamento de dados hidrológicos e batimétricos da ADA e AID do empreendimento no Rio Negro



Foto 35. Medição ao longo do levantamento hidrológico da ADA e AID do empreendimento no Rio Negro



Foto 36. Medição de velocidade do Rio Negro com molinete fluviométrico acoplado a contador digital de velocidade





Tabela 37. Velocidade da água do Rio Negro, nas proximidades de Manaus, medida com molinete fluviométrico

| Marca | Datum: SIRGAS 2000 |                 | Rotações Medidas | Tempo  | RPS   | Fator    | Velocidade |
|-------|--------------------|-----------------|------------------|--------|-------|----------|------------|
| Nº    | Longitude          | Latitude        | (10 seg)         | Medido |       | Correção | km/h       |
| 2     | 60° 0' 17.80" W    | 3° 9' 5.50" S   | 8                | 5      | 1,600 | 0,487    | 0,779      |
| 7     | 60° 0' 24.10" W    | 3° 9' 13.50" S  | 24               | 5      | 4,800 | 0,487    | 2,338      |
| 8     | 60° 0' 31.40" W    | 3° 9' 22.70" S  | 21               | 5      | 4,200 | 0,487    | 2,045      |
| 10    | 60° 0' 38.50" W    | 3° 9' 34.00" S  | 34               | 5      | 6,800 | 0,487    | 3,312      |
| 11    | 60° 0' 42.10" W    | 3° 9' 40.90" S  | 29               | 5      | 5,800 | 0,487    | 2,825      |
| 12    | 60° 0' 46.50" W    | 3° 9' 48.90" S  | 19               | 5      | 3,800 | 0,487    | 1,851      |
| 13    | 60° 0' 52.40" W    | 3° 9' 59.20" S  | 6                | 5      | 1,200 | 0,487    | 0,584      |
| 14    | 60° 0' 57.00" W    | 3° 10' 9.10" S  | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 15    | 60° 1' 5.40" W     | 3° 10' 17.70" S | 7                | 5      | 1,400 | 0,487    | 0,682      |
| 21    | 60° 0' 34.60" W    | 3° 10' 33.50" S | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 26    | 60° 0' 28.20" W    | 3° 10' 23.00" S | 25               | 5      | 5,000 | 0,487    | 2,435      |
| 28    | 60° 0' 23.10" W    | 3° 10' 14.90" S | 22               | 5      | 4,400 | 0,487    | 2,143      |
| 29    | 60° 0' 15.90" W    | 3° 10' 4.80" S  | 33               | 5      | 6,600 | 0,487    | 3,214      |
| 30    | 60° 0' 10.80" W    | 3° 9' 56.80" S  | 45               | 5      | 9,000 | 0,487    | 4,383      |
| 31    | 60° 0' 5.00" W     | 3° 9' 47.80" S  | 26               | 5      | 5,200 | 0,487    | 2,532      |
| 33    | 59° 59' 59.70" W   | 3° 9' 40.30" S  | 28               | 5      | 5,600 | 0,487    | 2,727      |
| 34    | 59° 59' 54.20" W   | 3° 9' 32.60" S  | 10               | 5      | 2,000 | 0,487    | 0,974      |
| 36    | 59° 59' 45.50" W   | 3° 9' 18.90" S  | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 57    | 59° 59' 13.80" W   | 3° 9' 36.80" S  | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 59    | 59° 59' 20.20" W   | 3° 9' 44.70" S  | 35               | 5      | 7,000 | 0,487    | 3,409      |
| 60    | 59° 59' 26.70" W   | 3° 9' 52.50" S  | 30               | 5      | 6,000 | 0,487    | 2,922      |
| 61    | 59° 59' 32.60" W   | 3° 10' 0.60" S  | 32               | 5      | 6,400 | 0,487    | 3,117      |
| 62    | 59° 59' 38.70" W   | 3° 10' 9.00" S  | 36               | 5      | 7,200 | 0,487    | 3,506      |
| 63    | 59° 59' 44.20" W   | 3° 10' 15.70" S | 25               | 5      | 5,000 | 0,487    | 2,435      |
| 64    | 59° 59' 48.50" W   | 3° 10' 24.00" S | 12               | 5      | 2,400 | 0,487    | 1,169      |
| 65    | 59° 59' 54.60" W   | 3° 10' 31.20" S | 14               | 5      | 2,800 | 0,487    | 1,364      |
| 66    | 59° 59' 59.70" W   | 3° 10' 39.00" S | 9                | 5      | 1,800 | 0,487    | 0,877      |
| 67    | 60° 0' 3.90" W     | 3° 10' 46.50" S | 6                | 5      | 1,200 | 0,487    | 0,584      |
| 68    | 60° 0' 3.90" W     | 3° 10' 46.60" S | 5                | 5      | 1,000 | 0,487    | 0,487      |
| 70    | 59° 59' 32.10" W   | 3° 10' 53.70" S | 17               | 5      | 3,400 | 0,487    | 1,656      |
| 71    | 59° 59' 22.10" W   | 3° 10' 34.80" S | 14               | 5      | 2,800 | 0,487    | 1,364      |
| 72    | 59° 59' 15.70" W   | 3° 10' 24.20" S | 24               | 5      | 4,800 | 0,487    | 2,338      |
| 73    | 59° 59' 10.10" W   | 3° 10' 17.00" S | 15               | 5      | 3,000 | 0,487    | 1,461      |
| 74    | 59° 59' 3.60" W    | 3° 10' 9.80" S  | 20               | 5      | 4,000 | 0,487    | 1,948      |
| 75    | 59° 58' 56.50" W   | 3° 10' 2.00" S  | 25               | 5      | 5,000 | 0,487    | 2,435      |
| 76    | 59° 58' 52.20" W   | 3° 9' 56.80" S  | 19               | 5      | 3,800 | 0,487    | 1,851      |
| 77    | 59° 58' 48.50" W   | 3° 9' 46.50" S  | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 78    | 59° 58' 8.60" W    | 3° 9' 32.40" S  | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 79    | 59° 58' 7.60" W    | 3° 9' 41.50" S  | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 80    | 59° 58' 4.30" W    | 3° 9' 54.00" S  | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 81    | 59° 57' 39.30" W   | 3° 9' 31.30" S  | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 82    | 59° 57' 38.80" W   | 3° 9' 23.00" S  | 19               | 5      | 3,800 | 0,487    | 1,851      |
| 83    | 59° 57' 37.00" W   | 3° 9' 9.00" S   | 1                | 5      | 0,200 | 0,487    | 0,097      |
| 84    | 59° 58' 2.60" W    | 3° 9' 58.80" S  | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 86    | 59° 58' 7.10" W    | 3° 10' 8.30" S  | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 87    | 59° 58' 14.70" W   | 3° 10' 21.40" S | 20               | 5      | 4,000 | 0,487    | 1,948      |
| 88    | 59° 58' 20.00" W   | 3° 10' 31.80" S | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 89    | 59° 58' 26.60" W   | 3° 10' 44.10" S | 14               | 5      | 2,800 | 0,487    | 1,364      |



Tabela 38. Velocidade da água do Rio Negro, nas proximidades de Manaus, medida com molinete fluviométrico.

| Marca | Datum: SIRGAS 2000 |                 | Rotações Medidas | Tempo  | RPS   | Fator    | Velocidade |
|-------|--------------------|-----------------|------------------|--------|-------|----------|------------|
| Nº    | Longitude          | Latitude        | (10 seg)         | Medido |       | Correção | km/h       |
| 90    | 59° 58' 31.30" W   | 3° 10' 53.60" S | 7                | 5      | 1,400 | 0,487    | 0,682      |
| 91    | 59° 58' 38.10" W   | 3° 11' 3.30" S  | 5                | 5      | 1,000 | 0,487    | 0,487      |
| 92    | 59° 58' 45.70" W   | 3° 11' 17.10" S | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 94    | 59° 57' 50.60" W   | 3° 11' 38.70" S | 10               | 5      | 2,000 | 0,487    | 0,974      |
| 95    | 59° 57' 51.30" W   | 3° 11' 28.60" S | 11               | 5      | 2,200 | 0,487    | 1,071      |
| 96    | 59° 57' 49.60" W   | 3° 11' 17.90" S | 14               | 5      | 2,800 | 0,487    | 1,364      |
| 97    | 59° 57' 47.10" W   | 3° 11' 3.80" S  | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 98    | 59° 57' 45.40" W   | 3° 10' 49.90" S | 11               | 5      | 2,200 | 0,487    | 1,071      |
| 99    | 59° 57' 41.90" W   | 3° 10' 34.60" S | 25               | 5      | 5,000 | 0,487    | 2,435      |
| 100   | 59° 57' 38.60" W   | 3° 10' 19.00" S | 20               | 5      | 4,000 | 0,487    | 1,948      |
| 101   | 59° 57' 36.10" W   | 3° 10' 8.10" S  | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 102   | 59° 57' 32.40" W   | 3° 9' 53.50" S  | 17               | 5      | 3,400 | 0,487    | 1,656      |
| 103   | 59° 57' 31.00" W   | 3° 9' 39.70" S  | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 104   | 59° 57' 2.80" W    | 3° 8' 54.60" S  | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 106   | 59° 56' 56.10" W   | 3° 9' 5.10" S   | 19               | 5      | 3,800 | 0,487    | 1,851      |
| 107   | 59° 56' 48.50" W   | 3° 9' 16.60" S  | 28               | 5      | 5,600 | 0,487    | 2,727      |
| 109   | 59° 56' 40.70" W   | 3° 9' 27.60" S  | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 110   | 59° 56' 34.00" W   | 3° 9' 37.30" S  | 19               | 5      | 3,800 | 0,487    | 1,851      |
| 111   | 59° 56' 27.10" W   | 3° 9' 46.50" S  | 30               | 5      | 6,000 | 0,487    | 2,922      |
| 112   | 59° 56' 14.00" W   | 3° 9' 58.90" S  | 5                | 5      | 1,000 | 0,487    | 0,487      |
| 113   | 59° 55' 51.40" W   | 3° 9' 31.20" S  | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 114   | 59° 55' 59.00" W   | 3° 9' 24.20" S  | 8                | 5      | 1,600 | 0,487    | 0,779      |
| 115   | 59° 56' 4.00" W    | 3° 9' 15.80" S  | 24               | 5      | 4,800 | 0,487    | 2,338      |
| 116   | 59° 56' 8.20" W    | 3° 9' 6.10" S   | 23               | 5      | 4,600 | 0,487    | 2,240      |
| 117   | 59° 56' 12.30" W   | 3° 8' 56.90" S  | 26               | 5      | 5,200 | 0,487    | 2,532      |
| 118   | 59° 56' 17.40" W   | 3° 8' 46.20" S  | 24               | 5      | 4,800 | 0,487    | 2,338      |
| 119   | 59° 56' 22.60" W   | 3° 8' 35.20" S  | 27               | 5      | 5,400 | 0,487    | 2,630      |
| 120   | 59° 56' 27.70" W   | 3° 8' 25.90" S  | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 121   | 59° 56' 6.00" W    | 3° 7' 55.70" S  | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 122   | 59° 56' 1.00" W    | 3° 8' 7.20" S   | 15               | 5      | 3,000 | 0,487    | 1,461      |
| 123   | 59° 55' 54.80" W   | 3° 8' 18.50" S  | 31               | 5      | 6,200 | 0,487    | 3,019      |
| 124   | 59° 55' 46.90" W   | 3° 8' 32.20" S  | 35               | 5      | 7,000 | 0,487    | 3,409      |
| 125   | 59° 55' 37.70" W   | 3° 8' 46.70" S  | 40               | 5      | 8,000 | 0,487    | 3,896      |
| 126   | 59° 55' 25.40" W   | 3° 9' 3.60" S   | 2                | 5      | 0,400 | 0,487    | 0,195      |
| 127   | 59° 54' 43.40" W   | 3° 8' 44.90" S  | 3                | 5      | 0,600 | 0,487    | 0,292      |
| 128   | 59° 54' 55.20" W   | 3° 8' 25.60" S  | 32               | 5      | 6,400 | 0,487    | 3,117      |
| 129   | 59° 54' 58.40" W   | 3° 8' 17.10" S  | 31               | 5      | 6,200 | 0,487    | 3,019      |
| 130   | 59° 55' 3.00" W    | 3° 8' 4.70" S   | 23               | 5      | 4,600 | 0,487    | 2,240      |
| 131   | 59° 55' 8.30" W    | 3° 7' 52.50" S  | 19               | 5      | 3,800 | 0,487    | 1,851      |
| 132   | 59° 55' 13.50" W   | 3° 7' 39.90" S  | 34               | 5      | 6,800 | 0,487    | 3,312      |
| 133   | 59° 55' 19.10" W   | 3° 7' 28.40" S  | 20               | 5      | 4,000 | 0,487    | 1,948      |
| 134   | 59° 55' 23.40" W   | 3° 7' 17.20" S  | 2                | 5      | 0,400 | 0,487    | 0,195      |
| 135   | 59° 54' 31.00" W   | 3° 7' 3.30" S   | 0                | 5      | 0,000 | 0,487    | 0,000      |
| 136   | 59° 54' 27.50" W   | 3° 7' 20.60" S  | 28               | 5      | 5,600 | 0,487    | 2,727      |
| 137   | 59° 54' 25.40" W   | 3° 7' 28.60" S  | 23               | 5      | 4,600 | 0,487    | 2,240      |
| 138   | 59° 54' 22.00" W   | 3° 7' 41.70" S  | 16               | 5      | 3,200 | 0,487    | 1,558      |
| 139   | 59° 54' 18.70" W   | 3° 7' 54.80" S  | 19               | 5      | 3,800 | 0,487    | 1,851      |
| 140   | 59° 54' 14.90" W   | 3° 8' 6.90" S   | 24               | 5      | 4,800 | 0,487    | 2,338      |
| 141   | 59° 54' 13.80" W   | 3° 8' 11.00" S  | 5                | 5      | 1,000 | 0,487    | 0,487      |

