

**EIA – Capítulo 6**

**Diagnóstico Ambiental das Áreas de Influência**  
***Meio Físico***

**Linha de Transmissão 500 kV**

**Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas**  
**Maranhão/Piauí/Ceará**

**Julho/2014**

**ATE XX**

ATE XX Transmissora de Energia



**CARUSO JR**

ESTUDOS AMBIENTAIS & ENGENHARIA LTDA

## Sumário

6	Diagnóstico Ambiental das Áreas de Influência da Alternativa Seleccionada...	12
6.2	Meio Físico .....	13
6.2.1	Meteorologia e Climatologia .....	15
6.2.1.1	Clima e condições meteorológicas .....	16
6.2.2	Nível de Ruído.....	39
6.2.2.1	Cenário atual das fontes de ruído nas áreas de influência.....	40
6.2.2.2	Legislações aplicadas .....	44
6.2.2.3	Efeito Corona .....	45
6.2.3	Recursos Hídricos .....	47
6.2.3.1	Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental .....	48
6.2.3.2	Região Hidrográfica do Parnaíba .....	56
6.2.3.3	Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.....	65
6.2.3.4	Cursos d'água transpostos pelo empreendimento .....	72
6.2.3.5	Nascentes.....	76
6.2.3.6	Período de cheias e vazante .....	80
6.2.3.7	Áreas Alagáveis .....	82
6.2.4	Geologia.....	91
6.2.4.1	Aspectos geológicos da área de influência indireta (AII).....	92
6.2.4.2	Aspectos geológicos da área de influência direta (AID).....	120
6.2.5	Geomorfologia.....	123
6.2.5.1	Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Indireta (AII).....	131
6.2.5.2	Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Direta (AID).....	152
6.2.6	Paleontologia.....	157
6.2.6.1	Contexto paleontológico da área de estudo .....	159
6.2.6.2	Ocorrência de vestígio fósseis .....	160
6.2.6.3	Considerações Finais.....	175
6.2.7	Pedologia.....	177
6.2.7.1	Aspectos pedológicos da Área de Influência Indireta (AII) .....	181
6.2.7.2	Aspectos pedológicos da Área de Influência Direta (AID) .....	203
6.2.8	Espeleologia.....	212
6.2.8.1	Potencial Espeleológico Regional.....	215

6.2.8.2	Prospecção Espeleológica na AID .....	219
6.2.8.3	Considerações Finais.....	222
6.2.9	Recursos Minerais .....	223
6.2.9.1	Resultados.....	224
6.2.10	Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica .....	231
6.2.10.1	Geologia.....	232
6.2.10.2	Geomorfologia .....	234
6.2.10.3	Pedologia .....	235
6.2.10.4	Fitogeografia (Uso e Ocupação do Solo) .....	236
6.2.10.5	Climatologia .....	238
6.2.10.6	Análise integrada e riscos geotécnicos na AID .....	241
6.2.11	Desertificação .....	246
6.2.11.1	Núcleo Irauçuba.....	251
6.2.12	Anexos .....	255
6.2.12.1	Anexo - Diagnóstico Paleontológico .....	256
6.2.12.2	Anexo - Diagnóstico Espeleológico .....	257

## Índice de Figuras

Figura 6.1. Classificação climática do Brasil segundo o IBGE.....	17
Figura 6.2. Nebulosidade situada no Nordeste Brasileiro. ....	21
Figura 6.3. Precipitação acumulada média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	24
Figura 6.4. Isoietas e estações meteorológicas utilizadas para o estudo. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	26
Figura 6.5. Temperatura máxima média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	28
Figura 6.6. Temperatura mínima média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	29
Figura 6.7. Temperatura média mensal compensada para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	30
Figura 6.8. Gráfico de Rosa dos ventos. A) Estação Caxias (MA), B) Estação Teresina (PI), C) Estação Sobral (CE). Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	33
Figura 6.9. Umidade relativa do ar média mensal compensada para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	34
Figura 6.10. Pressão atmosférica média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	36
Figura 6.11. Insolação total média mensal para as estações de Caxias/MA, Teresina/PI e Sobral/CE. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	37
Figura 6.12. Exemplo de cenário de fontes de ruído proporcionadas ao longo do traçado da LT. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	42
Figura 6.13. Variação de ruído audível antes, durante e depois de um período chuvoso. Fonte: Freitas, 2010. ....	46
Figura 6.14. Regiões Hidrográficas Brasileiras segundo o PNRH de 2006. ....	48
Figura 6.15. Bacia Hidrográfica do Rio Mearim. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	52
Figura 6.16. Rio Itapecuru. Foto: CARUSO JR., 2013.....	53
Figura 6.17. Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	55
Figura 6.18. Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	58
Figura 6.19. Rio Parnaíba próximo à Teresina/PI. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	59
Figura 6.20. Rio Poti próximo a Teresina/PI. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	62
Figura 6.21. Barragem no rio Caldeirão. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	64
Figura 6.22. Bacia Hidrográfica do Rio Coreaú. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	68

Figura 6.23. À esquerda: Barragem Taquara no rio Jaibaras. À direita: Barragem Aires de Sousa no rio Jaibaras. Fotos: CARUSO JR., 2013.....	70
Figura 6.24. Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	71
Figura 6.25 Leitos de rio secos em Capitão de Campos/PI (esquerda) e Piripiri/PI (direita) identificados nas campanhas de campo. Foto: CARUSO JR., 2014.....	77
Figura 6.26 Identificação das nascentes na área de influência do empreendimento. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	79
Figura 6.27. Vazão média mensal no rio Itapecuru. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	81
Figura 6.28. Vazão média mensal no Rio Parnaíba. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	81
Figura 6.29. Vazão média mensal no rio Jaibaras. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	82
Figura 6.30 Classificação da intensidade dos impactos associados aos eventos de inundação para a elaboração do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações.....	84
Figura 6.31 Matriz de vulnerabilidade utilizada para a confecção do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações. ....	84
Figura 6.32 Áreas alagáveis identificadas no município de Nossa Senhora de Nazaré/PI. Foto: CARUSO JR., 2014. ....	85
Figura 6.33 Áreas vulneráveis à alagamentos identificadas a partir de dados primários e secundários. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	86
Figura 6.34 Área alagável em Campo Maior/PI, não presente na base de dados da ANA. Foto: CARUSO JR., 2014. ....	88
Figura 6.35 Áreas alagáveis presentes na AID no município de Presidente Dutra/MA. Foto: CARUSO JR., 2014. ....	90
Figura 6.36. Divisão da Província do Parnaíba em quatro bacias segundo Silva <i>et al.</i> (2003). ....	93
Figura 6.37. Estratigrafia da Bacia do Parnaíba apresentando as três supersequências de deposição. ....	94
Figura 6.38. Coluna estratigráfica da primeira sequência sedimentar da Bacia do Parnaíba. ....	95
Figura 6.39. Estratigrafia do Grupo Canindé. ....	96
Figura 6.40. Afloramento do arenito da Formação Cabeças ocorrendo sob aspecto ruinforme na área do Parque Nacional Sete Cidades, municípios de Brasileira e Piracuruca, ambos no Piauí. ....	98
Figura 6.41. Coluna litoestratigráfica mostrando a sobreposição das formações do Grupo Balsas. ....	101

Figura 6.42. Perfil da Formação Piauí indicando as camadas de rochas sedimentares predominantemente avermelhadas. ....	102
Figura 6.43. Argilito da Formação Pedra de Fogo em corte de rodovia (BR-343) no município de Altos/PI. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	103
Figura 6.44. Recobrimento do arenito da Formação Corda sobre derrame basáltico no município de Fortaleza das Nogueiras/MA. ....	106
Figura 6.45. Calcilitos da Formação Codó, com laminações onduladas, recortados por veios de calcita. Município de Codó/MA. ....	108
Figura 6.46. Arenitos finos com níveis de pelito da Formação Itapecuru, apresentando estratificação cruzada de baixo ângulo. Município de Santa Inês/MA. ....	109
Figura 6.47. Províncias estruturais brasileiras segundo Almeida (1977). 1 - Rio Branco; 2 - Tapajós; 3 - São Francisco; 4 - Tocantins; 5 - Mantiqueira; 6 - Borborema; 7 - Amazônica; 8 - Parnaíba; 9 - Paraná; 10 - Província Costeira e Margem Continental. ....	110
Figura 6.48. Afloramento de ortognaisses tonalíticos da Unidade Independência. ....	112
Figura 6.49. Coluna estratigráfica do Domínio Médio Coreaú, da Província Parnaíba, indicando a posição do Grupo Ubajara no Neoproterozoico sobreposto ao Grupo Martinópolis. ....	113
Figura 6.50. Estratigrafia do Grupo Jaibaras. ....	116
Figura 6.51. Arenito da Formação Pacujá encontrado em ambiente árido, com presença de lagoas, no município de Sobral. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	118
Figura 6.52. Localização das unidades geomorfológicas e os elementos do meio físico (Serra da Ibiapaba e Rio Parnaíba) que auxiliam na compreensão dos processos. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	124
Figura 6.53 Mapa de Declividades das áreas de influência do empreendimento - Folha 1. 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	127
Figura 6.54 Mapa de Declividades das áreas de influência do empreendimento - Folha 2. 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	128
Figura 6.55 Mapa Altimétrico das áreas de influência do empreendimento - Folha 1. 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	129
Figura 6.56 Mapa Altimétrico das áreas de influência do empreendimento - Folha 2. 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	130
Figura 6.57 Mapa Geomorfológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	132
Figura 6.58. Mapa Geomorfológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	133