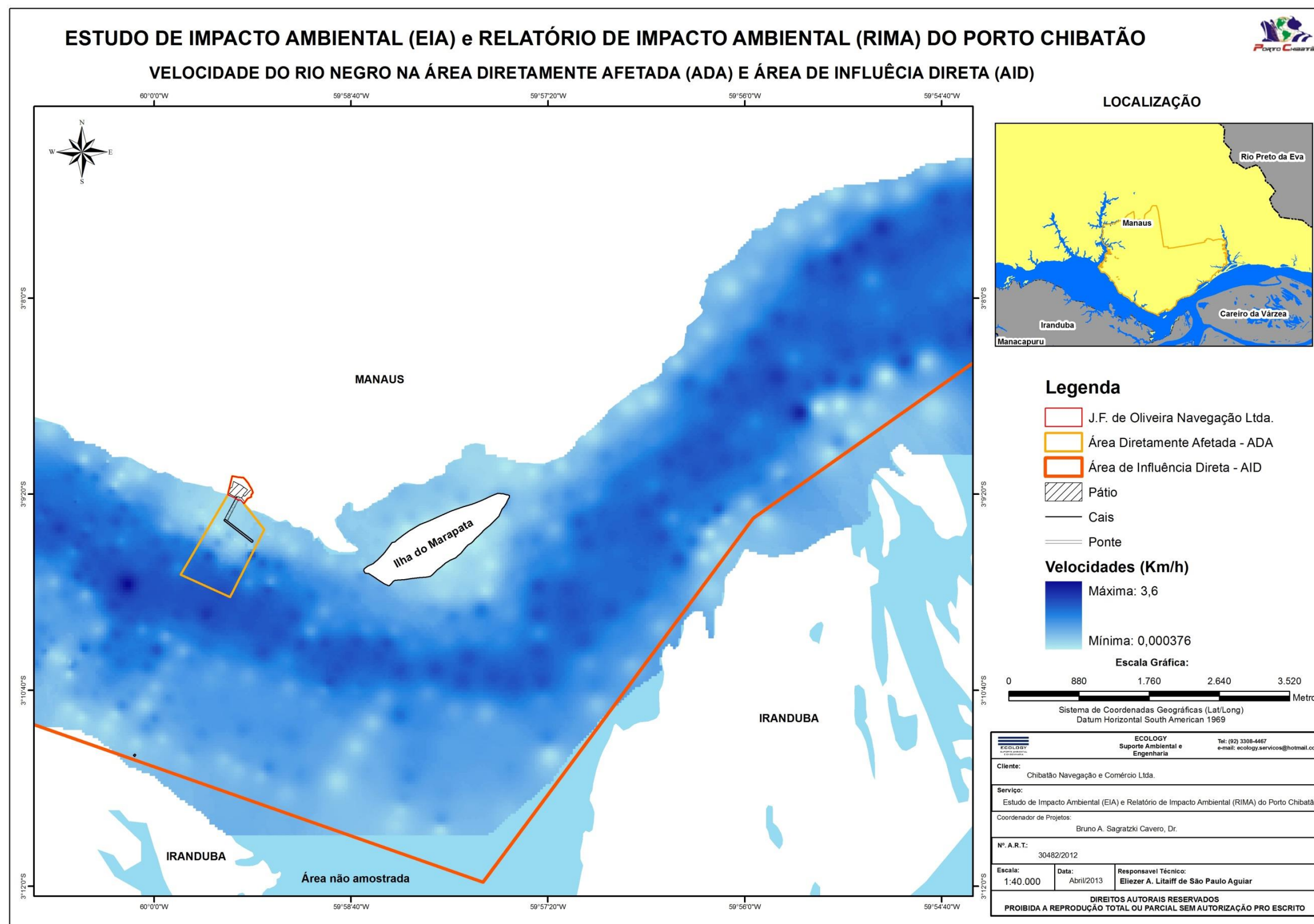


Figura 71. Velocidade do Rio Negro na Área de Influência (ADA e AID)



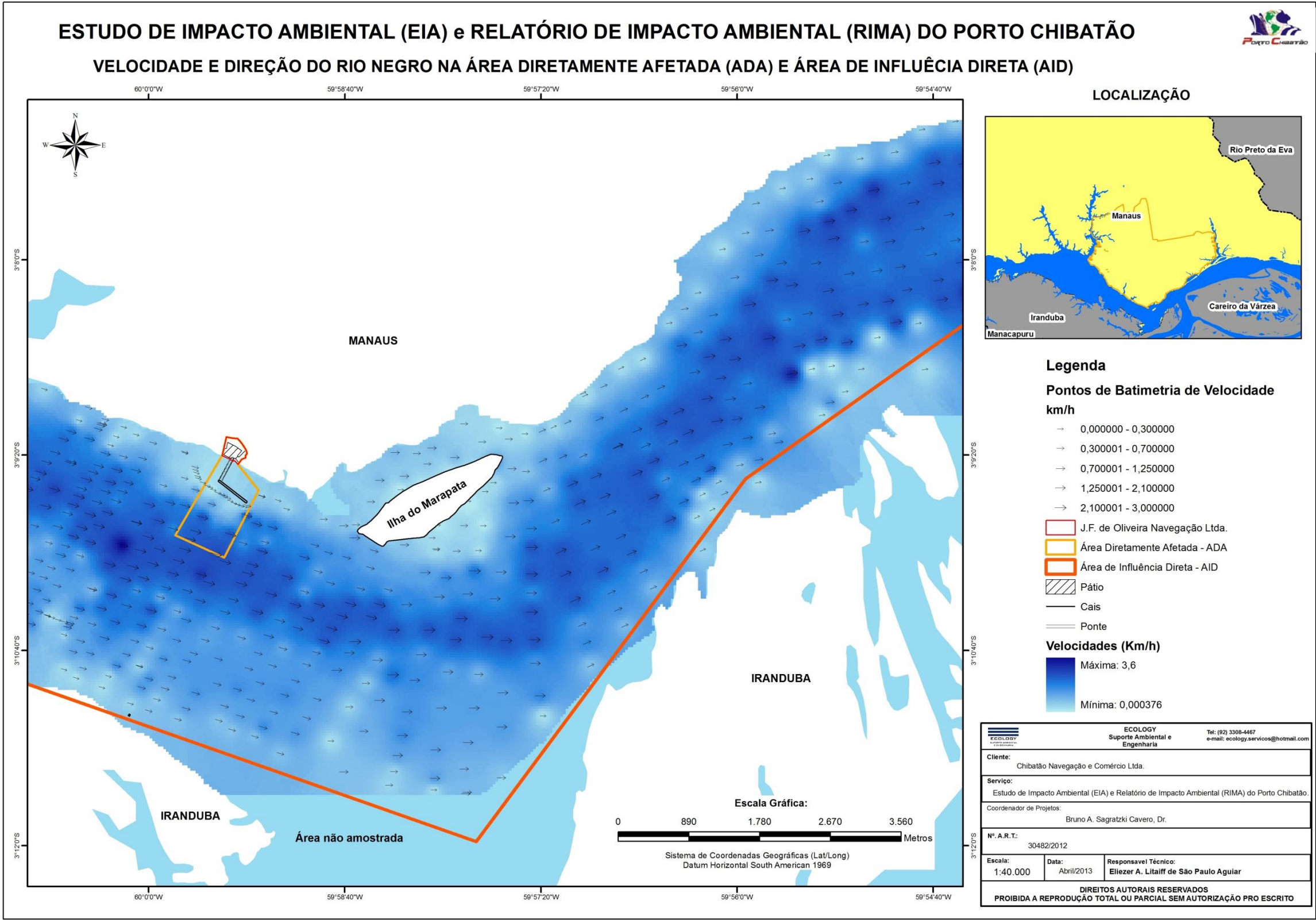


Figura 72. Velocidade e direção do Rio Negro na ADA e AID do empreendimento





### 3.2 Principais Cursos d'água na AID Prévia

Os cursos d'água localizados na delimitação prévia da AID são formados por igarapés de diversas ordens e dimensões.

Na AID são encontradas as seguintes micro bacias (Figura 73):

#### 3.2.1 Micro Bacia do Igarapé do São Raimundo

É formada pelos seguintes igarapés:

**Igarapé do Mindú:** principal tributário do igarapé São Raimundo, tem uma de suas nascentes localizada no bairro Jorge Teixeira, na Zona Leste, próximo ao Jardim Botânico da Reserva Ducke. Cruza a cidade no sentido nordeste-sudoeste, percorrendo e delimitando inúmeros bairros, como Jorge Teixeira, Tancredo Neves, Cidade Nova, Aleixo, Parque 10 de Novembro, N. S. das Graças e S. Geraldo.

**Igarapé dos Franceses:** localizado na Zona Centro-oeste. Atravessa os seguintes bairros: Alvorada I e II, Dom Pedro I e II;

**Igarapé do Bindá:** Possui sua nascente na Zona Norte e atravessa os bairros Cidade Nova, Parque 10 e da União

**Igarapé do Franco:** Localiza-se na região Centro-oeste da cidade de Manaus. Atravessa os bairros Compensa e Santo Agostinho e São Jorge.

288

#### 3.2.2 Micro Bacia do rio Tarumã

Foram listados apenas os igarapés da sua margem esquerda. É formada pelos seguintes igarapés:

**Igarapé do Leão:** Tem sua nascente ao norte da Reserva Ducke e percorre um trecho do limite setentrional da Área de Transição, definida pelo novo perímetro urbano de Manaus;

**Igarapé do Mariano:** O complexo de nascentes localizam-se na Reserva Ducke e seu leito natural, define o limite Norte da Área Urbana e do Bairro do Tarumã;

**Igarapé da Bolívia:** Nasce na Reserva Ducke, atravessa a Rodovia AM-10 e corta áreas em processo de ocupação na Zona Norte da cidade e o Bairro do Tarumã;

**Igarapé do Tarumãzinho:** Localizado no Bairro do Tarumã.

#### 3.2.3 Micro Bacia do Igarapé do Educandos

É formada pelos seguintes igarapés:



---

**Igarapé de Manaus:** Localiza-se próximo à área central de Manaus.

**Igarapé do Quarenta:** É o principal afluente do Igarapé do Educandos. Sua nascente localiza-se no bairro Armando Mendes, Zona Leste da cidade. Percorre as do Distrito Industrial (Polo Industrial de Manaus – PIM) além dos bairros Coroado e Japiim.

**Igarapé da Cachoeirinha:** Atravessa os seguintes bairros: Cachoeirinha, Petrópolis, Raiz e São Francisco.

**Igarapé do Mestre Chico** – Localiza-se na área central da cidade de Manaus e atravessa o bairro da Cachoeirinha até sua confluência com o Igarapé do Educandos.

Os igarapés da cidade, na sua maioria, são utilizados para fins domésticos.

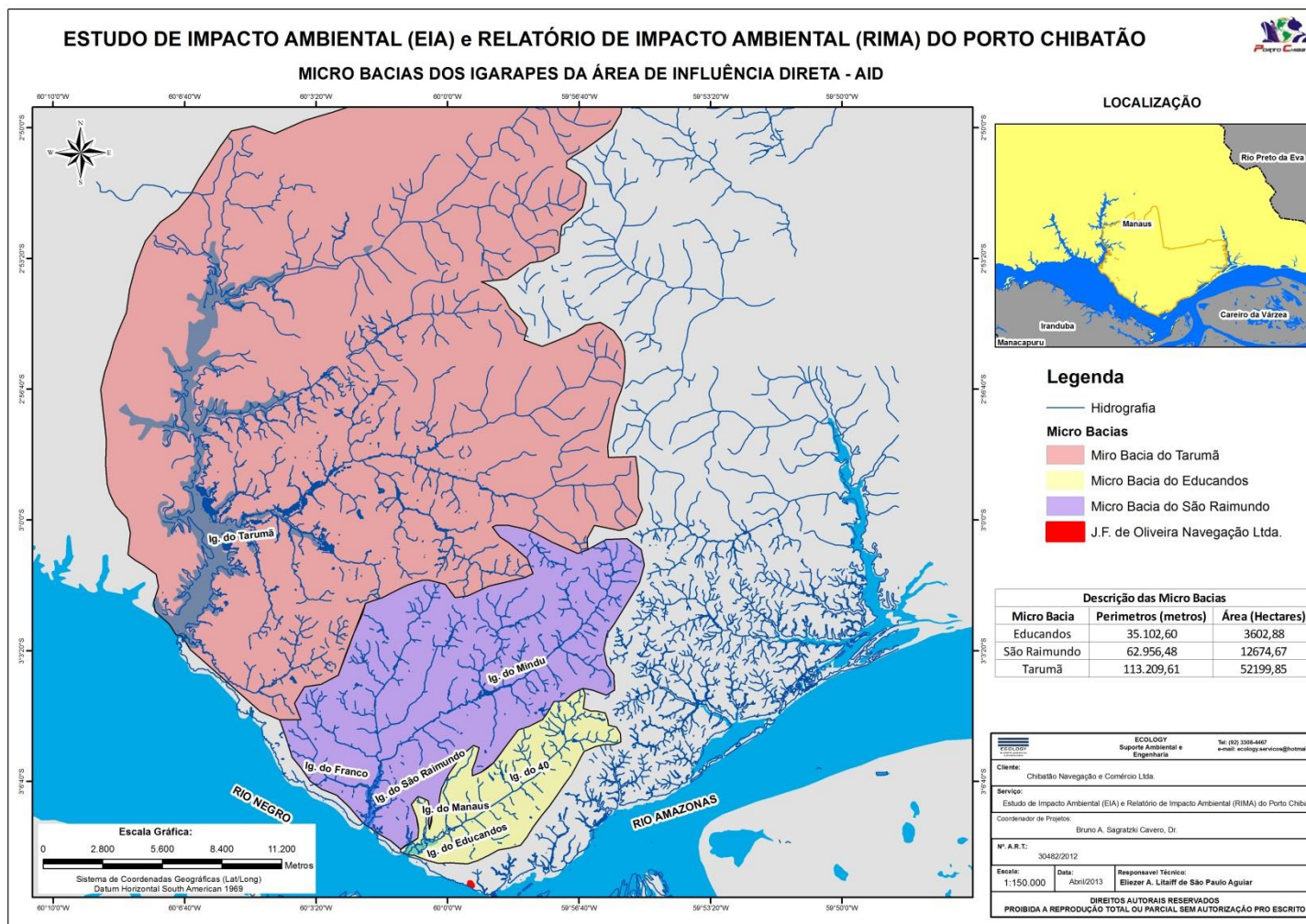


Figura 73. Principais microbacias da AID com drenagem em direção ao Rio Negro

### 3.3 Influência do Rio Negro sobre a hidrologia dos igarapés da AID

O Rio Negro durante seu período de cheia possui a capacidade de represar os cursos de água de menor ordem. Na cidade de Manaus este fenômeno causa diminuição do escoamento superficial diminuição da velocidade dos igarapés e em alguns períodos o avanço do rio até as cotas de altitude relacionadas com seu nível de enchente anual. Esta situação é variável entretanto em 2012 foi registrado um pico de cheia de 29,97m, fato que causou sérios transtornos a população ribeirinha e aquelas que vivem na margem de igarapés.

O alagamento da cidade além de causar transtornos nas moradias de pessoas que habitam suas margens, influencia também nas condições sanitárias uma que que o represamentos dos igarapés impede o fluxo do mesmo e com o isso causa o acúmulo de resíduos e dejetos humanos, uma vez que a maioria dos igarapé urbanos é usado para fins domésticos, sendo este a principal causa de impacto negativo nesses ambientes.

Na Figura 75 é possível observar a influência do Rio Negro sobre os igarapés da cidade de Manaus no ano da cheia máxima de 2012. Esta situação se repete todos os anos e sua severidade depende da intensidade do pico da cheia.



Foto 37. Avenida Eduardo Ribeiro no centro da cidade de Manaus afetada pela enchente do Rio Negro ano de 2012





Foto 38. Avenida Eduardo Ribeiro no centro da cidade de Manaus afetada pela enchente do Rio Negro ano de 2012



Foto 39. Igarapé do Franco na cidade de Manaus afetada pela enchente do Rio Negro ano de 2012



Foto 40. Detalhe do represamento e alagamento de um igarapé de Manaus e as consequências sobre a retenção de resíduos



Foto 41. Represamento e alagamento de áreas marginais do Igarapé do Mindu nas proximidades do Millenium Shopping, Manaus, AM

No período de vazante, também caracterizado como de menor pluviosidade, ocorre a exposição do problema: aparecimento dos resíduos depositados nos igarapés. É neste período





quando os igarapés percorrem livremente sobre su leito natural que ocorre o escoamento de todo o material acumulado para as águas do Rio Negro causando um efeito negativo sobre o mesmo. Ações de remoção e destinação de resíduos e dragagens de igarapés e outras estruturas de drenagem pluvial são realizadas constantemente pelos órgãos públicos com o intuito de minimizar o assoreamento e represamento de canais de drenagem e dos cursos d'água. Entretanto, a continuidade do descarte de resíduos nos igarapés, por parte da população dificulta essa ação, causando impacto negativo sobre os igarapés no período seco.

A adoção de corredores urbanos e a recuperação de igarapés promovido pelo PROSAMIM na cidade de Manaus, contribui para a melhoria da qualidade da água e das áreas marginais dos cursos d'água. Mesmo iniciativas como essas encontram algumas dificuldades uma vez que a demanda por ambientes de moradia trazem como consequência o desmatamento de novas áreas verdes e de ambientes com facilidade de drenagem (igarapés), fazendo que o esforço tenha que ser ampliado para essas áreas.

Ruas com relevo mais baixo, e marginais a igarapés sofreram com inundações no pico da cheia. Na Figura 75 foi realizada uma simulação da influência da cheia do Rio Negro sobre a cidade de Manaus e seus reflexos nas microbacias dos igarapés a partir da cota média das enchentes dos últimos trinta anos ( $28,21 \pm 0,99\text{m}$ ).

No período de vazante com o recuo das águas do Rio Negro os igarapés correm livremente pelo seu leito natural até sua confluência na orla da cidade. Devemos lembrar que o nível de vazante médio do Rio Negro nos últimos trinta anos foi de  $17,44 \pm 1,85\text{m}$  (NM) cota do rio que permite o fluxo livre dos igarapés até o mesmo (Figura 76).

294

### **3.4 Influência do ciclo hidrológico do Rio Negro sobre a estabilidade geotécnica das margens**

Em termos geotécnicos o ciclo de enchente e vazante influencia sobre as encostas e taludes das margens do Rio Negro. O ponto crítico é atingido no período de vazante máxima quando as águas se encontram no menor nível. Aliado a isto tem que ser observada a amplitude de variação do ciclo hidrológico do rio no período do pico da cheia até o pico da vazante.

As maiores amplitudes de variação de altitudes entre a cheia e vazante, para os últimos trinta anos, podem visualizadas na Tabela 39.

Tabela 39. Maiores amplitudes de variação entre cheia e vazante do Rio Negro na cidade de Manaus, AM

| Ano  | Variação (cm) |
|------|---------------|
| 1997 | 1462          |
| 2010 | 1433          |
| 2012 | 1382          |
| 2009 | 1380          |
| 2005 | 1335          |

Como é possível observar as maiores oscilações, para o período estudado, entre os picos de cheia e vazantes aconteceram nos últimos dezesseis (16) anos. Estes picos estão a aproximadamente três metros acima da média ( $10,77 \pm 2,15\text{m}$ ) e entre 0,42 a 1,7m acima da oscilação máxima prevista para o período de cheia.

No período de cheia existe um equilíbrio aparente na interface solo/água promovido pelo rio que promove uma situação hidrostática. No período seco esta situação de equilíbrio é quebrada uma vez que com a descida das águas existe um gradiente de descarga da água percolada em direção a níveis mais baixos (Rio Negro). Este fenômeno pode gerar uma situação de desequilíbrio de forças, cuja resultante pode ter uma tendência em direção ao rio.

Outros fatores que podem contribuir para a ocorrência de movimentos de massa nas margens do Rio Negro:

- Erosão natural atuante no processo de dissecação do relevo e incisão da drenagem;
- Erosão fluvial ligada à dinâmica do rio Negro associada a níveis mais baixos durante a vazante;
- Grau de alteração intempérica das rochas e tipos de solo – características geotécnicas dos materiais litológicos;
- Inclinação/Declividade natural das encostas;

Ao longo do período de observações a série histórica mostra uma leve tendência ao aumento da amplitude de variação do ciclo hidrológico do Rio Negro, evidenciando que as cheias e vazantes devem ficar mais intensas (Figura 74).



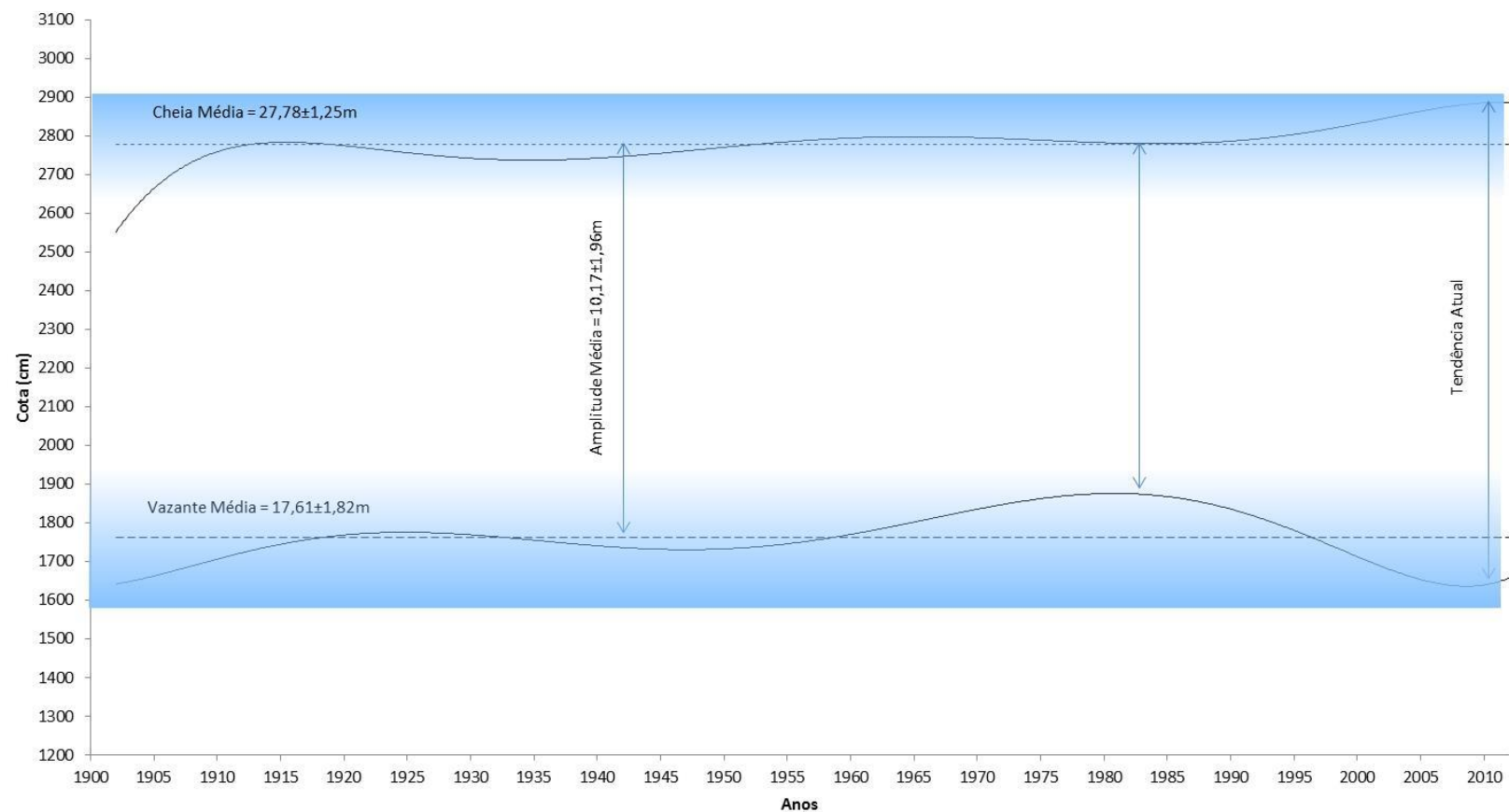


Figura 74. Variação da amplitude do ciclo hidrológico do Rio Negro na estação fluviométrica de Manaus, AM (Código 14990000)



O aumento da amplitude pode gerar ao longo do tempo um desequilíbrio em toda a orla do Rio Negro, agravada por fatores ligados a ações antrópicas sem mitigação de riscos e causas naturais (solos friáveis existentes em toda a orla do rio).