Figura 6.59. Aspecto geral aplainado do relevo da unidade geomorfológica Pediplano Central do Maranhão. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	134
Figura 6.60. Registro fotográfico do Rio Parnaíba a partir da sua margem esquerda. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	135
Figura 6.61. Vista do escarpamento festonado do Planalto da Ibiapaba, no contato com a depressão periférica (Superfície Sertaneja). Fonte: SANTOS (2010). ....	138
Figura 6.62. Aspecto tabular ruiforme das camadas areníticas da Serra das Cangalhas (município de Piriapri/PI, comunidade Pé de Serra). Foto: CARUSO JR., 2013. ....	140
Figura 6.63. Registro fotográfico efetuado nas proximidades da obra de construção do Rodoanel de Teresina/PI (em evidência pelo maquinário operando) das formas de relevo residuais em grupamentos de mesas. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	141
Figura 6.64. Vasta área composta por grupamentos de lagos de <i>playa</i> nas proximidades de Campo Maior/PI (All, 1 km a noroeste do traçado da LT). Foto: CARUSO JR., 2013. ....	142
Figura 6.65. Aspecto geral da unidade geomorfológica Superfície Sertaneja. Registro obtido nas margens da Rodovia CE-321. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	143
Figura 6.66. Registro fotográfico do Rio Acaraú e sua planície fluvial, nas proximidades do núcleo urbano de Sobral. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	144
Figura 6.67. Barragem Taquara no Riacho/Rio Jaibaras, construída pelo DNOCS na tentativa de solucionar o problema da falta de disponibilidade de recursos hídricos para a população na região. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	145
Figura 6.68. Relevo aplainado por pedimentação no semiárido com relevo residual ( <i>inselbergs</i> ) ao fundo. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	150
Figura 6.69. Processo de erosão linear - sulcos no município de Teresina/PI - AID da LT. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	156
Figura 6.70. Ravinamento diagnosticado na estrada de acesso para área de influência direta (AID), nas proximidades de Ibiapina/CE. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	157
Figura 6.71. Localização da AP1 (polígono amarelo), e a Estação de Coleta1, em Presidente Dutra/MA. Elaboração: CARUSO JR, 2014. ....	162
Figura 6.72. Icnofóssil <i>Planolites</i> (à esquerda) e Icnofóssil <i>Planolites</i> (à direita), ambos encontrados na Estação de Coleta 1, AP1, Presidente Dutra/MA. Fotos: CARUSO JR., 2013. ....	163
Figura 6.73. Localização da AP2 e estações de coleta associadas, Teresina/PI. Elaboração: CARUSO JR., 2013. ....	164
Figura 6.74. Oólitos e pisólitos (à esquerda) e detalhe da ocorrência de Oólitos e pisólitos (à direita). Estação de Coleta 4, AP2, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014. ....	165

Figura 6.75. À esquerda, esteiras bacterianas na Formação Pedra de Fogo (pelito arroxado), próximas ao contato com a Formação Motuca (arenito laranja) e à direita, detalhe da ocorrência de esteiras bacterianas. Estação de Coleta 2, AP2, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014. ....	166
Figura 6.76. Estromatólito da Formação Pedra de Fogo, Período Permiano. Proveniente da Estação de Coleta 7, AP2, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014. ....	168
Figura 6.77. Vista geral da Estação de Coleta 6 (à esquerda) e caules fósseis, localizado na AP2. Formação Motuca, Período Permiano, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014.....	169
Figura 6.78. AP3, e Estação de Coleta 9, Formação Piauí, Período Carbonífero, Altos/PI. Elaboração: CARUSO JR., 2014.Fósseis. ....	170
Figura 6.79. Icnogênero <i>Arenicolites</i> , na Estação de Coleta 9, AP4, Formação Piauí, Período Carbonífero, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014. ....	171
Figura 6.80. Oólitos, 75 m ao leste da Estação de Coleta 9, AP3, Formação Pedra de Fogo, Período Permiano, Altos/PI. Foto: CARUSO JR., 2014.....	172
Figura 6.81. AP4, Estação de Coleta 10, Formação Itaim, Período Devoniano, Brasileira/PI. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	173
Figura 6.82. À esquerda, laje contendo exemplares do icnogênero <i>Planolites</i> , e à direita, detalhe de <i>Planolites</i> , Estação de Coleta 10, AP4, Formação Itaim, Período Devoniano, Brasileira/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014. ....	174
Figura 6.83. Icnofóssil não identificado, AP4, Formação Itaim, Período Devoniano, Brasileira/PI. Foto: CARUSO JR., 2014.....	175
Figura 6.84. Troncos petrificados do Paleógeno, AP5, Timon/MA. Fotos: CARUSO JR., 2014. ....	176
Figura 6.85. Mapa pedológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	179
Figura 6.86. Mapa pedológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	180
Figura 6.87. Perfis pedológicos da classe dos Argissolos Fotos: Hélio do Prado, 2014....	181
Figura 6.88. Argissolos Vermelho-Amarelos ocorrentes na região sul de Caxias/MA (à esquerda) e a oeste de Altos/PI (à direita), na All da LT. Fotos: CARUSO JR., 2013. ....	183
Figura 6.89. Argissolo Vermelho-Amarelo localizado na parte leste de Governador Eugênio Barros/MA. Fotos: CARUSO JR., 2013. ....	183
Figura 6.90. Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico ocorrente na região oeste de Presidente Dutra/MA. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	184



Figura 6.91. Perfis pedológicos da classe dos Latossolos. Fotos: A - Adami (2012), e B - Embrapa (2014). .....	186
Figura 6.92. Latossolos Amarelos ocorrentes na All. Fotos: CARUSO JR., 2013. ....	187
Figura 6.93. Latossolo Amarelo encontrado na região central de Piripiri/PI. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	187
Figura 6.94. Perfis pedológicos da classe dos Neossolos. Fotos: A - Ferreira (2009), B - Embrapa (2014). .....	190
Figura 6.95. Ambiente de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos na região central de Ibiapina/CE, na All do empreendimento. Fotos: CARUSO JR., 2013.....	191
Figura 6.96. Textura areia/areia franca dos Neossolos Quartzarênicos encontrados em Ibiapina/CE. Foto: CARUSO JR., 2013.....	192
Figura 6.97. Neossolos Litólicos ocorrentes na All da LT. Fotos: CARUSO JR., 2013.....	193
Figura 6.98. Perfis pedológicos da classe dos Planossolos. Fotos: Embrapa (2014).....	195
Figura 6.99. Ambiente de ocorrência dos Planossolos na All do empreendimento. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	196
Figura 6.100. Perfis pedológicos da classe dos Plintossolos. Fotos: A - Embrapa (2014), B - aguaesolos.net.....	197
Figura 6.101. Plintossolo ocorrente na região sul de Nossa Senhora de Nazaré/PI, local onde faz divisa com o município de Campo Maior/PI. Foto: CARUSO JR., 2013 .....	199
Figura 6.102. Plintossolo encontrado na região noroeste de Parnarama/MA, na All da LT. Foto: CARUSO JR., 2013 .....	200
Figura 6.103. Perfis pedológicos da classe dos Luvisolos. Fotos: A - Agrolink (2013) e B - Ferreira (2009) .....	201
Figura 6.104. Ambiente de ocorrência dos Luvisolos na periferia de Sobral/CE, na All do empreendimento. Fotos: CARUSO JR., 2013. ....	203
Figura 6.105. Argissolo Vermelho-Amarelo encontrado na AID da LT. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	204
Figura 6.106. Latossolo Vermelho-Amarelo da região leste de Ibiapina/CE, na AID. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	205
Figura 6.107. Ambiente de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos em Ibiapina/CE, na AID. Fotos: CARUSO JR., 2013.....	207
Figura 6.108. Ambiente de ocorrência da classe dos Planossolos, na AID. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	208
Figura 6.109. Plintossolo encontrado em São João da Fronteira/PI, na AID. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	209

Figura 6.110. Mapa de Potencial Espeleológico Regional na escala 1:250.000 – Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	217
Figura 6.111. Mapa de Potencial Espeleológico Regional na escala 1:250.000 – Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	218
Figura 6.112. Mapa de Pontos e Caminhamento de Campo na escala 1:250.000 – Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	220
Figura 6.113. Mapa de Pontos e Caminhamento de Campo na escala 1:250.000 – Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	221
Figura 6.114. Distribuição dos processos minerários, em relação às fases, localizados na AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas. ....	229
Figura 6.115. Distribuição dos processos minerários, em relação às substâncias, localizados na AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas. ....	230
Figura 6.116. Distribuição dos processos minerários, em relação aos usos, localizados na AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas. ....	231
Figura 6.117. Localização da área 1. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	243
Figura 6.118. Localização das áreas 2 e 3. Elaboração: CARUSO JR., 2014. ....	244
Figura 6.119. Localização da área 4. Elaboração: CARUSO JR., 2014.....	245
Figura 6.120. Áreas susceptíveis a erosão e núcleos de erosão. ....	250
Figura 6.121. Área com solo desprovido de cobertura vegetal no município de Sobral/CE. Foto: CARUSO JR., 2013. ....	253

### Índice de Tabelas

Tabela 6.1. Intensidade do Vento (m/s) registrada pelas estações utilizadas no estudo da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III e SEs Associadas referente aos anos de 1961-1990 (Normais Climatológicas). ....	31
Tabela 6.2. Densidade de descargas elétricas na AID do empreendimento referente ao ano de 1998-2011.....	38
A Norma NBR ABNT 10.152:2000 determina os limites dos níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos (Tabela 6.3). No cenário de implantação do empreendimento, esta norma poderá ser utilizada nos canteiros de obras, visando o conforto acústico dos operários durante suas jornadas de trabalho. ....	45
Tabela 6.4. Limite de ruído em decibéis db(A) definido na NBR 10.151 .....	45
Tabela 6.5. Rios transpostos pela LT.....	72
Tabela 6.6. Estações selecionadas para a análise de dados de vazão.....	80

Tabela 6.7. Conteúdo fossilífero das áreas paleontológicas (APs) reconhecidas e estações de coleta (ECs). ..... 160

## Índice de Quadros

Quadro 6.1. Dados das estações meteorológicas utilizadas no estudo. .... 15

Quadro 6.2. Relação entre a distância das alternativas de áreas para canteiro de obra com residências de proximidade. Elaboração: CARUSO JR., 2014. .... 42

Quadro 6.3. Etapas para confecção do mapa de potencial espeleológico regional. .... 216

Quadro 6.4. Situação dos processos de mineração localizados na faixa de servidão do empreendimento. .... 226

Quadro 6.5. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais. .... 232

Quadro 6.6. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema geologia. .... 233

Quadro 6.7. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema geomorfologia. .... 235

Quadro 6.8. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema pedologia. .... 236

Quadro 6.9. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema uso do solo. .... 238

Quadro 6.10. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema uso do solo. .... 240

Quadro 6.11. Classes de vulnerabilidade geotécnica ocorrentes na AID. .... 241

Quadro 6.12. Coordenadas de referência das áreas de vulnerabilidade geológico-geotécnicas, consideradas instáveis, localizadas na AID da LT. .... 242

Quadro 6.13. Classificação do clima segundo o índice de aridez. .... 246

Quadro 6.14. Indicadores de desertificação. .... 248

Quadro 6.15. Estimativas de classes mapeadas nas décadas 70, 80, 90 e 2000 para área (km<sup>2</sup>) objeto de estudo, utilizando imagens do satélite Landsat TM5 e ETM+7. .... 252

**6 Diagnóstico Ambiental das Áreas de Influência da  
Alternativa Selecionada  
*Meio Físico*  
LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e  
Subestações Associadas  
MA/PI/CE**

## 6.2 Meio Físico

O diagnóstico ambiental do meio físico foi elaborado a partir de dados e informações provenientes de instituições de caráter público e privado, literatura científica e de levantamentos de campo realizados por profissionais de comprovada experiência em suas respectivas áreas de atuação.