As maiores amplitudes foram relatadas para os anos de 1997 e 2010 (Tabela 39) com variações acima dos 14 metros.

No ano de 2010 foram registrados diversos movimentos de massa na cidade de Manaus dos quais merecem destaque os seguintes:

17 de outubro de 2010 - Porto Chibatão;

17 de outubro de 2010 - ETA da Ponta das Lages;

17 de outubro de 2010 - São Paulo de Olivença;

19 de outubro de 2010 – Manacapuru;

20 de outubro de 2010 - Navegação Mirim (Porto do Demétrio).

Outro fato que deve ser levado em consideração é que o nível do rio para a vazante foi de 13,63m (NM) o qual representa o menor valor registrado para o período estudado.

Existe uma tendência natural em revelar verdadeira preocupação para os efeitos do regime de cheia do rio, devido aos efeitos imediatos que ele causa e aos transtornos sofridos pela população de cidades ribeirinhas, inclusive Manaus. Entretanto, a tendência mostrada na Figura 74 revela que existe a necessidade de observar o ciclo hidrológico dos rios amazônicos na sua totalidade e estabelecer critérios de alerta para amplitudes de variação acima da média:  $10,77 \pm 1,96\text{m (NM)}$ .



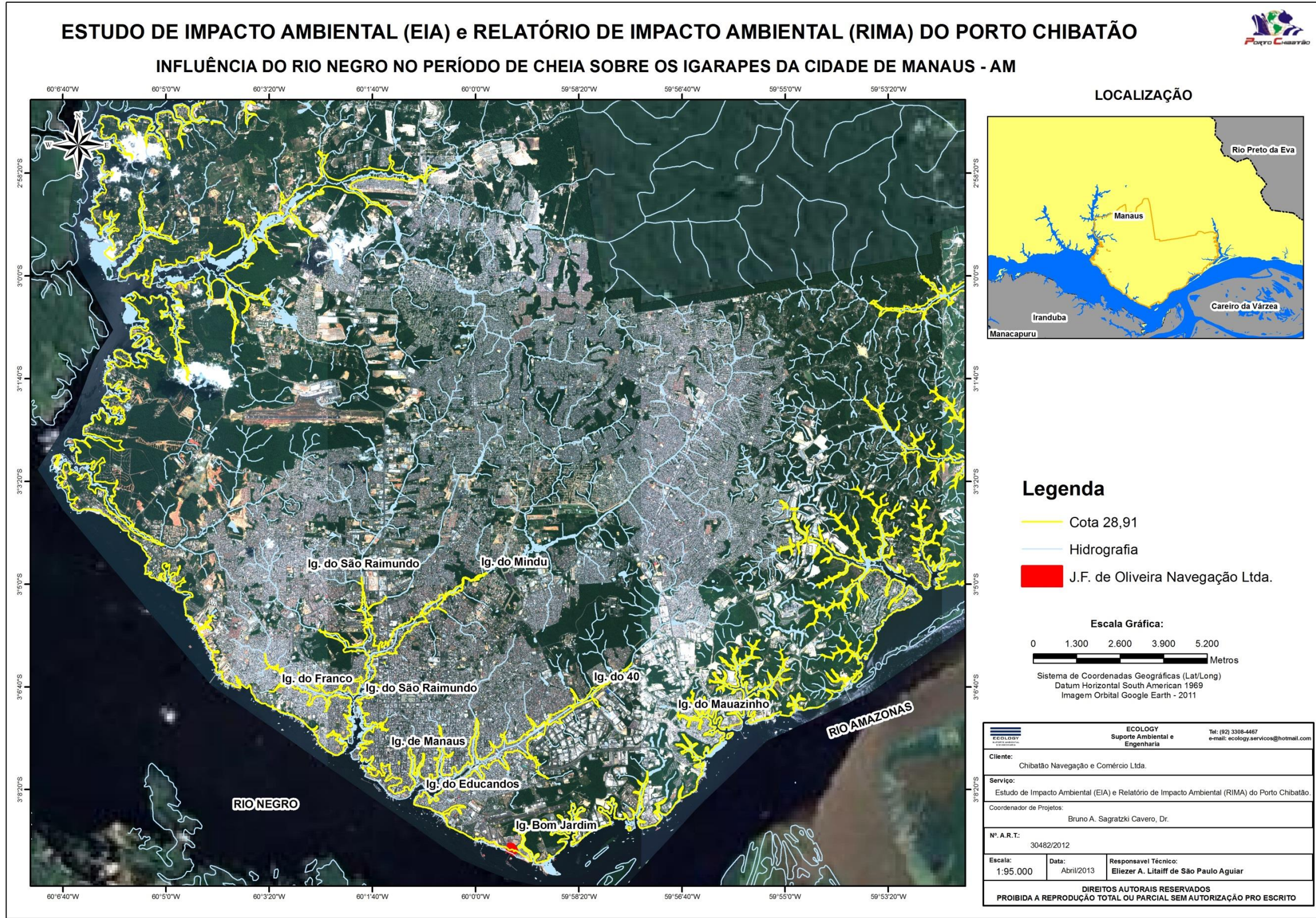


Figura 75. Influência do Rio Negro no período de cheia sobre os igarapés da cidade de Manaus - AM



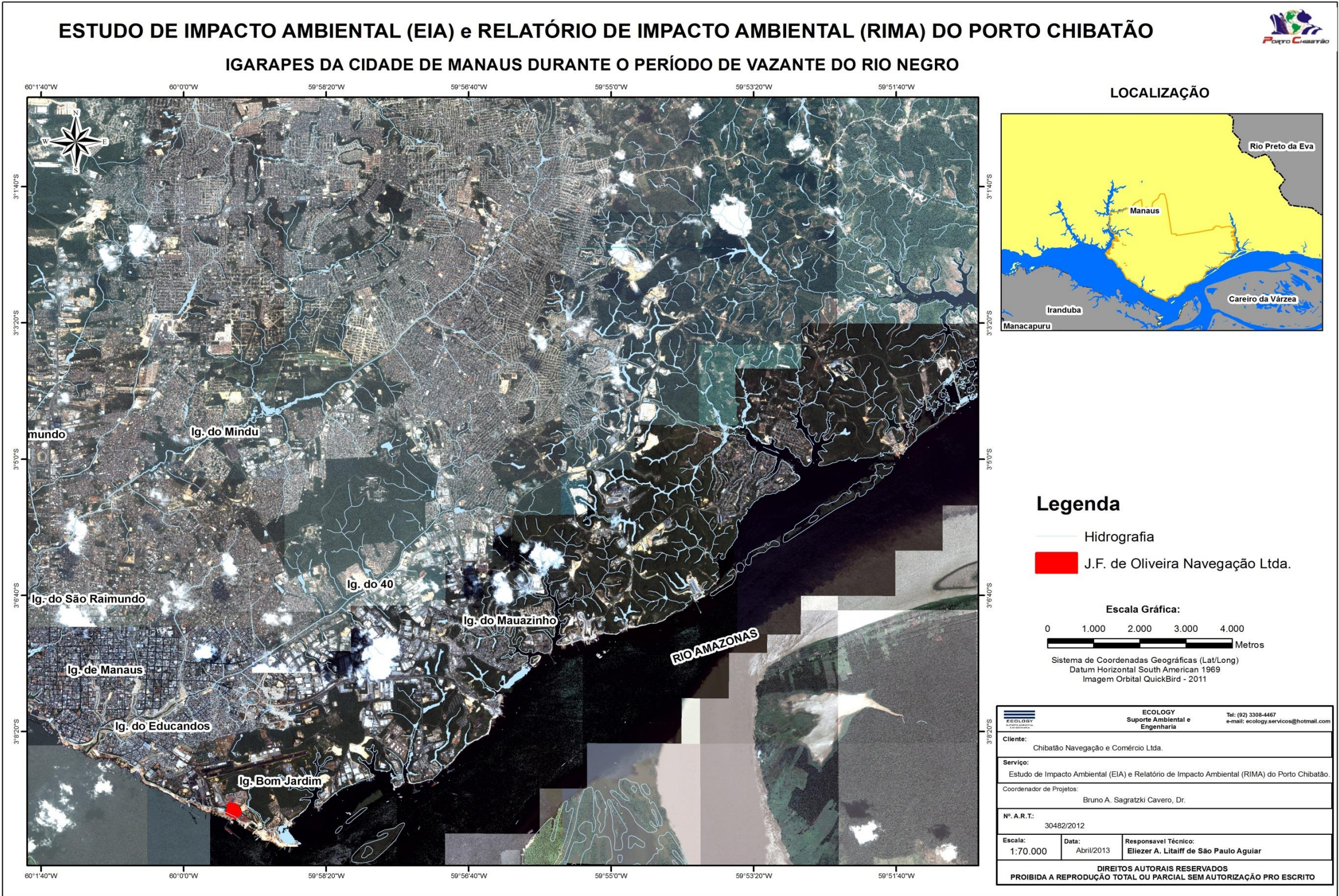


Figura 76. Igarapés da cidade de Manaus durante o período de vazante do Rio Negro





---

### 3.5 Influência do Rio Negro sobre a ADA

A maior cheia registrada para o Rio Negro foi de 29,97m (NM). De acordo com a CPRM a média esperada para a cheia de 2013 é de 29,45m (NM). O pátio do empreendimento foi projetado para operar a 31m (NM) aproximadamente 1m acima da maior enchente. No levantamento das séries históricas realizado neste trabalho a média para as cheias dos últimos trinta (30) anos foi de  $28,21 \pm 0,99\text{m}$ .

Para nenhuma dessas situações são esperadas situações de alagamento no pátio do empreendimento.

Nas Figuras 77 (Período Cheio) e 78 (Período Seco) é possível observar que o pátio do empreendimento encontra-se acima do nível da água do Rio Negro.

Do ponto de vista geotécnico o ciclo hidrológico pode influenciar a partir da amplitude de variação da altitude da cheia e vazante, uma vez que oscilações acima da média podem afetar em intensidades proporcionais todos os empreendimentos da orla do Rio Negro.

Do ponto de vista da formação de processos erosivos a relação com possíveis impactos da operação do empreendimento são mínimos, uma vez que a impermeabilização (pavimentação) do pátio e do gabião (estrutura de contenção de taludes formada por estruturas armadas, flexíveis e drenantes) minimiza a ação erosiva do rio (na cheia) e da pluviosidade (durante a chuva). Entretanto, é bom observar que existe impacto erosivo permanente em toda a faixa litorânea dos rios e neste caso também do rio Negro.

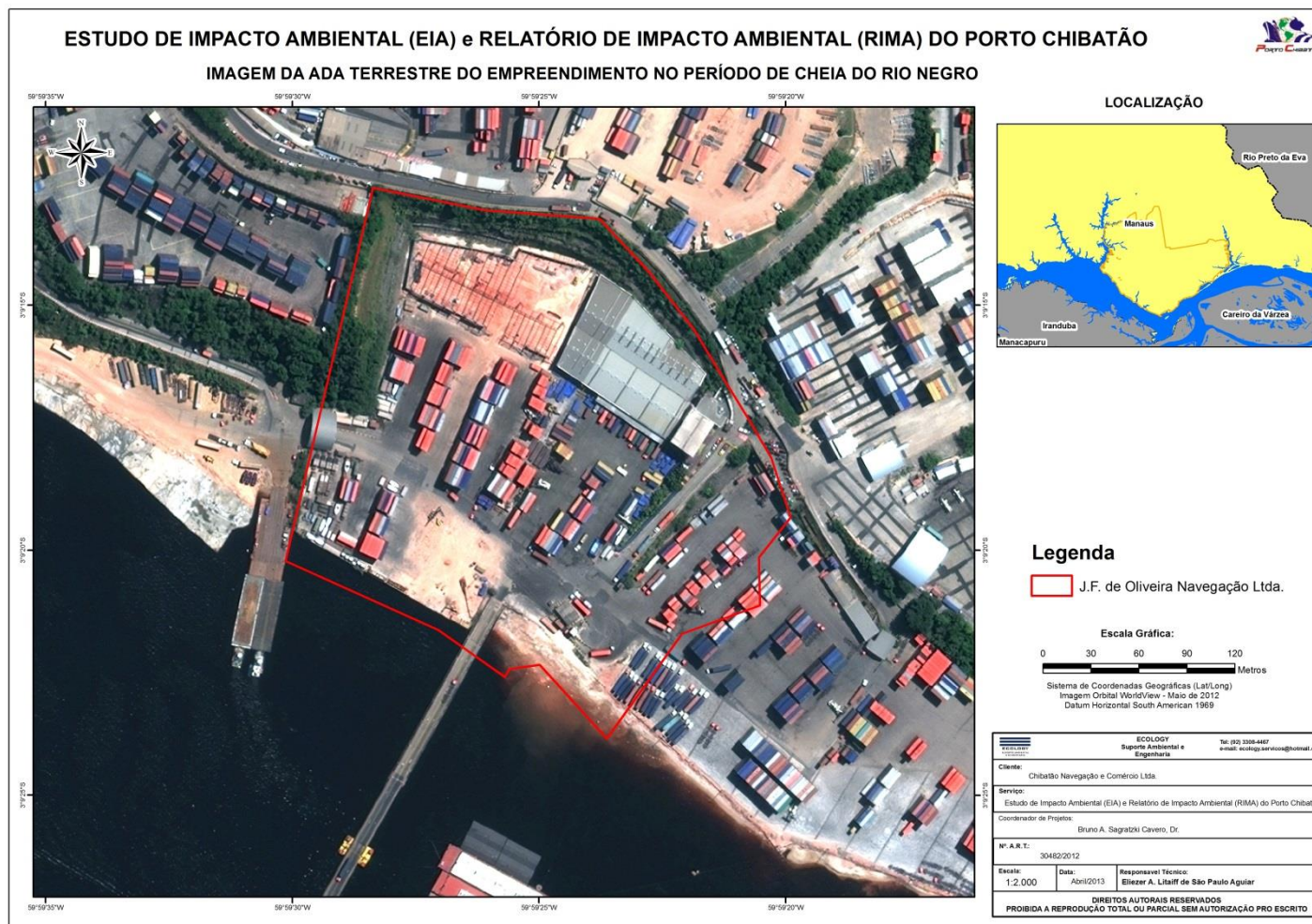


Figura 77. Imagem da ADA terrestre do empreendimento no período de cheia do Rio Negro

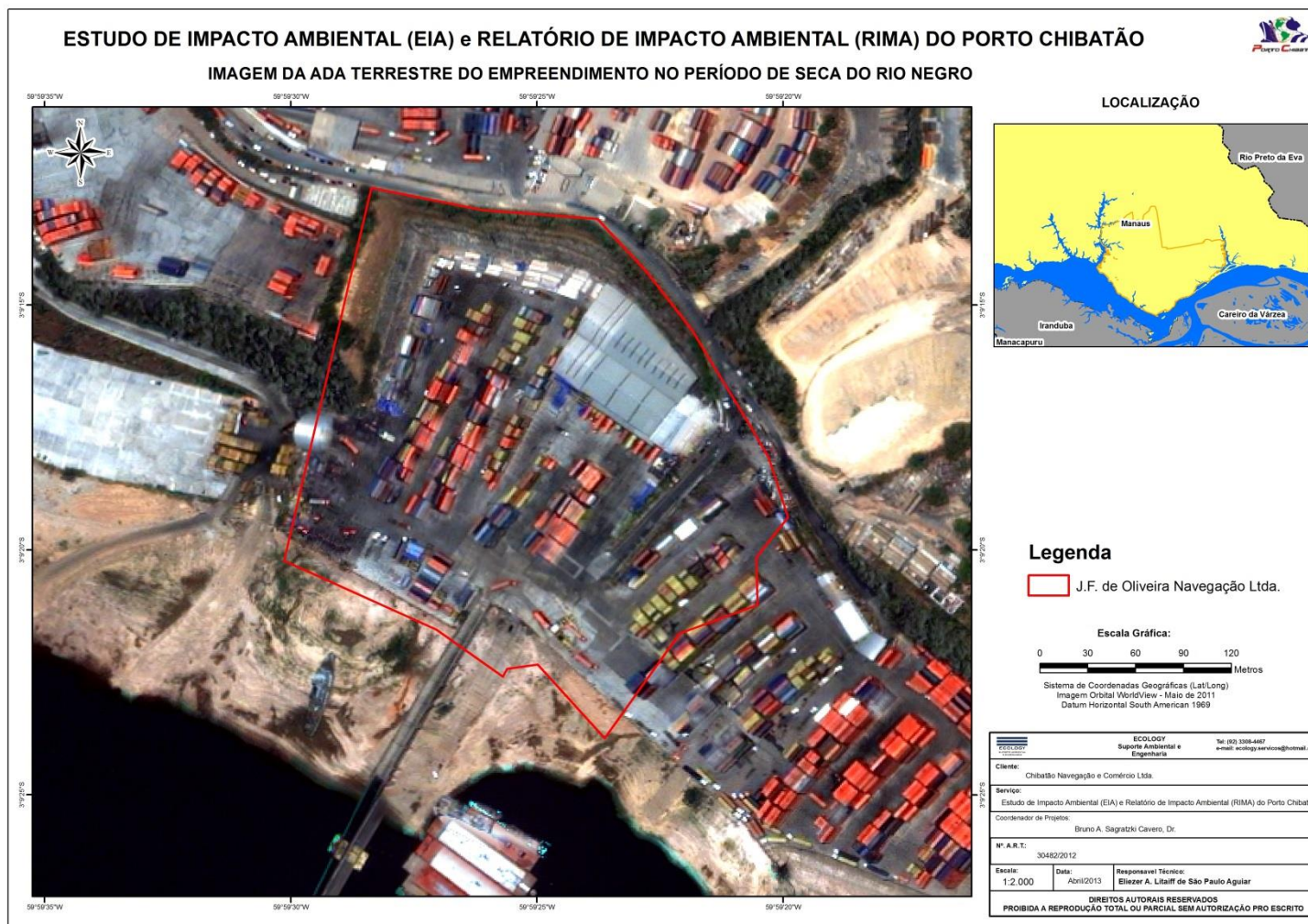


Figura 78. Imagem da ADA terrestre do empreendimento no período de seca do Rio Negro





### 3.6 Qualidade da Água do Rio Negro

#### 3.6.1 Monitoramento da qualidade da água

As coletas foram realizadas em pontos a montante e a jusante do empreendimento (Tabela 40; Figura 79).

#### 3.6.2 Métodos

- Legislação: Os critérios de escolha do monitoramento foram subsidiados pela Resolução CONAMA 357/05
- Parâmetros mínimos de observação: turbidez (NTU), sólidos dissolvidos totais (mg/L), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, Nitrato (mg/L), Nitrito (mg/L), Nitrogênio Amoniacal (mg/L), Fósforo Total-P (mg/L) e Óleos e Graxas.

Tabela 40. Resumo dos valores máximos permitidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 para as variáveis da água do Rio Negro analisadas na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações

| Valores máximos permitidos de acordo com a classificação do corpo d'água (Resolução CONAMA 357/05)                                                      |                   |                     |               |               |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------|---------------|--------------------------|
| PARÂMETRO                                                                                                                                               | Unidade           | CLASSES (Água Doce) |               |               |                          |
|                                                                                                                                                         |                   | 1                   | 2             | 3             | 4                        |
| Condutividade                                                                                                                                           | µS/cm             | NR                  | NR            | NR            | NR                       |
| Corantes provenientes de fontes antrópicas                                                                                                              | ---               | VA                  | Não Permitido | Não Permitido | ---                      |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO                                                                                                                    | mg/L              | até 3,00            | até 5,00      | até 10,00     | ---                      |
| Fósforo Total - Ambiente Lótico                                                                                                                         | mg/L              | 0,10                | 0,10          | 0,15          | ---                      |
| Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais                                                                                                    | ---               | VA                  | VA            | VA            | VA                       |
| Nitrato                                                                                                                                                 | mg/L              | 10,00               | 10,00         | 10,00         | 10,00                    |
| Nitrito                                                                                                                                                 | mg/L              | 1,00                | 1,00          | 1,00          | 1,00                     |
| Nitrogênio Amoniacal (pH≤7,5)                                                                                                                           | mg/L              | 3,70                | 3,70          | 13,30         | ---                      |
| Nitrogênio Total                                                                                                                                        | mg/L              | 2,18                | 2,18          | ---           | ---                      |
| Óleo e Graxas                                                                                                                                           | mg/L              | VA                  | VA            | VA            | Toleram-se iridescências |
| Ortofosfato                                                                                                                                             | mg/L              | NR                  | NR            | NR            | NR                       |
| Oxigênio Dissolvido                                                                                                                                     | mg/L              | ≥ 6,00              | acima de 5,00 | acima de 4,00 | acima de 2,00            |
| pH                                                                                                                                                      | [H <sup>+</sup> ] | 6,00 - 9,00         | 6,00 - 9,00   | 6,00 - 9,00   | 6,00 - 9,00              |
| Resíduos sólidos objetáveis                                                                                                                             | ---               | VA                  | VA            | VA            | VA                       |
| Sólidos Dissolvidos Totais - SDT                                                                                                                        | mg/L              | 500,00              | 500,00        | 500,00        | 500,00                   |
| Substâncias que comuniquem gosto ou odor                                                                                                                | ---               | VA                  | VA            | VA            | NO                       |
| Turbidez                                                                                                                                                | NTU               | até 40,00           | até 100,00    | até 100,00    | até 100,00               |
| Substâncias facilmente sedimentáveis                                                                                                                    | ---               | ---                 | ---           | ---           | VA                       |
| <b>Legenda:</b>                                                                                                                                         |                   |                     |               |               |                          |
| [H <sup>+</sup> ] = atividade do íon hidrogênio para a determinação do pH                                                                               |                   |                     |               |               |                          |
| µS/cm = microSiemens por centímetro                                                                                                                     |                   |                     |               |               |                          |
| mg/L = miligramas por litro de água                                                                                                                     |                   |                     |               |               |                          |
| NO = Não objetável                                                                                                                                      |                   |                     |               |               |                          |
| NR = Não regulamentado pela Resolução CONAMA 357/05                                                                                                     |                   |                     |               |               |                          |
| NTU = Unidade Nefelométrica de Turbidez                                                                                                                 |                   |                     |               |               |                          |
| pH = potencial hidrogeniônico                                                                                                                           |                   |                     |               |               |                          |
| VA = Virtualmente ausente                                                                                                                               |                   |                     |               |               |                          |
| <b>OBS:</b> a Resolução CONAMA 430/11, Seção II, artigo 16, item I, letra e, condiciona o lançamento de óleos e graxas de origem mineral em até 20mg/L. |                   |                     |               |               |                          |





### 3.6.3 Locais de coleta

Os pontos foram escolhidos seguindo os seguintes critérios (Tabela 41):

1. Locais **fora** da Área de Influência Direta (AID) do Porto (P-01 E P02).
2. Locais **dentro** da Área de Influência Direta (AID) do Porto (P-03, P-04 E P-05).

Tabela 41. Localização geográfica dos pontos de coleta de amostras para verificação da qualidade da água do Rio Negro e imediações do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Setor Retroporto-Alfandegado, Manaus, AM.

| PONTOS DE COLETA | Coordenadas Geográficas |                |
|------------------|-------------------------|----------------|
|                  | Latitude                | Longitude      |
| P-01             | 3° 08' 46,02"           | 60° 03' 28,74" |
| <b>P-02</b>      | 3° 10' 20,58"           | 59° 59' 55,82" |
| P-03             | 3° 09' 22,88"           | 59° 59' 47,06" |
| <b>P-04</b>      | 3° 09' 38,66"           | 59° 59' 34,65" |
| P-05             | 3° 09' 41,52"           | 59° 59' 14,01" |

A escolha foi realizada com a finalidade de verificar a existência de provável impacto decorrente da operação do Porto Chibatão/Chibatão Navegação e Comércio Ltda./Setor Retroporto-Alfandegado e comparar os resultados com a qualidade ambiental esperada para o Rio Negro a partir dos resultados das coletas dos pontos P-01 e P-02.