Este capítulo está organizado em tópicos de forma a produzir um retrato objetivo da realidade encontrada na área de influência da Linha de Transmissão 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas, e segue as diretrizes definidas no TR/IBAMA, item 6.2. Quando possível foi mantida a itemização proposta pelo TR, nos demais casos procurou-se apresentar os itens de acordo com a disposição inerente às informações técnicas.

Para a caracterização da **Meteorologia e Climatologia** da região de estudo, foram utilizados trabalhos de diversos autores que abrangem a temática, bem como os dados das normais climatológicas das Estações Meteorológicas dos três estados interceptados pela LT, localizadas mais próximas ao empreendimento e operadas pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Para a caracterização do item 6.2.1.1.7 - Nível Ceráunico foram utilizados dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), referentes aos municípios interceptados pela LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas. Os dados históricos compreenderam um período de 1998 a 2011.

Para o levantamento do **Nível de Ruído** foi feita a caracterização das principais atividades que poderão alterar os níveis de pressão sonora habituais nas áreas de intervenção do projeto, seja pela abertura de acessos, ou pelas atividades de instalação e operação da linha de transmissão e subestações associadas, sempre levando em consideração que a linha de transmissão em seu traçado já considera afastamento de aglomerados urbanos.

Para o diagnóstico dos **Recursos Hídricos**, foram abordados diversos temas relacionados aos recursos hídricos situados nas áreas de influência do empreendimento, com base em informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Para a descrição da **Geologia, Geomorfologia e Pedologia**, ocorrentes nas áreas de influência do projeto, foram utilizados estudos publicados pelo CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), projeto RADAM BRASIL, e estudos de diversos autores especializados em suas áreas específicas. Além desses, levantamentos de campo e avaliações *in loco* permitiram a caracterização fisiográfica da região.

A metodologia utilizada para descrição da **Paleontologia** considerou o levantamento do potencial fossilífero através da identificação das unidades geológicas (bacias sedimentares, grupos e formações) ocorrentes na AID do empreendimento, com base em diversos estudos da literatura geológica e paleontológica disponível. Para refinamento das informações e localização de alvos de maior relevância para o estudo, foram realizados trabalhos de campo e avaliações na área de interesse.

No item **Espeleologia** são apresentados dados relacionados às cavidades subterrâneas com base no preconizado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio), órgão responsável pela conservação do Patrimônio Espeleológico Nacional. Foi considerado o mapeamento do potencial espeleológico, através de caminhadas realizadas ao longo de toda a área de prospecção (AID - 500 m para cada lado a partir do traçado da LT), objetivando a caracterização de feições exocársticas e endocársticas.

Apresenta-se o levantamento de **Recursos Minerais** localizados na AID, cujos dados foram extraídos do banco de informações disponibilizadas no Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), por meio do sítio eletrônico do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Neste estudo foi incluído o item de **Desertificação**, dada importância da presença do processo na área objeto de estudo. Para sua caracterização foram consultadas diversas publicações de órgãos oficiais, tais como: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí, e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do

Estado do Maranhão; bem como diversas publicações científicas e dissertações de mestrado e teses de doutorado com foco na área de interesse.

Por fim, para o tópico **Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica** foram utilizadas as informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas e climatológicas de ocorrência na área de abrangência da AID do empreendimento, associadas ao uso e ocupação do solo. A partir da aplicação de metodologia específica, procedeu-se a integração das informações geradas e o processamento dos dados a partir da determinação de valores para ponderação das unidades ambientais mapeadas na área de estudo. A consolidação do mapa foi realizada através de Sistema de Informações Geográficas, com vistas a permitir que as áreas de maior vulnerabilidade fossem realçadas e consideradas na instalação da Linha de Transmissão 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas.

### 6.2.1 Meteorologia e Climatologia

O conhecimento do clima e dos fatores meteorológicos é de suma importância para o desenvolvimento da vegetação e para as atividades humanas.

Para caracterização climática do estudo da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas, foram utilizados dados de estações meteorológicas convencionais operadas sob responsabilidade do INMET próximas a área do empreendimento. Os dados foram obtidos conforme os parâmetros previstos nas normais climatológicas em um período de 30 anos, referente aos anos de 1961-1990.

O Quadro 6.1 apresenta dados das estações meteorológicas convencionais utilizadas no presente estudo.

**Quadro 6.1. Dados das estações meteorológicas utilizadas no estudo.**

Estação	Município	Latitude UTM (SIRGAS 2000)	Longitude UTM (SIRGAS 2000)	Altitude (m)	Tipo de estação	Órgão Responsável	Dados (Período)	Distância da LT (km)
Caxias	Caxias/MA	9461481,966 53 m S	682970,367 024 m E	103,56	Convencional	INMET	1961-1990	37
Teresina	Teresina/PI	9438085,332 69 m S	741690,710 865 m E	74,36	Convencional	INMET	1961-1990	15
Sobral	Sobral/CE	9587605,549 45 m S	352302,466 428 m E	109,62	Convencional	INMET	1961-1990	0,55

Fonte: Elaborado a partir de INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2014.

Devido à deficiência de dados do INMET para a caracterização do nível cerâmico, foram utilizados dados do INPE, compreendidos entre 1998-2011, referentes aos municípios interceptados pelo empreendimento.

### **6.2.1.1 Clima e condições meteorológicas**

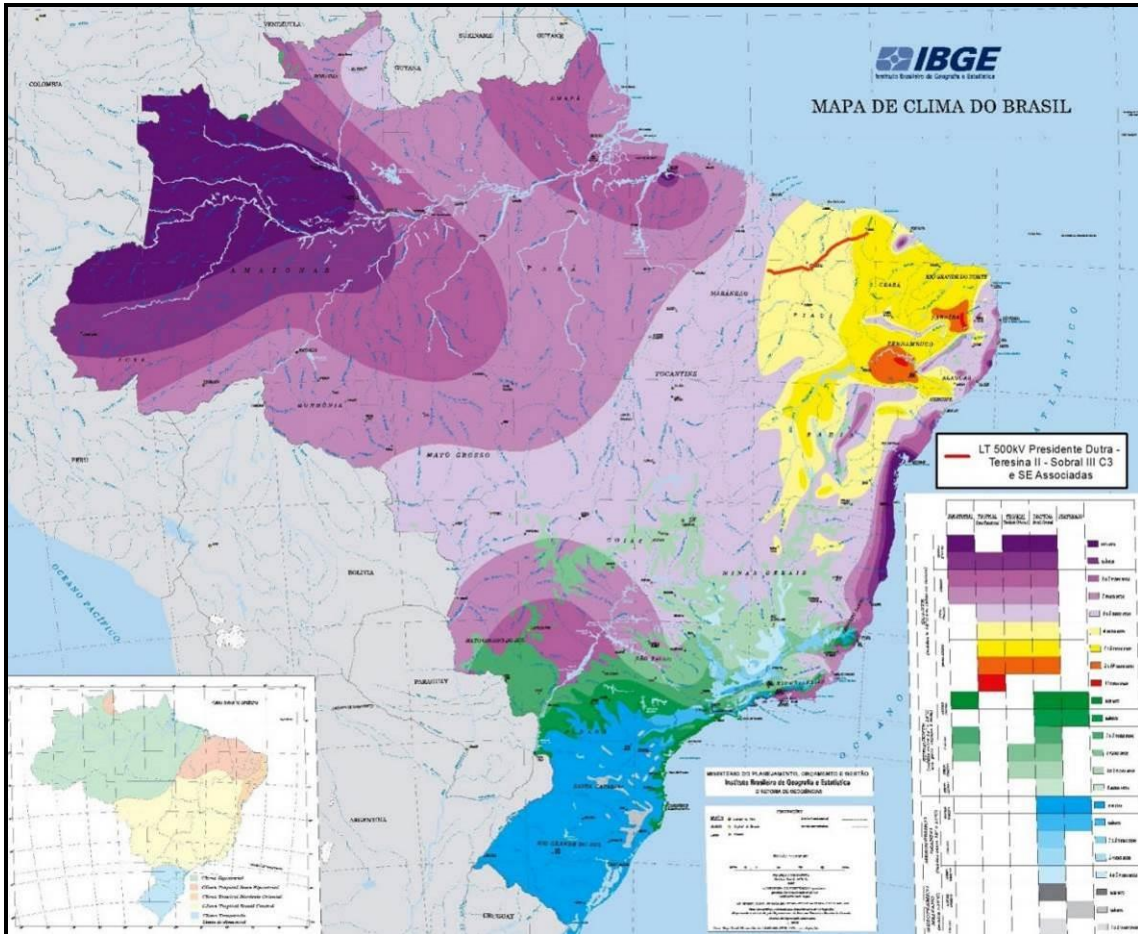
O clima corresponde ao comportamento da atmosfera ao longo de um intervalo de trinta anos em um determinado ponto de superfície terrestre, conforme convencionado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Ayoade (1996) define a meteorologia como o estudo da interação entre atmosfera e superfície terrestre, sendo esta definição apresentada em menor escala de tempo.

A atmosfera terrestre é um fluido e conseqüentemente o seu comportamento não pode ser entendido a nível regional (VAREJÃO, 2006). Ela deve ser entendida como um todo para que se possa compreender como funcionam seus elementos de temperatura, umidade, pressão, direção e velocidade dos ventos, precipitação, etc.

A região em estudo está localizada no Nordeste brasileiro (NEB) e segundo a classificação climática do IBGE (2005), o empreendimento localiza-se no clima tropical caracterizado por clima quente com temperaturas acima de 18°C em todos os meses do ano.

Devido a sua localização próxima a linha do Equador, a região apresenta clima e condições meteorológicas peculiares. O subtipo climático do estado do Maranhão está classificado como semiúmido com ocorrência de quatro a seis meses seco. Piauí localiza-se no semiárido e apresenta seis meses secos. Ceará também está incluído no subtipo climático semiárido, porém a duração do período de seca varia entre sete a oito meses (Figura 6.1).





**Figura 6.1. Classificação climática do Brasil segundo o IBGE.**

Fonte: IBGE, 2005.

De acordo com a classificação climática de Koppen (1948), a região está classificada por dois tipos climáticos: Aw e Bsh. O estado do Maranhão está sob o clima Aw - Clima tropical chuvoso com estação seca de inverno, no mês mais frio do ano a temperatura média é superior a 18°C. Piauí e Ceará encontram-se no tipo climático Bsh - clima seco e quente de estepe, semiárido, com temperatura média anual superior a 18°C e chuvas de outono-inverno.

O clima tropical apresenta duas estações bem marcadas: verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas são elevadas durante o ano com precipitações de variação sazonal, sendo as maiores registradas no verão e inverno caracterizado pela seca na região do clima semiárido. A umidade relativa do ar também apresenta altas porcentagens neste tipo de clima. Os dados de insolação estão bem distribuídos e apresentam pequenas variações durante os meses do ano.

O clima semiárido está sob influência de forte insolação, temperaturas altas, baixa precipitação que conseqüentemente ocasiona regimes de escassez hídrica.

Para os fenômenos meteorológicos de mesoescala e de escala sinótica, podemos citar a influência da circulação Hadley-Walker, Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Atlântico Norte, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), cavado equatorial, elevado albedo da superfície, penetração de sistemas frontais, anomalias de temperaturas das águas oceânicas do Atlântico e do Pacífico, linhas de instabilidade (linhas de nuvens que se formam sobre a região com efeitos de brisa marítima e terrestre) massa tropical marítima, frentes frias, além da influência da topografia da região que provocam chuvas de barlavento e sotavento, brisas de vale e montanha, entre outros mecanismos atmosféricos (VIANELLO, 2000).

## **Fenômenos meteorológicos de mesoescala**

Os fenômenos meteorológicos de mesoescala da All do empreendimento são caracterizados por linhas de instabilidade, associadas às pequenas pressões barométricas (VIANELLO, 2000). Elas foram designadas como linhas por apresentarem forma alongada. Atuam no interior da massa equatorial continental, são responsáveis pela formação de nuvens cumuliformes e pelos efeitos de brisas marítimas e terrestres, originadas pelo aquecimento desigual entre a superfície terrestre e as águas oceânicas, resultando em precipitações.

De acordo com Varejão (2006), durante os dias ensolarados a superfície do continente é aquecida mais rapidamente se comparada ao oceano. Conseqüentemente, a pressão é mais baixa propiciando o desenvolvimento de correntes convectivas ascendentes sobre o continente, resultando na formação de nuvens. Nos oceanos permanece a alta pressão que estabelece uma circulação fechada em movimentos ascendentes na costa e subsidentes sobre o mar. Dessa maneira, o vento sopra do oceano para o continente. Esse sistema é chamado de brisa marítima.

Entende-se por brisa terrestre, a variação desse sistema durante o período noturno. Durante a noite, o continente perde calor mais rápido que o oceano. O

continente se esfria e o oceano permanece aquecido resultando na formação de baixa pressão que gera nuvens convectivas de movimentos ascendentes. O sentido do vento muda, passa a soprar do continente para o mar.

Relacionando os fenômenos atmosféricos à topografia da região, ressalta-se a atuação das brisas do vale e da montanha no sistema de ventos diários. Durante a noite, o ar sopra vale abaixo. Ele entra em contato com o solo aumentando a sua densidade e facilita a tendência de escoamento pelas encostas acumulando-se nos vales. Já durante o dia, o ar em contato com as encostas aquecidas pelo Sol adquire calor e se expande tornando-se menos denso, o ar sobe as encostas.

Segundo Ferreira *et al.* (2005), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) caracterizados por aglomerados de nuvens, propiciam chuvas isoladas na região condicionadas pelo relevo local e por diferentes sistemas de pressão.

### **Fenômenos meteorológicos de escala sinótica**

Através dos fenômenos meteorológicos de escala sinótica, é possível ter conhecimento dos eventos predominantes na região sob uma visão geral da atmosfera. São apresentados em pequena escala e atuam através de sistemas de pressão, massas de ar, anticiclones e ciclones.

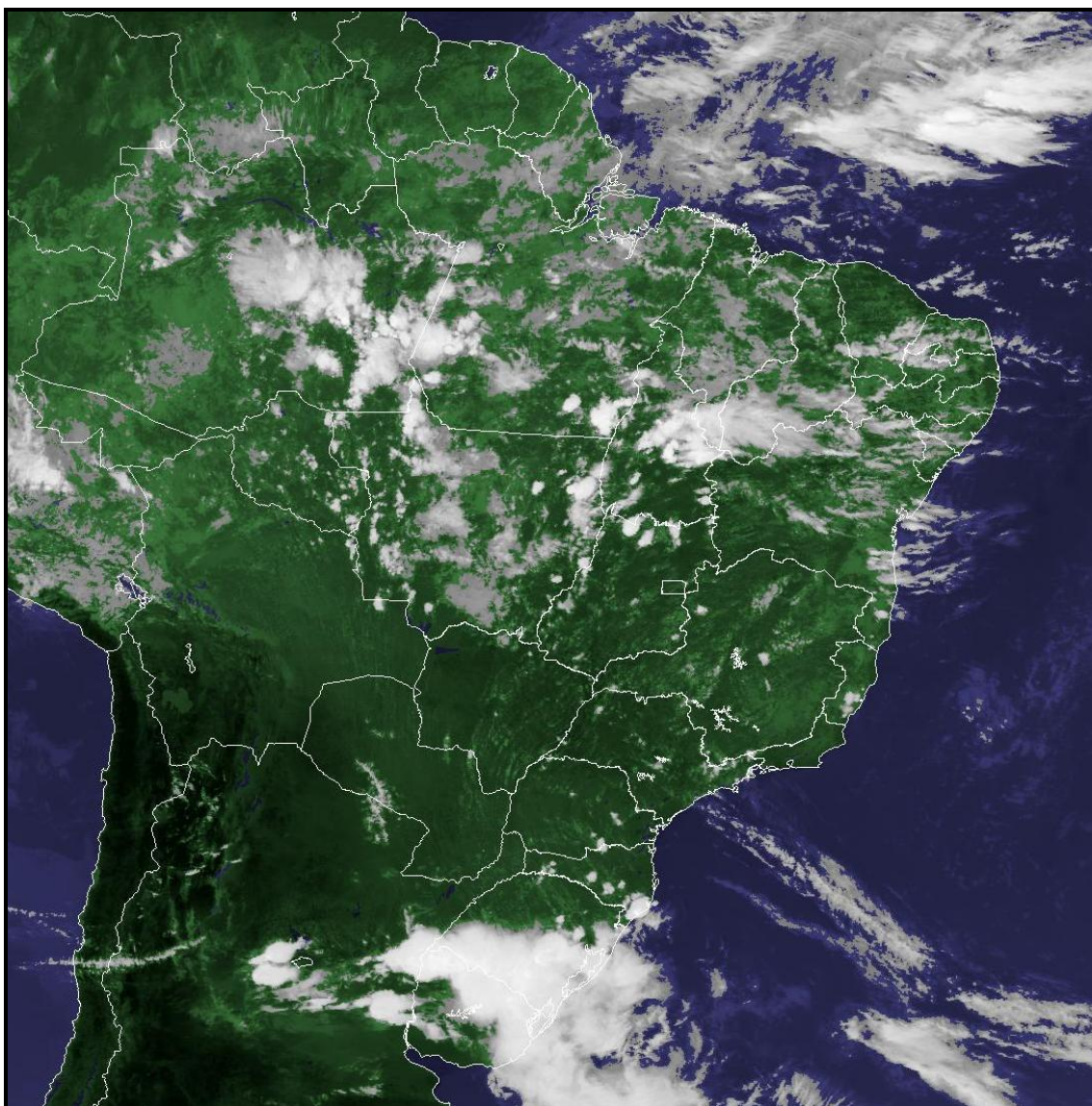
Para a região em estudo cita-se a influência da circulação atmosférica de Walker, responsável pela alta pressão situada no NEB que conseqüentemente interfere em outros mecanismos atmosféricos. Segundo Varejão (2006), ela está atrelada ao aquecimento diferencial que se verifica entre continentes e oceanos. Os sistemas de pressão atmosféricos sob a superfície terrestre estão relacionados com a temperatura sobre os oceanos. A temperatura da água quando elevada, o ar aquecido em contato com ela tende a formar um centro de baixa pressão na superfície, o que favorece os movimentos verticais ascendentes.

Os VCAN (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis) são um conjunto de nuvens em forma de círculo que giram no sentido horário e influenciam na ocorrência de chuvas. A sua presença pode causar inibição de chuvas quando a região situa-se no centro desse sistema devido à alta pressão. Na periferia dos VCAN a região é atingida por chuvas (FERREIRA e MELLO, 2005).