Foto 42. Monitoramento da qualidade de água do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado, Manaus, AM



Foto 43. Coleta de água do Rio Negro na região da ADA para análise



PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL - PROGRAMAS DE MONITORAMENTO

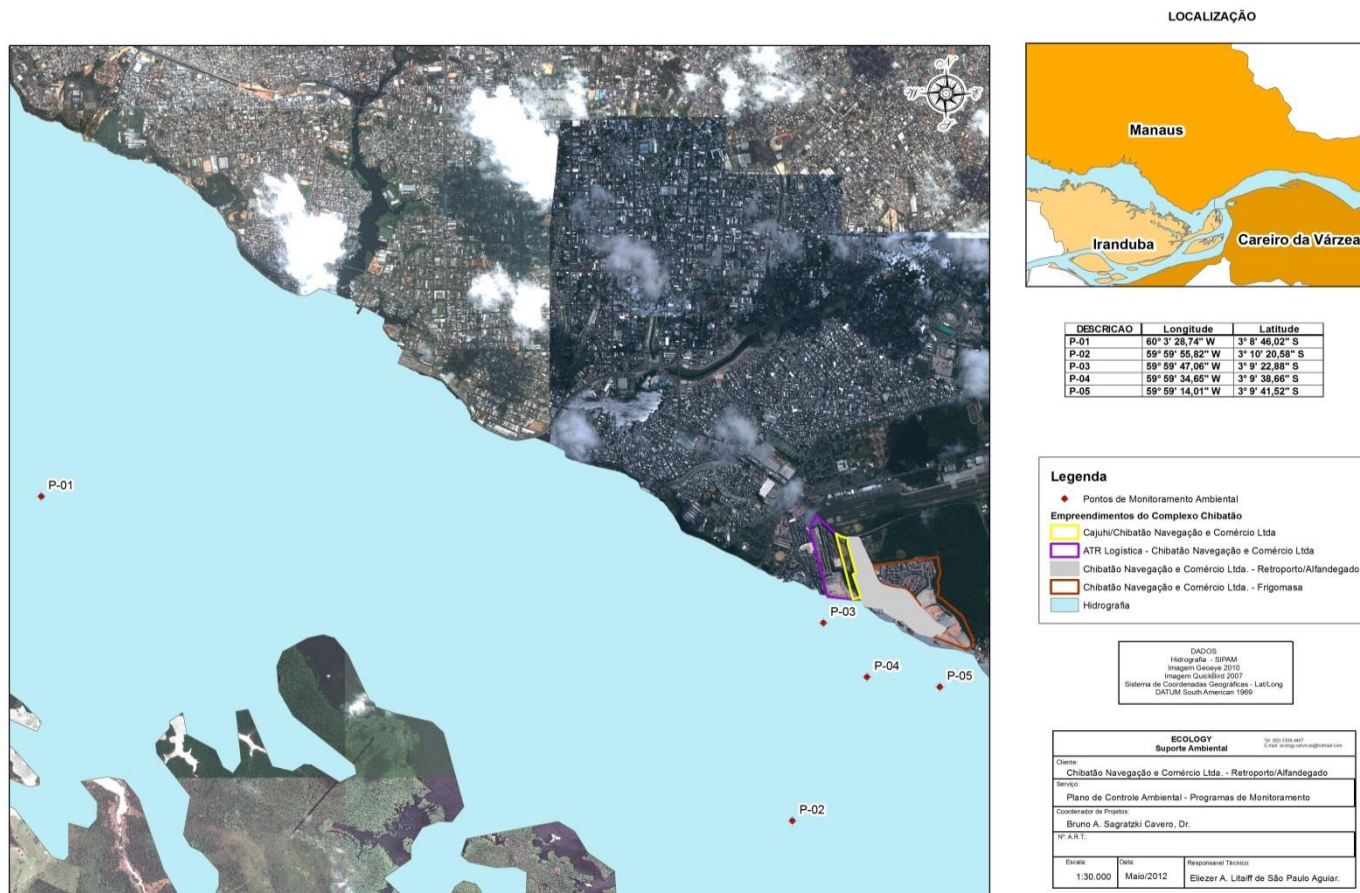


Figura 79. Localização dos pontos de coleta de amostras de água do Rio Negro com relação ao Retroporto-Alfandegado (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.)



### **3.6.4 Classificação das Águas do Entorno do Empreendimento**

Com a finalidade de planejamento, gestão e aplicação das normas de uso e ocupação do solo, as Macrounidades Urbanas Manaus dividem-se em trinta e oito (38) Unidades de Estruturação Urbana (UES). O Plano Diretor da cidade de Manaus destina a área dos bairros: Educandos e Colônia Oliveira Machado na UES 23 EDUCANDOS. Esta UES de acordo com o programa de uso e ocupação do solo está destinada ao SETOR ESPECIAL Nº 03, SETOR INDUSTRIAL DO EDUCANDOS (LEI MUNICIPAL Nº. 672 DE 04 DE NOVEMBRO DE 2002).

O complexo do Porto Chibatão encontra-se inserido na UES EDUCANDOS, SETOR INDUSTRIAL no qual são previstas a instalação de atividades industriais diversas, inclusive e instalação de portos, rampas, terminais, etc., de acordo com a vocação do local. Nesse sentido é possível classificar as águas do entorno do porto e suas imediações como Classe 4 da Resolução CONAMA 357/2005 (Seção I, art. 4, V, letra a), que prevê que este tipo de águas são destinadas a navegação e harmonia paisagística.

O Rio Negro tem a peculiaridade de possuir águas de natureza ácida devido à presença dos ácidos húmicos e fúlvicos oriundos da decomposição da matéria orgânica das florestas adjacentes. Os valores médios oscilam entre 3,8 a 4,9 dependendo do local e dos seus afluentes. A Resolução CONAMA prevê para a Classificação das águas pH's variando de 6,0 a 9,0. Entretanto a mesma não regulamenta qual o padrão para rios de água preta (caso do Rio Negro) o qual apresenta pH ácido e não se enquadra na Classificação prevista pela Resolução citada acima.

307

### **3.7 Resultados**

Os resultados das análises do monitoramento da qualidade da água do Rio Negro mostram que ao longo do período de abril a dezembro de 2012 a atividade do porto não apresenta sinais influência sobre os padrões considerados na classificação de águas pela Resolução CONAMA 357/2005 (Tabelas 42, 43, 44 e 45).





Tabela 42. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (Maio 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM.

|                         |                     |                | Varáveis físicas e químicas da água observadas |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
|-------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------------------|-----------|---------------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|-------------|---------------|------------------------------|-------|
| Coordenadas Geográficas |                     |                | pH                                             | OD        | Condutividade | Turbidez | STD     | Nitrito | Nitrato | Amônia | N total | Ortofosfato | Fosforo total | Óleos e graxas               | DBO   |
| PONTOS DE COLETA        | Latitude            | Longitude      | [H <sup>+</sup> ]                              | mg/L      | uS/cm         | NTU      | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L   | mg/L    | mg/L        | mg/L          | mg/L                         | mg/L  |
| P-01                    | 3° 08' 46,02"       | 60° 03' 28,74" | 4,52                                           | 3,4       | 16,25         | 1,85     | 14,52   | 0,005   | 0,186   | <0,005 | 0,952   | 0,063       | 0,120         | 2,450                        | 2,500 |
| P-02                    | 3° 10' 20,58"       | 59° 59' 55,82" | 4,44                                           | 3,5       | 16,35         | 1,57     | 13,33   | 0,016   | 0,183   | <0,005 | 0,931   | 0,075       | 0,086         | 2,530                        | 2,500 |
| P-03                    | 3° 09' 22,88"       | 59° 59' 47,06" | 4,32                                           | 3,5       | 16,84         | 1,45     | 13,58   | 0,013   | 0,145   | <0,005 | 0,865   | 0,098       | 0,132         | 2,360                        | 2,500 |
| P-04                    | 3° 09' 38,66"       | 59° 59' 34,65" | 4,45                                           | 3,5       | 18,52         | 1,83     | 14,52   | 0,012   | 0,189   | <0,005 | 0,752   | 0,084       | 0,096         | 3,589                        | 2,500 |
| P-05                    | 3° 09' 41,52"       | 59° 59' 14,01" | 4,39                                           | 3,4       | 17,69         | 1,65     | 16,32   | 0,012   | 0,198   | <0,005 | 0,953   | 0,078       | 0,978         | 2,389                        | 2,500 |
| Igarapé Bom Jardim      | 3° 09' 28,64"       | 59° 59' 06,20" | 4,6                                            | 3,2       | 18,2          | 1,86     | 18,58   | 0,150   | 0,110   | 0,089  | 0,852   | 0,095       | 0,125         | 3,520                        | 2,500 |
| PADRÕES CONAMA 357/05   | Faixas Permissíveis |                | 6,0 - 9,0*                                     | ≥2,00**** | NR            | 100,00*  | 500,00* | 1,00*   | 10,00*  | 3,70*  | 2,18*   | NR          | 0,15***       | Toleram-se iridescências**** | 3,00* |
| PADRÕES CONAMA 430/11   | Faixas Permissíveis |                | ---                                            | ---       | ---           | ---      | ---     | ---     | ---     | ---    | ---     | ---         | ---           | 20,00                        | ---   |

Tabela 43. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (julho 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM.

|                         |                     |                | Varáveis físicas e químicas da água observadas |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
|-------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------------------|-----------|---------------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|-------------|---------------|------------------------------|-------|
| Coordenadas Geográficas |                     |                | pH                                             | OD        | Condutividade | Turbidez | STD     | Nitrito | Nitrato | Amônia | N total | Ortofosfato | Fosforo total | Óleos e graxas               | DBO   |
| PONTOS DE COLETA        | Latitude            | Longitude      | [H <sup>+</sup> ]                              | mg/L      | uS/cm         | NTU      | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L   | mg/L    | mg/L        | mg/L          | mg/L                         | mg/L  |
| P-01                    | 3° 08' 46,02"       | 60° 03' 28,74" | 4,03                                           | 2,2       | 15,82         | 1,45     | 10,26   | 0,008   | 0,163   | 0,066  | 1,112   | 0,053       | 0,109         | 2,698                        | 2,500 |
| P-02                    | 3° 10' 20,58"       | 59° 59' 55,82" | 4,12                                           | 2,2       | 16,39         | 1,59     | 10,11   | 0,012   | 0,188   | <0,005 | 0,852   | 0,056       | 0,073         | 2,555                        | 3,000 |
| P-03                    | 3° 09' 22,88"       | 59° 59' 47,06" | 4,33                                           | 2,3       | 16,69         | 1,25     | 10,28   | 0,018   | 0,178   | <0,005 | 0,681   | 0,112       | 0,124         | 1,336                        | 3,000 |
| P-04                    | 3° 09' 38,66"       | 59° 59' 34,65" | 4,4                                            | 2,2       | 16,86         | 1,77     | 10,3    | 0,008   | 0,222   | <0,005 | 0,642   | 0,079       | 0,092         | 3,919                        | 3,000 |
| P-05                    | 3° 09' 41,52"       | 59° 59' 14,01" | 4,5                                            | 2,3       | 17,66         | 1,84     | 10,41   | 0,011   | 0,192   | <0,005 | 0,916   | 0,065       | 0,112         | 2,354                        | 3,000 |
| PADRÕES CONAMA 357/05   | Faixas Permissíveis |                | 6,0 - 9,0*                                     | ≥2,00**** | NR            | 100,00*  | 500,00* | 1,00*   | 10,00*  | 3,70*  | 2,18*   | NR          | 0,15***       | Toleram-se iridescências**** | 3,00* |
| PADRÕES CONAMA 430/11   | Faixas Permissíveis |                | ---                                            | ---       | ---           | ---      | ---     | ---     | ---     | ---    | ---     | ---         | ---           | 20,00                        | ---   |



Tabela 44. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (setembro 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM.

| PONTOS DE COLETA      | Coordenadas Geográficas |                | Varáveis físicas e químicas da água observadas |           |               |          |         |         |        |         |             |               |                              |       |
|-----------------------|-------------------------|----------------|------------------------------------------------|-----------|---------------|----------|---------|---------|--------|---------|-------------|---------------|------------------------------|-------|
|                       |                         |                | pH                                             | OD        | Condutividade | Turbidez | Nitrito | Nitrato | Amônia | N total | Ortofosfato | Fosforo total | Óleos e graxas               | DBO   |
|                       | Latitude                | Longitude      | [H <sup>+</sup> ]                              | mg/L      | uS/cm         | NTU      | mg/L    | mg/L    | mg/L   | mg/L    | mg/L        | mg/L          | mg/L                         | mg/L  |
| P-01                  | 3° 08' 46,02"           | 60° 03' 28,74" | 4,0                                            | 3,6       | 15,3          | 1,450    | 0,010   | 0,165   | 0,200  | 1,004   | 0,055       | 0,084         | 1,690                        | 2,500 |
| P-02                  | 3° 10' 20,58"           | 59° 59' 55,82" | 4,1                                            | 3,2       | 16,4          | 1,500    | 0,015   | 0,178   | 0,225  | 0,956   | 0,060       | 0,072         | 1,555                        | 2,500 |
| P-03                  | 3° 09' 22,88"           | 59° 59' 47,06" | 4,3                                            | 3,8       | 16,7          | 1,350    | 0,020   | 0,178   | 0,224  | 0,700   | 0,100       | 0,132         | 1,836                        | 2,500 |
| P-04                  | 3° 09' 38,66"           | 59° 59' 34,65" | 4,3                                            | 3,4       | 16,8          | 1,680    | 0,009   | 0,200   | 0,249  | 0,670   | 0,080       | 0,101         | 1,943                        | 2,500 |
| P-05                  | 3° 09' 41,52"           | 59° 59' 14,01" | 4,3                                            | 3,6       | 17,8          | 1,750    | 0,010   | 0,244   | 0,244  | 0,867   | 0,070       | 0,131         | 1,544                        | 2,500 |
| PADRÕES CONAMA 357/05 | Faixas Permissíveis     |                | 6,0 - 9,0*                                     | ≥2,00**** | NR            | 100,00*  | 1,00*   | 10,00*  | 3,70*  | 2,18*   | NR          | 0,15***       | Toleram-se iridescências**** | 3,00* |
| PADRÕES CONAMA 430/11 | Faixas Permissíveis     |                | ---                                            | ---       | ---           | ---      | ---     | ---     | ---    | ---     | ---         | ---           | 20,00                        | ---   |