Entre outros fenômenos meteorológicos de escala sinótica, destaca-se o Anticiclone do Atlântico Sul (AAS) e Massa Tropical Marítima. Segundo Vianello (2000), esses dois sistemas são responsáveis pela subsidência e conversão dos ventos alísios, onde sob tais condições atuam as ondas de leste, caracterizadas por movimentos de leste-oeste auxiliando na intensidade dos alísios e conseqüentemente nas precipitações.

### **ZCIT (Zona de Convergência Intertropical)**

A ZCIT é uma faixa de encontro dos ventos alísios de Nordeste no Hemisfério Norte e Sudeste no Hemisfério Sul. Devido às instabilidades atmosféricas encontradas nessa região, há o desenvolvimento de intensas atividades convectivas associadas ao aquecimento do solo. A ascensão do ar quente e úmido para a atmosfera favorece a formação de centros de baixa pressão com elevados índices de umidade, na qual são responsáveis pela formação de nuvens do tipo cumuliformes geradoras de precipitações abundantes (Figura 6.2).



**Figura 6.2. Nebulosidade situada no Nordeste Brasileiro.**

Fonte: CPTEC/INPE, 2014.

### **El Niño e La Niña**

As atividades de *El Niño* e *La Niña* estão associadas aos eventos extremos. Cavalcanti *et al.* (2009), assinalam a combinação dos fenômenos de *El Niño* - Oscilação Sul (ENOS) com a temperatura do oceano Pacífico aos eventos de seca do NEB, devido as trocas de energia. O aquecimento anômalo das águas do Pacífico Leste está associado à circulação atmosférica de Walker. O deslocamento para leste causa movimento ascendente sobre as águas quentes do Pacífico Equatorial Leste e descendente no Atlântico Tropical Norte e Nordeste, inibindo a intensidade da ZCIT. As anomalias dos sistemas climáticos ocorrentes no oceano

Pacífico Equatorial tem consequência sobre o oceano Atlântico, de onde originam fenômenos meteorológicos que se instalam no interior dos continentes.

Bernardo *et al.* (2002), destacam a influência do fenômeno *El Niño* nas maiores secas, porém os menores eventos de seca não estão necessariamente relacionadas ao *El Niño*, devido as variações temporais e espaciais dos fenômenos atuantes na região.

O fenômeno *La Niña* é o inverso do *El Niño*. Ambos estão correlacionados com anomalias da Temperatura da Superfície do Mar, porém, a *La Niña* apresenta anomalias positivas nas águas do oceano Atlântico Sul, onde as águas mais quentes que o normal junto com o resfriamento anômalo das águas do Atlântico Norte seriam responsáveis pelo aumento na intensidade de chuvas no NEB, principalmente no litoral.

Devido ao evento de *La Niña*, os ventos alísios se tornam mais intensos e resultam em águas mais aquecidas e consequentemente a taxa de evaporação é elevada resultando em movimentos ascendentes que geram a célula de Walker ocasionando as precipitações (CPTEC, 2014).

Segundo Varejão (2006), a dimensão do oceano Pacífico permite maior interação entre oceano e atmosfera que os demais oceanos. A sua localização na zona tropical e a influência que exerce sobre ela, está relacionada com a maior quantidade de energia solar incidente sobre essa região.

Sobretudo, percebe-se que as variações de precipitação ocorrem por consequência da relação entre oceano e atmosfera em diferentes escalas.

### **6.2.1.1.1 Precipitação**

Em virtude da proximidade com a linha do Equador, a região está sob influência de diversos fatores que caracterizam o regime de precipitação. Segundo Vianello (2000), a precipitação no Nordeste é predominantemente convectiva e possui variabilidade temporal e espacial de caráter anômalo.

Segundo Varejão (2005), a umidade do ar elevada junto com os ventos calmos é responsável pela formação de nuvens. A principal causa da precipitação no

Nordeste brasileiro está relacionada ao movimento da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) para o sul no verão e na primavera (CAVALCANTI *et al.*, 2009). Os períodos de seca estão relacionados com a posição desse sistema ao norte no outono-inverno. As precipitações comportam-se com variações anuais: alguns anos podem ser marcados por secas e outros por inundações, devido à oscilação desse sistema e aos períodos com ocorrência de eventos de *El Niño* e *La Niña*.

A ação do sistema VCAN é mais intensa no litoral, devido à proximidade com o oceano Atlântico e a influência da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Já no interior, o relevo serve como barreira diminuindo a intensidade dos sistemas meteorológicos acima citados.

Vianello (2000) destaca a influência das ondas de leste na precipitação. As ondas de leste estão associadas aos ventos alísios e deslocam-se de leste para oeste favorecendo a formação de nuvens juntamente com outros sistemas meteorológicos atuantes na região.

De acordo com Ab' Saber (1999), o clima semiárido quente dos sertões secos encontrado no NEB é caracterizado pela irregularidade na chegada de chuvas de verão. Originadas pela ação dos sistemas de baixa pressão e ascensão do ar quente-úmido para atmosfera, resultam em chuvas rápidas e torrenciais.

Apesar da influência de diversos atributos que intensificam a taxa do regime pluviométrico, o clima semiárido possui índice pluviométrico baixo ao longo do ano, causa deficiência nos recursos hídricos e prejudica o desenvolvimento da vegetação. Sendo assim, as precipitações são um dos principais atributos que contribuem para determinar a capacidade hídrica no semiárido. Ab' Saber (1999), destaca que sob essas condições de clima, os rios são drenados para o mar e dependem do ritmo das chuvas. Dessa maneira eles apresentam caráter intermitente, isto é, a água desaparece nos períodos de estiagem.

Sobretudo, percebe-se que as variações de precipitação ocorrem por consequência da relação entre oceano e atmosfera em diferentes escalas.

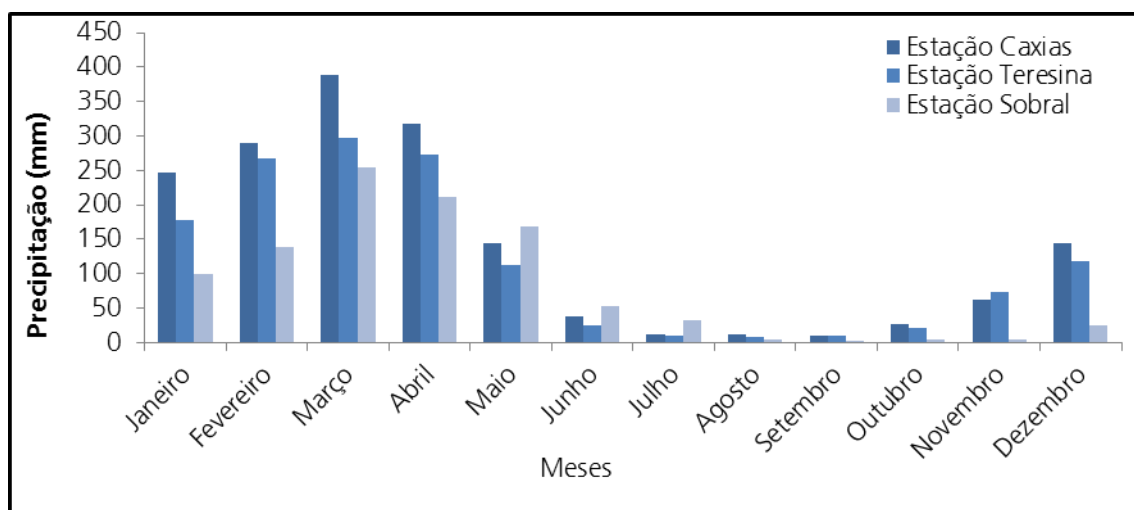
Todos os aspectos meteorológicos apresentados possuem características semelhantes e estão correlacionados atuando na formação ou inibição de nuvens

tendo como resultado o índice pluviométrico que irá caracterizar os períodos de estiagem (inverno) e os períodos chuvosos (verão).

Maranhão, Piauí e Ceará são os estados nordestinos mais influenciados pela ZCIT. As máximas precipitações ocorrem nos meses de março e abril, devido à influência da ZCIT do Atlântico e sua posição durante esse período do ano (CAVALCANTI *et al.*, 2009). A estação chuvosa compreende o período de novembro a maio, por outro lado, o período de junho a outubro é marcado pela seca. Entre os três estados em estudo, Ceará é o que apresenta maior deficiência do regime pluviométrico (Figura 6.3).

A precipitação total acumulada registrada pela estação Caxias (Normais Climatológicas de 1961-1990) foi de 1.690,4 mm. A estação Teresina registrou 1.393,2 mm e 995,6 mm foi registrado pela estação Sobral.

As diferenças regionais e topográficas favorecem a formação de microclimas e a distribuição de chuvas, caracterizando assim os fenômenos de mesoescala. Como afirma Vianello (2000) "no litoral, a precipitação anual supera 1.600 mm anuais, enquanto no interior não ultrapassa 400 mm em certas áreas".



**Figura 6.3. Precipitação acumulada média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de dados de Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).

Os dados de isoietas foram obtidos do CPRM (Serviço Geológico do Brasil) correspondente ao período de 1977-2006. Embora os dados das Normais Climatológicas de 1961-1990, utilizadas no presente estudo, não compreendem o



mesmo período que os apresentados pelas isoietas, verifica-se que os dados de precipitação do INMET estão condizentes ou assemelham-se com os resultados apresentados pelo CPRM.

Com o intuito de atender as solicitações do TR, buscou-se representar em mapa a concentração das atividades pluviométricas nos três estados interceptados pelo empreendimento com as devidas localizações das estações meteorológicas utilizadas na caracterização do clima e condições meteorológicas. Na Figura 6.4 é apresentado o mapa de isoietas totais anuais, onde pode se observar que as menores precipitações são registradas no estado do Ceará e aumentam em direção aos outros estados: Piauí e Maranhão, respectivamente. O mapa de isoietas também foi acrescentado no caderno de mapas do estudo LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas.

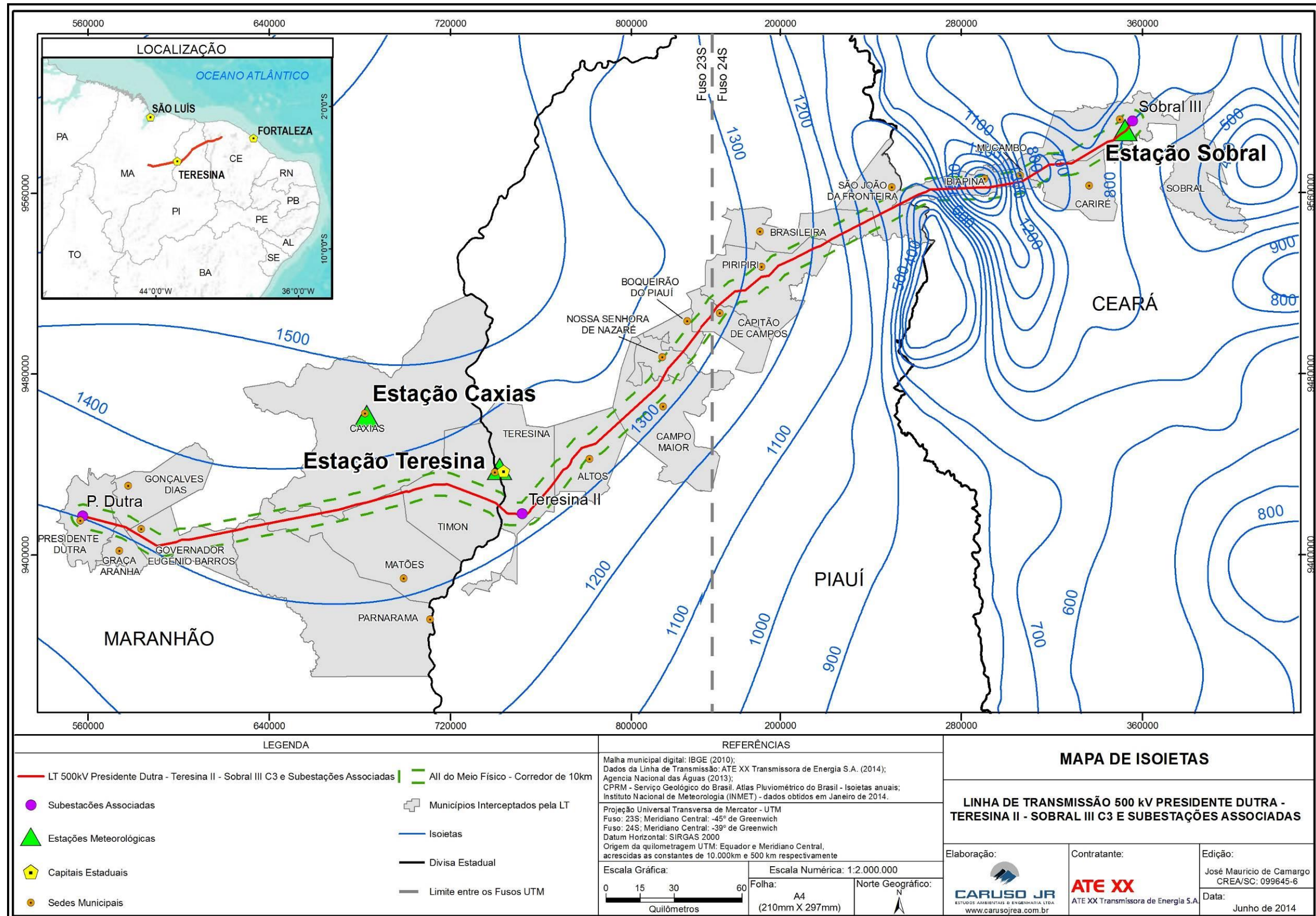


Figura 6.4. Isoietas e estações meteorológicas utilizadas para o estudo. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### **6.2.1.1.2 Temperatura do ar**

A temperatura do ar é o resultado da quantidade de energia solar que chega a uma região tendo influência na superfície do solo, resultando num processo de transferência de calor para a atmosfera (VIANELLO, 2000). Entre outros fatores que determinam a temperatura do ar de uma região, cita-se a localização das regiões litorâneas e continentais.

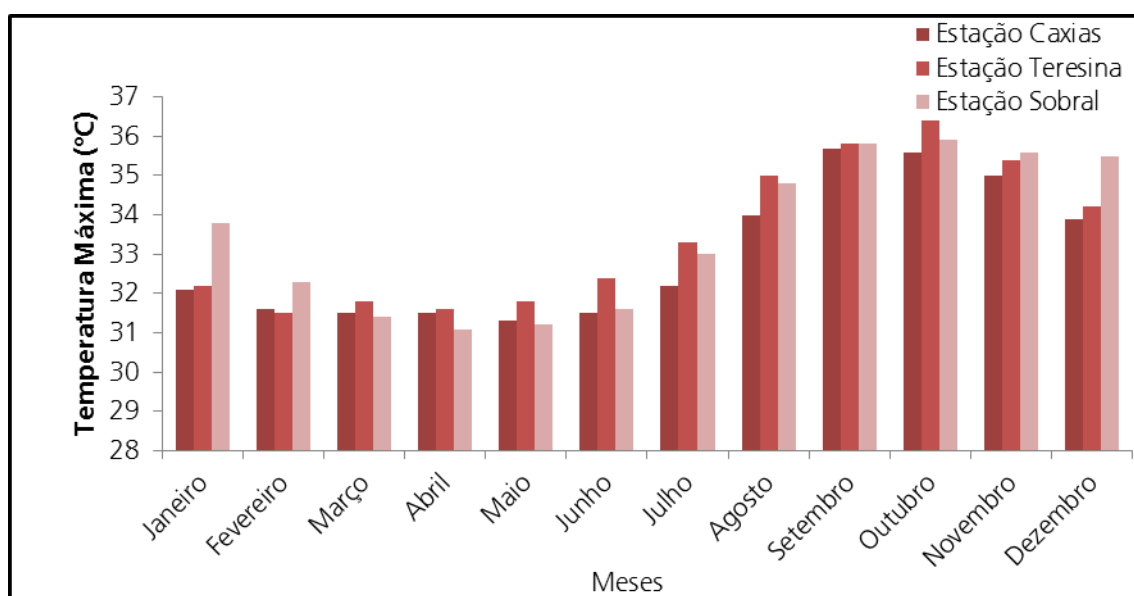
As variações da temperatura do ar podem ocorrer com os períodos diurnos e noturnos e também devido às estações do ano. A temperatura da região em estudo sofre influência da baixa latitude e altitude do relevo. A latitude define as zonas climáticas do globo, que são divididas em tropicais, equatoriais e temperadas, determinadas por sistemas astronômicos. A altitude varia com o relevo de cada região em relação ao nível do mar.

Apesar do empreendimento não estar situado no litoral, os fenômenos que ocorrem na parte litorânea refletem nos resultados de temperatura do ar no interior dos continentes. A atuação de sistemas responsáveis pela formação de nuvens (já citados) na região em estudo diminui a passagem da radiação solar e causam uma pequena queda na temperatura. Deve-se considerar ainda que a vegetação seca do clima semiárido que participa no processo de transferência de calor com a atmosfera.

Para a caracterização do item de temperatura do ar, foram apresentados dados das máximas, mínimas e médias temperaturas a fim de se analisar os resultados das Normais Climatológicas do INMET. Na análise, observou-se que os dados das três estações meteorológicas apresentam pequenas diferenças.

De acordo com Ayoade (1996) no verão são registradas as maiores temperaturas do que no inverno. As maiores temperaturas concentram-se nos meses mais secos, e as menores nos meses chuvosos. Essa variação ocorre devido à presença ou ausência de sistemas meteorológicos responsáveis pela formação de nuvens, já que a nebulosidade interfere na passagem de radiação solar e conseqüentemente diminui o aquecimento na região.

Correlacionando os dados de temperatura do ar com os dados de insolação (Figura 6.5), observa-se que os meses de maior insolação são também os meses de temperaturas superiores. As máximas temperaturas foram registradas nos meses de primavera-verão (setembro a fevereiro). A temperatura média anual registrada pela estação Caxias foi 33°C. As estações Teresina e Sobral registraram a média anual de 33,5°C. O gráfico apresenta as oscilações das médias mensais correspondentes às normais climatológicas. Dessa forma, verificou-se que as temperaturas máximas médias foram registradas no mês de setembro para estação Caxias (35,7°C) e no mês de outubro para estações Teresina e Sobral (36,4°C e 35,9°C, respectivamente) (Figura 6.5).

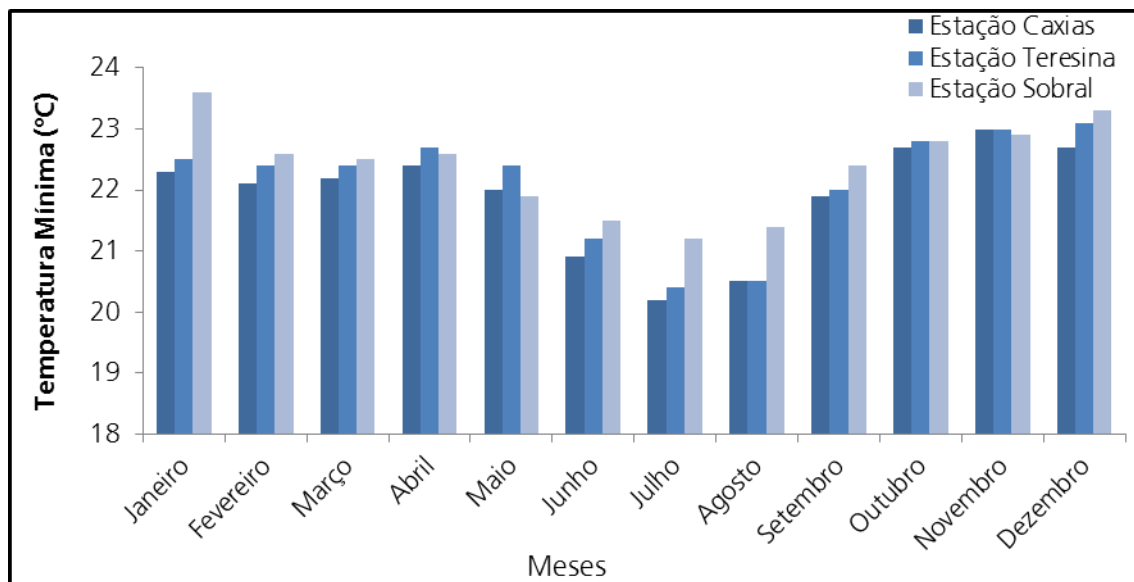


**Figura 6.5. Temperatura máxima média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de dados de Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).