Tabela 45. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (dezembro 2012) na bacia de evolução do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor do Retroporto/Alfandegado e imediações, Manaus, AM.

| PONTOS DE COLETA      | Coordenadas Geográficas |                | Varáveis físicas e químicas da água observadas |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |
|-----------------------|-------------------------|----------------|------------------------------------------------|-----------|---------------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|-------------|---------------|------------------------------|
|                       |                         |                | pH                                             | OD        | Condutividade | Turbidez | STD     | Nitrito | Nitrato | Amônia | N total | Ortofosfato | Fosforo total | Óleos e graxas               |
|                       | Latitude                | Longitude      | [H <sup>+</sup> ]                              | mg/L      | uS/cm         | NTU      | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L   | mg/L    | mg/L        | mg/L          | mg/L                         |
| P-01                  | 3° 08' 46,02"           | 60° 03' 28,74" | 4,31                                           | 3,1       | 12,56         | 1,26     | 10,23   | 0,008   | 0,210   | <0,005 | 0,952   | 0,050       | 0,090         | 3,000                        |
| P-02                  | 3° 10' 20,58"           | 59° 59' 55,82" | 4,22                                           | 2,9       | 12,58         | 1,25     | 10,11   | 0,021   | 0,220   | <0,005 | 0,931   | 0,072       | 0,092         | 3,000                        |
| P-03                  | 3° 09' 22,88"           | 59° 59' 47,06" | 4,22                                           | 3,3       | 12,62         | 1,32     | 9,12    | 0,018   | 0,210   | <0,005 | 0,865   | 0,088       | 0,086         | 3,000                        |
| P-04                  | 3° 09' 38,66"           | 59° 59' 34,65" | 4,25                                           | 3,3       | 12,85         | 1,25     | 10,11   | 0,016   | 0,250   | <0,005 | 0,752   | 0,073       | 0,092         | 3,000                        |
| P-05                  | 3° 09' 41,52"           | 59° 59' 14,01" | 4,26                                           | 3,2       | 12,36         | 1,25     | 10,45   | 0,014   | 0,280   | <0,005 | 0,953   | 0,071       | 0,091         | 3,000                        |
| Igarapé Bom Jardim    | 3° 09' 28,64"           | 59° 59' 06,20" | 4,1                                            | 3,2       | 12,54         | 0,95     | 8,56    | 0,210   | 0,150   | 0,11   | 0,852   | 0,120       | 0,182         | 3,000                        |
| PADRÕES CONAMA 357/05 | Faixas Permissíveis     |                | 6,0 - 9,0*                                     | ≥2,00**** | NR            | 100,00*  | 500,00* | 1,00*   | 10,00*  | 3,70*  | 2,18*   | NR          | 0,15***       | Toleram-se iridescências**** |
| PADRÕES CONAMA 430/11 | Faixas Permissíveis     |                | ---                                            | ---       | ---           | ---      | ---     | ---     | ---     | ---    | ---     | ---         | ---           | 20,00                        |



### **3.8 Micro bacia do Igarapé Bom Jardim**

#### **3.8.1 Caracterização geral**

O Igarapé Bom Jardim é um curso d'água lótico, formado inicialmente por um complexo de três nascentes que dão origem a igarapé de pequena vazão de primeira ordem. Ao se juntarem dão origem a um igarapé de porte maior de segunda ordem. O igarapé a partir desta confluência possui aproximadamente 937m de extensão.

A microbacia do igarapé Bom Jardim possui aproximadamente 108,40 hectares e perímetro de 4.182,66m e seus limites são formados pelos divisores de águas localizados nas seguintes áreas:

- Ao norte: divisor formado pelo cume onde foi instalado o aeroporto da Aeronautica de Ponta Pelada VII COMAR.
- A Leste: divisor formado pelo cume da bacia do Igarapé Bom Jardim com o Igarapé sem denominação nos Limites Leste da Área Militar da Aeronautica.
- A Oeste: divisor formado pela região de relevo mais alta com declividade direta para o Rio Negro.

A dimensão da micro bacia do igarapé Bom Jardim, do Igarapé, seu ordenamento e a localização das nascentes podem ser observados nas Figuras 80 e 81.

Na época de seca quando o substrato é exposto o igarapé Bom Jardim percorre, em direção sul, sobre seu leito original até o Rio Negro na porção leste do empreendimento (Figura 83).

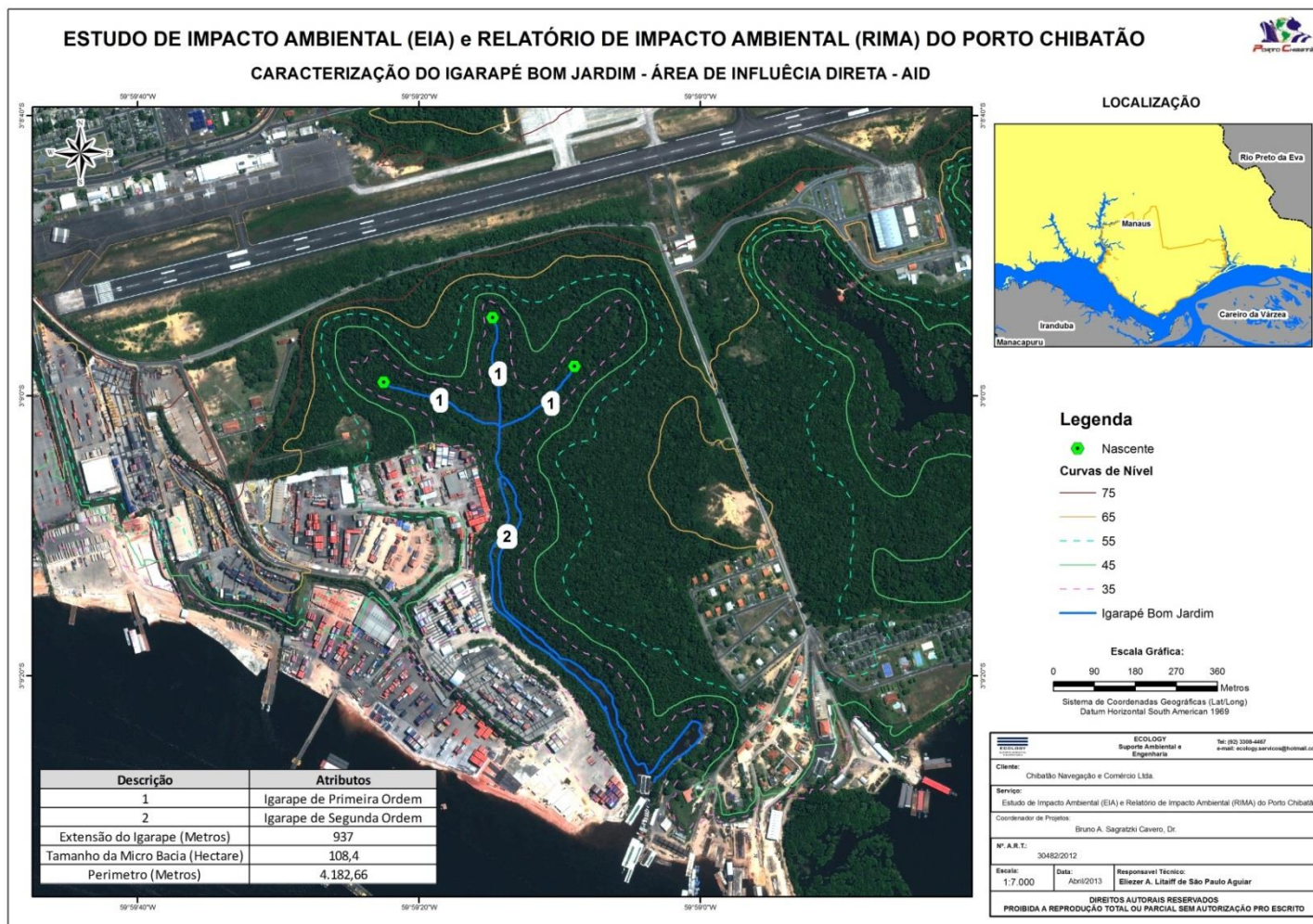


Figura 80. Caracterização do Igarapé Bom Jardim. Ordem e Extensão



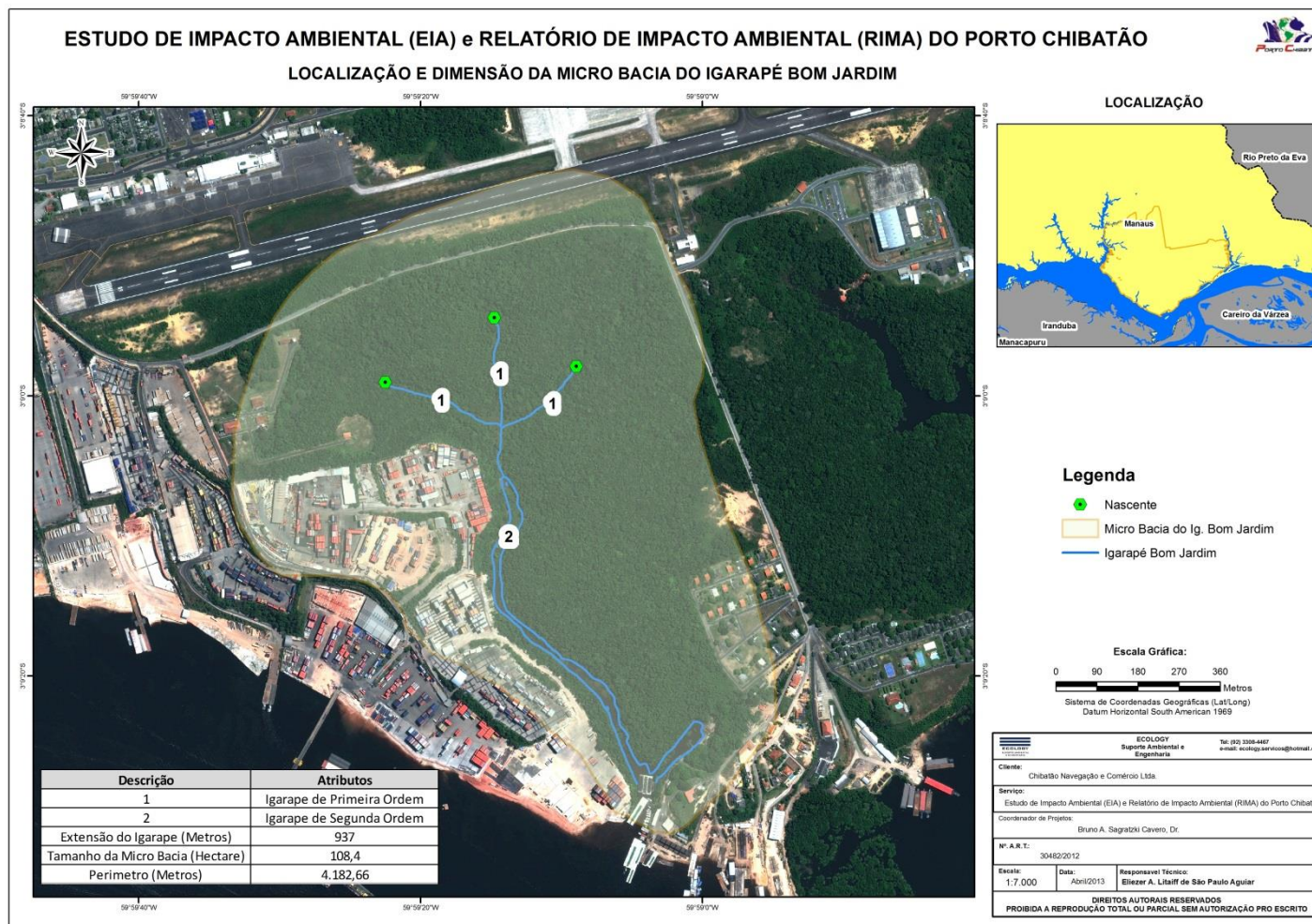


Figura 81. Caracterização do Igarapé Bom Jardim. Tamanho da Micro Bacia e Perímetro





Foto 44. Igarapé Bom Jardim na época de vazante do Rio Negro

313



Foto 45. Igarapé Bom Jardim na época de cheia do Rio Negro



### 3.8.2 Influência do Rio Negro sobre o Igarapé Bom Jardim

No período de cheia o Rio Negro avança sobre o igarapé causando seu represamento e invadindo sua micro bacia em toda sua extensão (ponto de confluência dos igarapés das nascentes de 1ª ordem) para dentro do continente. Este fenômeno traz consigo algumas mudanças sobre a água do igarapé, tornando-o semelhante ao padrão de qualidade caracterizado para o Rio Negro (Figuras 82 e 83).



Foto 46. Coleta de água do igarapé Bom Jardim para análise de água. Época de Vazante do Rio Negro.

### 3.8.3 Qualidade da água do Igarapé Bom Jardim

Na Tabela 46 são apresentadas as medidas de qualidade de água do igarapé Bom Jardim ao longo do período de monitoramento ambiental do mesmo. Os resultados mostram que ao longo do período de abril a dezembro de 2012 a atividade do porto não apresenta sinais de influência sobre os padrões considerados na classificação de águas pela Resolução CONAMA 357/2005.

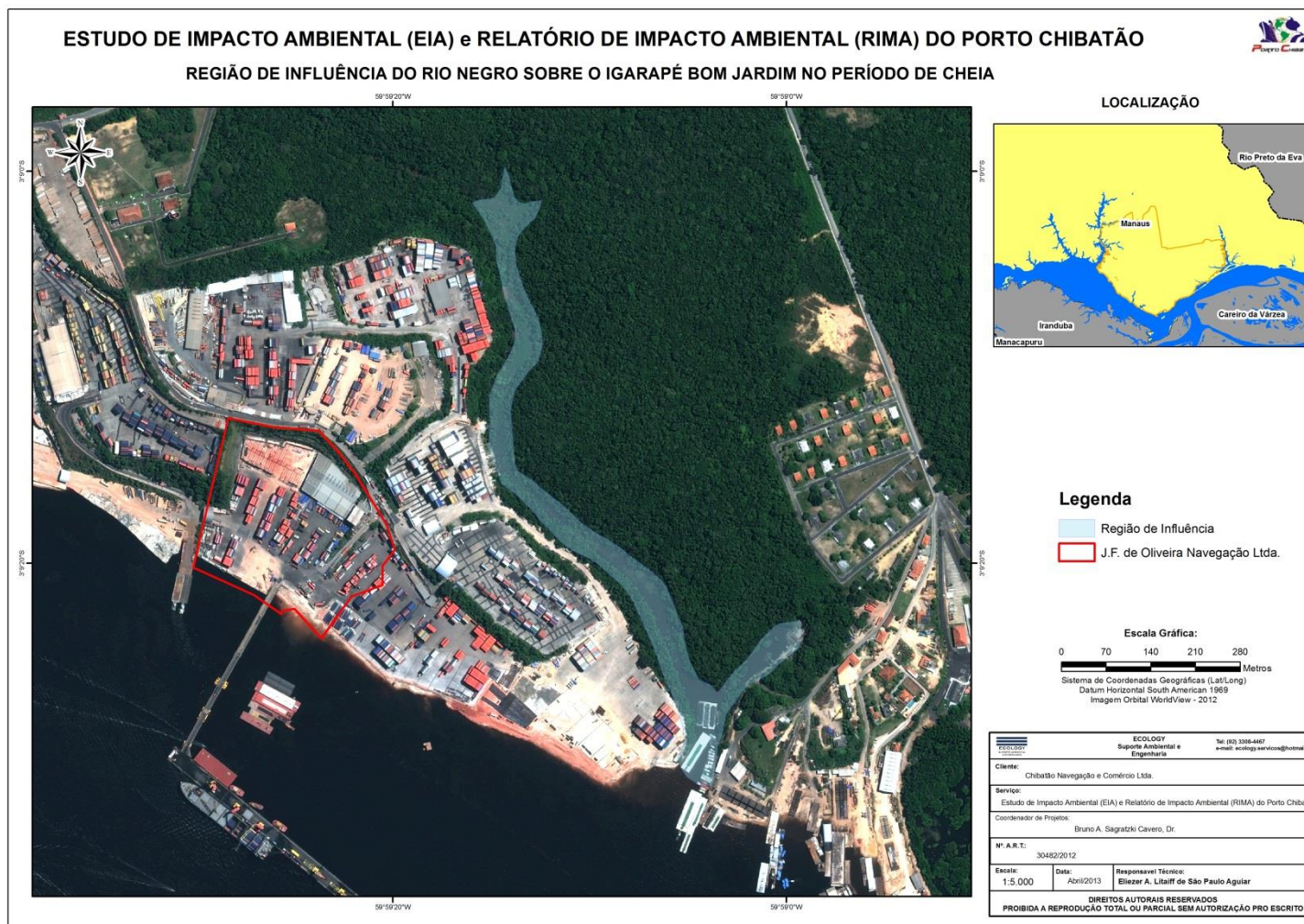


Figura 82. Igarapé Bom Jardim no período de cheia do Rio Negro



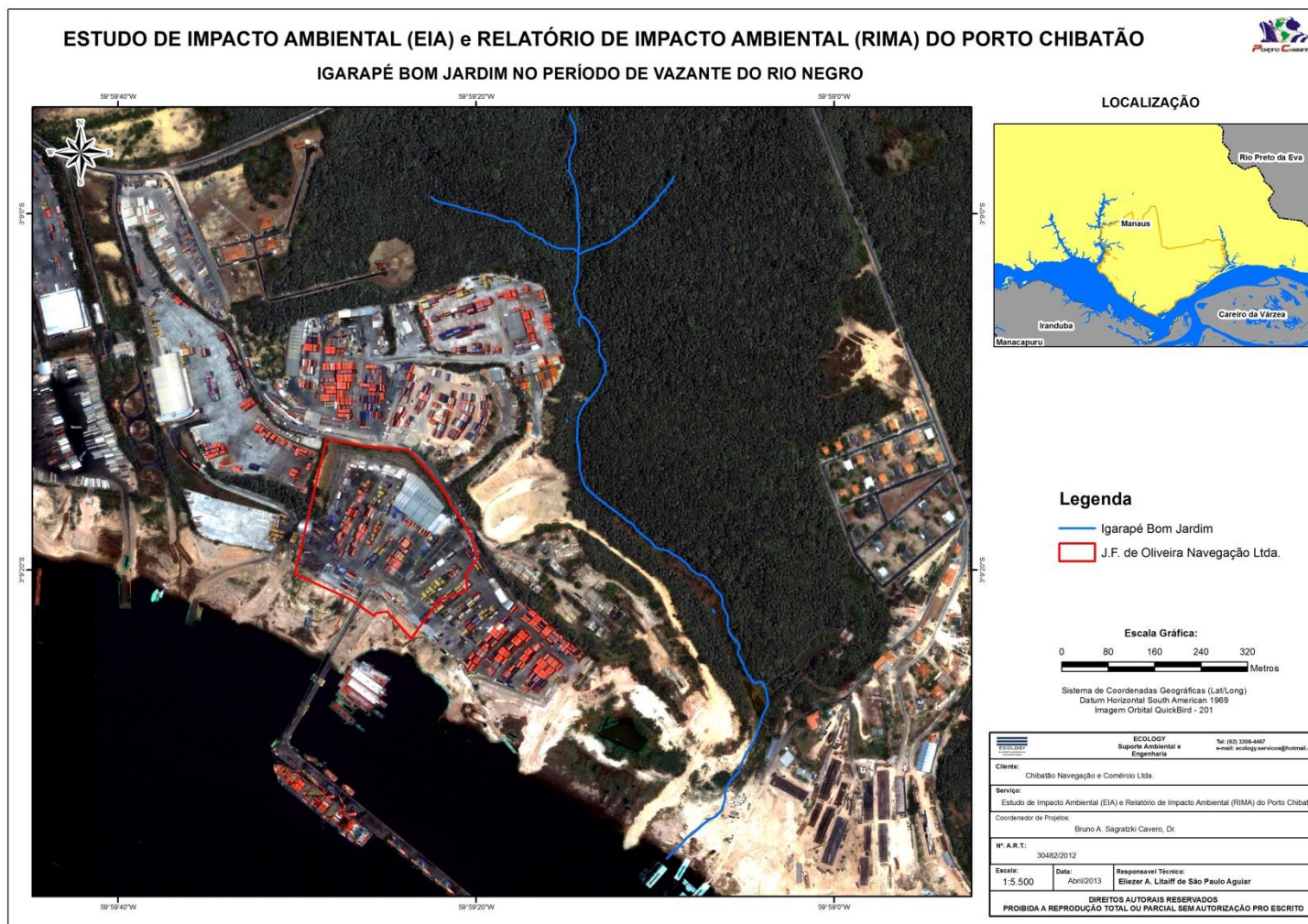


Figura 83. Igarapé Bom Jardim no período de vazante do Rio Negro



Tabela 46. Resultados das análises das variáveis da água do Rio Negro (abril a dezembro 2012) no igarapé Bom Jardim AID do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) setor da Frigomasa, Manaus, AM

|                                                                           |                     |                | Varáveis físicas e químicas da água observadas |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------------------|-----------|---------------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|-------------|---------------|------------------------------|-------|
| Coordenadas Geográficas                                                   |                     |                | pH                                             | OD        | Condutividade | Turbidez | STD     | Nitrito | Nitrato | Amônia | N total | Ortofosfato | Fosforo total | Óleos e graxas               | DBO   |
| PERÍODO DE COLETA                                                         | Latitude            | Longitude      | [H <sup>+</sup> ]                              | mg/L      | uS/cm         | NTU      | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L   | mg/L    | mg/L        | mg/L          | mg/L                         | mg/L  |
| mai/12                                                                    | 3° 09' 28,64"       | 59° 59' 06,20" | 4,5                                            | 2,3       | 14,56         | 1,29     | 10,25   | 0,012   | 0,125   | 0,069  | 0,936   | 0,084       | 0,105         | 2,568                        | 2,500 |
| jul/12                                                                    | 3° 09' 28,64"       | 59° 59' 06,20" | 4,6                                            | 3,2       | 18,2          | 1,86     | 18,58   | 0,150   | 0,110   | 0,089  | 0,852   | 0,095       | 0,125         | 3,520                        | 2,500 |
| set/12                                                                    | 3° 09' 28,64"       | 59° 59' 06,20" | 4,2                                            | 2,8       | 16,5          | 1,780    | 0,009   | 0,225   | 0,212   | 0,869  | 0,090   | 0,125       | 1,890         | 2,500                        | ---   |
| dez/10                                                                    | 3° 09' 28,64"       | 59° 59' 06,20" | 4,1                                            | 3,2       | 12,54         | 0,95     | 8,56    | 0,210   | 0,150   | 0,11   | 0,852   | 0,120       | 0,182         | ---                          | 3,000 |
| PADRÕES CONAMA 357/05                                                     | Faixas Permissíveis |                | 6,0 - 9,0*                                     | ≥2,00**** | NR            | 100,00*  | 500,00* | 1,00*   | 10,00*  | 3,70*  | 2,18*   | NR          | 0,15***       | Toleram-se iridescências**** | 3,00* |
| PADRÕES CONAMA 430/11                                                     | Faixas Permissíveis |                | ---                                            | ---       | ---           | ---      | ---     | ---     | ---     | ---    | ---     | ---         | ---           | 20,00                        | ---   |
| * Compatível com água Classe 1                                            |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| ** Compatível com água Classe 2                                           |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| *** Compatível com água Classe 3                                          |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| **** Compatível com água Classe 4                                         |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| Legendas:                                                                 |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| [H <sup>+</sup> ] = atividade do ion hidrogênio para a determinação do pH |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| μS/cm = microSiemens por centímetro                                       |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| mg/L = miligramas por litro de água                                       |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| NR = Não regulamentado pela Resolução CONAMA 357/05                       |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| NTU = Unidade Nefelométrica de Turbidez                                   |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| pH = potencial hidrogeniônico                                             |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio                                      |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |
| STD = Sólidos Dissolvidos Totais                                          |                     |                |                                                |           |               |          |         |         |         |        |         |             |               |                              |       |



### 3.9 Considerações Finais

Do ponto de vista hidrológico a operação do porto não influencia sobre a dinâmica do regime do ciclo hidrológico do Rio Negro;

O ciclo hidrológico (período cheio) influencia diretamente as áreas com relevo mais baixo, principalmente aqueles com cotas abaixo de 30m (NM), causando inundação;

A área do Porto Chibatão não deve sofrer com inundação do Rio Negro devido ao mesmo ter sido projetado para operar com cota de altitude acima de 30m;

Do ponto de vista geotécnico o ciclo hidrológico (principalmente em períodos de maior amplitude) influencia em todas as suas margens, principalmente em lugares com antropização aparente como é caso da orla da cidade de Manaus;

No empreendimento foi iniciado um processo de estabilização do maciço correspondente à área sul do empreendimento através de técnica de Geo-Grouting com a finalidade de mitigar o risco a possíveis movimentos de massa;

Do ponto de vista ambiental a qualidade da água do Rio Negro e do Igarapé Bom Jardim, não sofreu alterações que possam estar diretamente relacionadas à operação do Porto.

### 3.10 Sugestões

- Estabelecer os seguintes programas de monitoramento:

- a) Monitoramento do ciclo hidrológico
- b) Monitoramento da qualidade da água do Rio Negro e do Igarapé Bom Jardim