As temperaturas mínimas (Figura 6.6) estão relacionadas com os mecanismos atmosféricos de alta pressão que se instalam na região, principalmente nas estações de outono-inverno (março a agosto). Com referência a temperatura mínima média anual foram registradas as temperaturas de 21,9°C, 22,1°C e 22,4°C respectivamente nas estações de Caxias, Teresina e Sobral.

No que tange as temperaturas mínimas médias foram registradas para a estação Caxias 20,2°C, 20,4°C para estação Teresina, e 21,2°C para estação Sobral, todas correspondentes ao mês de julho.



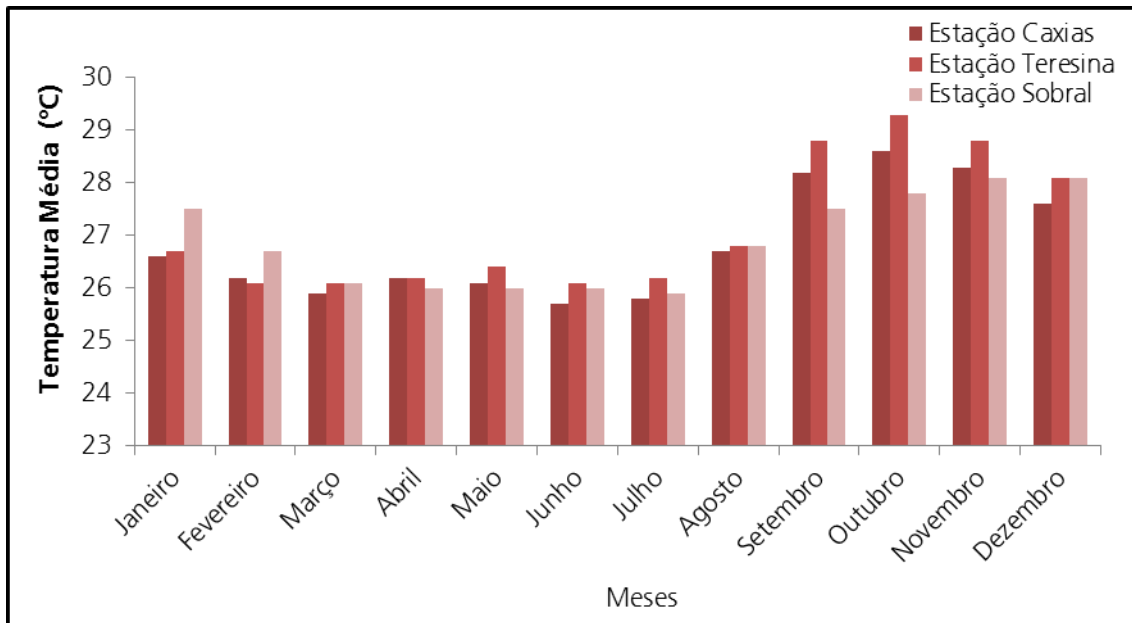
**Figura 6.6. Temperatura mínima média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de dados de Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).

O clima tropical do Nordeste Brasileiro apresenta elevadas temperaturas durante o ano todo. No inverno as temperaturas são superiores a 18°C, e nos meses de verão são registradas as máximas. Segundo as Normais Climatológicas (1961-1990), a temperatura média anual compensada para as estações analisadas nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará é de 27°C.

A temperatura máxima média compensada registrada pela estação Caxias foi 28,6°C no mês de outubro. Já a estação Teresina, registrou também no mês de outubro, a temperatura máxima média compensada de 29,3°C. A estação Sobral registrou nos meses de novembro e dezembro a temperatura máxima média compensada de 28,1°C.

No que concerne à temperatura mínima média compensada, a estação Caxias registrou 25,7°C no mês de junho, e 26,1°C nos meses de fevereiro, março e junho para estação Teresina. A temperatura mínima média compensada de 25,9°C foi registrada pela estação Sobral, correspondente ao mês de julho (Figura 6.7).



**Figura 6.7. Temperatura média mensal compensada para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de dados de Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).

### 6.2.1.1.3 Ventos

Cada região do globo possui um sistema de circulação de ventos. Eles podem ser determinados por eventos de escalas locais (brisas) e globais (pressão). O conhecimento dos ventos atuantes em uma região é de extrema importância para saber o fluxo de dispersão de poluentes. Além disso, os ventos são responsáveis pelo transporte de calor e umidade na atmosfera e participam no sistema de evapotranspiração (AYOADE, 1996). Para o estudo da LT este parâmetro meteorológico também é utilizado para se calcular a largura da faixa de servidão com base no quanto os cabos condutores de energia podem vir a se deslocar no sentido lateral, assim como as estruturas das fundações e o planejamento da distância entre cabos e instalação dos espaçadores.

Os ventos são determinados pelo seu vetor de velocidade, eles possuem intensidade, direção e sentido (VIANELLO, 2000).

Os ventos estão fortemente condicionados pela distribuição da pressão. Eles variam devido à inversão do gradiente de pressão, motivadas por diferença de aquecimento da superfície. Alguns de temperidicidade diária, outros sazonais (VAREJÃO, 2006).

A região do empreendimento está sob influência dos ventos alísios onde se convergem na linha do Equador e causam a ascensão do ar quente e úmido. Também conhecida como ZCIT, ela está situada em um sistema de alta pressão, caracterizada por ventos calmos que sopram ao Norte predominantemente no sentido Nordeste e ao Sul predomina o sentido Sudeste provocando intensas precipitações (VIANELLO, 2000).

Na região os sistemas de pressão são pouco variantes, relacionado a esse aspecto os ventos predominantes são calmos. Vianello (2000) destaca que as variações de intensidade dos ventos também recebem influência do AAS nas estações do ano e também pela Massa Tropical Marítima. No verão os continentes são mais aquecidos se comparados aos oceanos, conseqüentemente sofrem influência de sistemas de baixa pressão ocasionando ascensão do ar quente e úmido, ocorrendo formação de nebulosidade e gerando as precipitações. No inverno, ocorre o inverso, o AAS atua sobre os continentes inibindo as precipitações, caracterizando os meses mais frios como sendo o período de seca.

As brisas marítimas predominam nas estações secas, onde está atrelada ao maior índice de insolação (AYOADE, 1996). Essa informação corrobora com os dados de intensidade do vento obtido das Normais Climatológicas (1961-1990) do INMET, onde foram registradas as maiores intensidade de ventos no inverno em contraponto com os ventos de menor intensidade no verão (Tabela 6.1).

Os dados de intensidade do vento foram apresentados mensalmente a fim de representar a variação da intensidade de acordo com as estações do ano. Os dados foram obtidos através das Normais Climatológicas do INMET compreendendo o período de 1961-1990.

**Tabela 6.1. Intensidade do Vento (m/s) registrada pelas estações utilizadas no estudo da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III e SEs Associadas referente aos anos de 1961-1990 (Normais Climatológicas).**

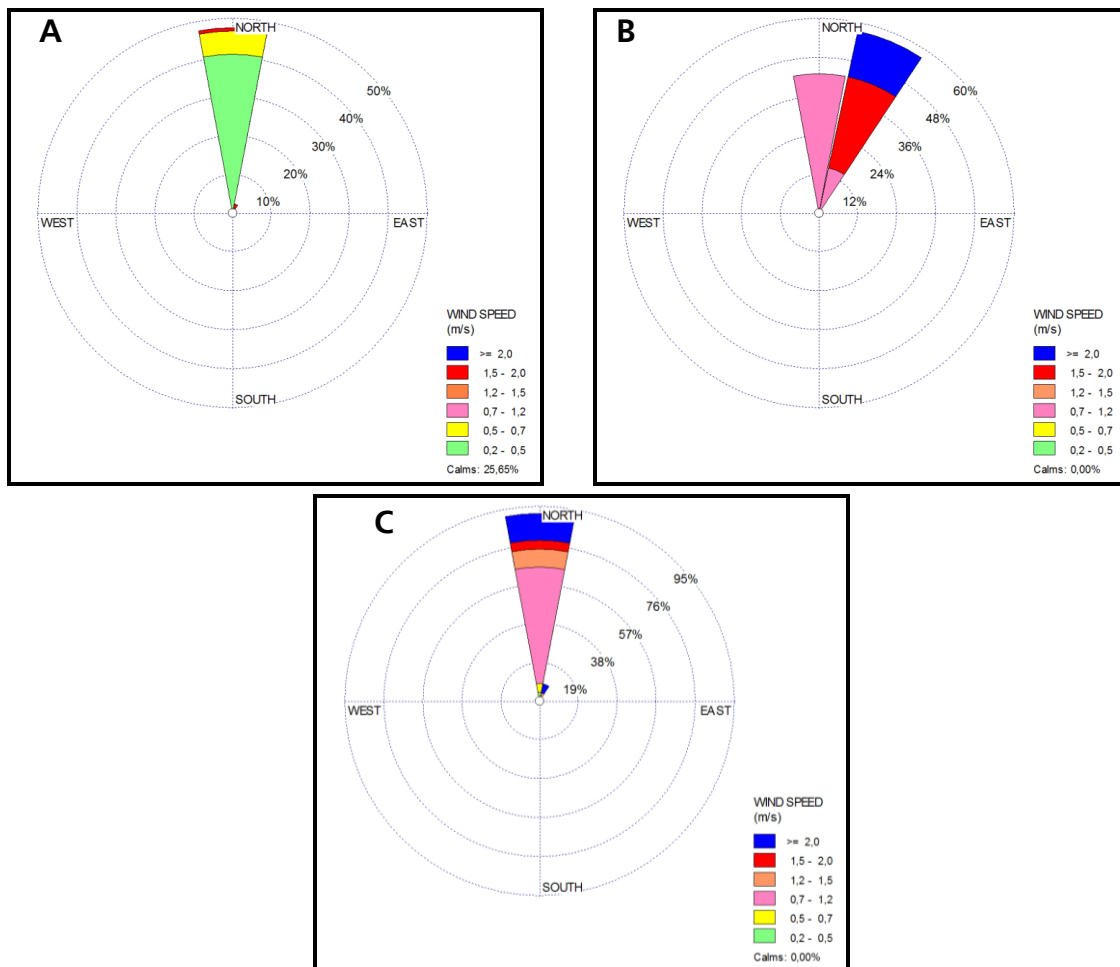
Intensidade do Vento (m/s)			
Período	Estação Coxias	Estação Teresina	Estação Sobral
Janeiro	0,93	1,29	2,34
Fevereiro	0,91	1,24	2,07
Março	0,91	1,26	1,78
Abril	0,93	1,23	1,54
Mai	1,13	1,44	1,44

Intensidade do Vento (m/s)			
Período	Estação Caxias	Estação Teresina	Estação Sobral
Junho	1,36	1,7	1,62
Julho	1,34	1,81	1,88
Agosto	1,29	1,79	2,31
Setembro	1,2	1,83	2,86
Outubro	1,1	1,85	2,88
Novembro	1,05	1,7	2,9
Dezembro	1,04	1,57	2,74
Ano	1,1	1,56	2,2

Fonte: Elaborado a partir das Normais Climatológicas INMET (1961-1990).

Para a construção das rosas dos ventos foram utilizados dados históricos do INMET desde janeiro de 1961 até dezembro de 1990. Segundo os dados do INMET, a direção predominante dos ventos nos três estados em estudo foi norte e norte-nordeste (Figura 6.8).





**Figura 6.8. Gráfico de Rosa dos ventos. A) Estação Caxias (MA), B) Estação Teresina (PI), C) Estação Sobral (CE). Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Nota: Elaborado a partir de dados do INMET (1961 a 1990).

#### 6.2.1.1.4 Umidade relativa do ar

Entende-se por umidade a quantidade disponível de vapor de água na atmosfera. Umidade relativa do ar é a quantidade de massa de vapor de água e volume do ar úmido que a atmosfera suporta naquele local. Quando ela atinge seu ponto de saturação, ocorrem as precipitações. A umidade está relacionada aos sistemas de pressão, evaporação, transpiração e precipitação, além de influenciar nos valores de temperatura do ar.

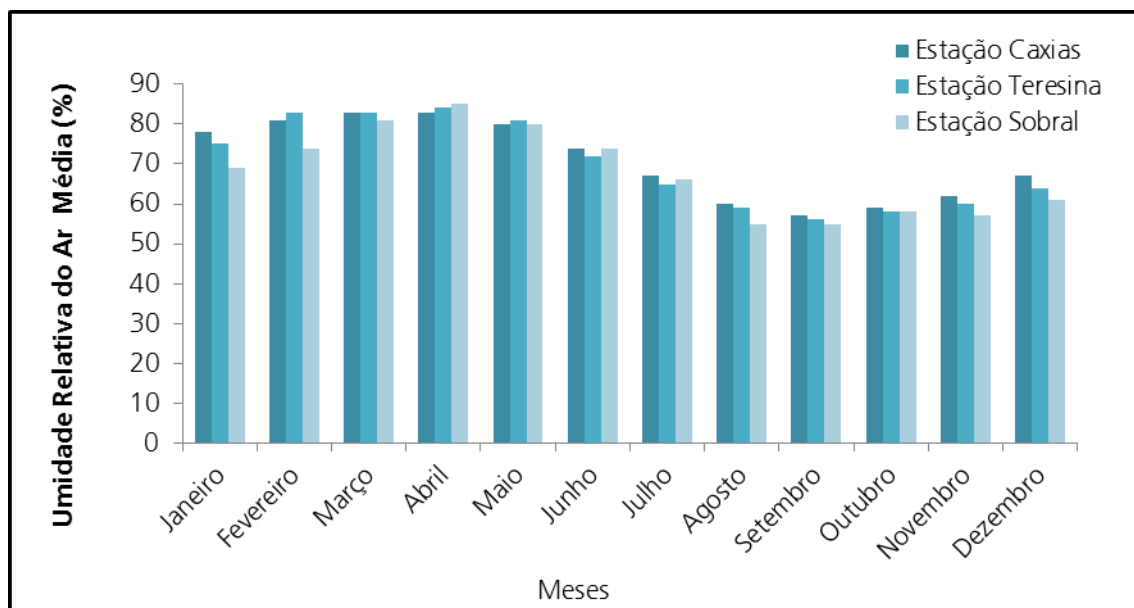
Segundo Varejão (2005), a umidade do ar associada com a intensidade dos ventos, influencia na formação de nuvens. Os ventos alísios atuantes na região são responsáveis pelo transporte de umidade do oceano para os continentes.

Nas zonas tropicais os sistemas de pressão são pouco variantes, essas regiões apresentam elevado índice de saturação do ar devido à atuação de ar quente e úmido (AYOADE, 1996).

As porcentagens de umidade na região em estudo se aproximam da máxima de 100%. As três estações analisadas para o estudo da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas, apresentam valores semelhantes de umidade relativa do ar.

De acordo com a Figura 6.9, verifica-se que as umidades mais altas foram registradas nos meses de verão por consequência das altas temperaturas e as taxas de umidade mais baixas no final do inverno e início da primavera. Outro fator relacionado à umidade relativa do ar são as precipitações. Verifica-se que nos meses de maior umidade são também os meses de maior ocorrência das precipitações, devido à evaporação.

Segundo dados obtidos pelas Normais Climatológicas (INMET), a taxa de umidade relativa do ar média anual compensada registrada pelas estações Caxias/MA, Teresina/PI e Sobral/CE foi respectivamente de 70%, 71% e 68%. Assim como os dados registrados para a precipitação, a umidade relativa do ar é menor na estação de Sobral no Ceará.



**Figura 6.9. Umidade relativa do ar média mensal compensada para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de dados de Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).

### **6.2.1.1.5 Pressão atmosférica**

Entende-se por pressão atmosférica a força que a atmosfera exerce sobre a superfície terrestre. Os fatores determinantes para a pressão atmosférica são a densidade do ar, nível do mar, temperatura, altitude, força gravitacional, ventos, entre outros (VIANELLO, 2000). O movimento da atmosfera está relacionado com a distribuição da pressão associada ao movimento do ar.

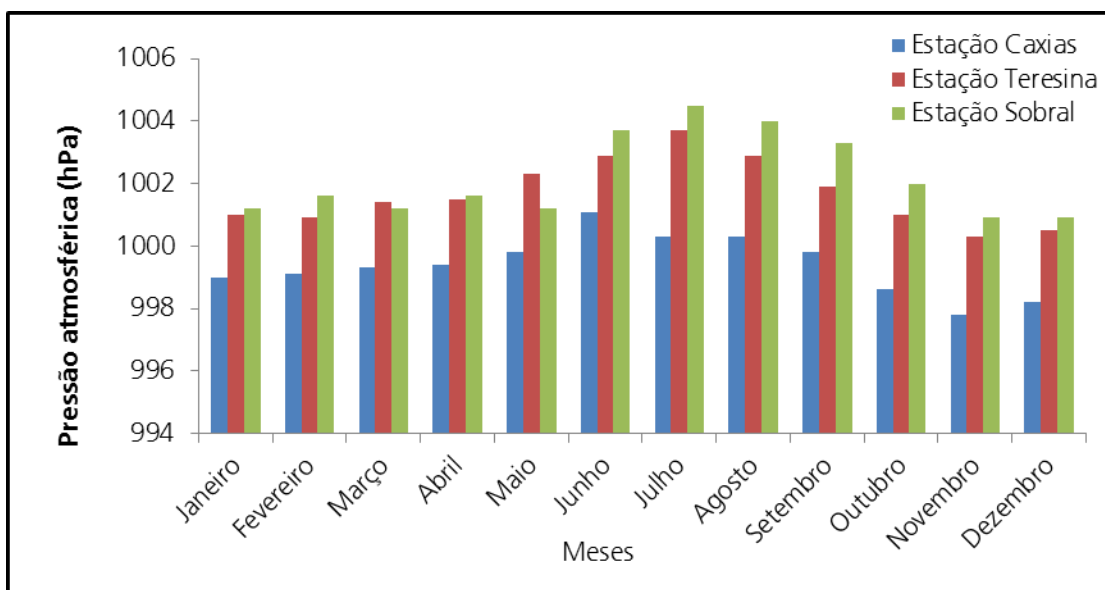
De acordo com Varejão (2006) as variações locais de pressão ocorrem por eventuais perturbações atmosféricas associadas às massas de ar que influenciam a temperatura e o vapor de água.

O principal fator que caracteriza a pressão atmosférica de uma região é a temperatura do ar. A temperatura do ar está relacionada ao movimento das moléculas, sendo que as temperaturas mais elevadas possuem moléculas mais agitadas, portanto elas se distribuem e resultam em baixa pressão. Verifica-se que nos meses mais quentes o índice de pressão atmosférica é menor, nos meses mais frios a pressão atmosférica é mais alta.

As flutuações nos níveis de pressão atmosféricas em um período de 24h podem ocorrer devido à influência de fenômenos de escala local, por exemplo, as massas de ar. Essa oscilação diária é conhecida como "maré barométrica".

O conhecimento da pressão atmosférica é favorável para identificar futuras previsões do tempo. A atuação das massas de ar é de suma importância para determinar a pressão atmosférica em uma região. Vianello (2000) assinala ainda, a influência dos ventos associados à topografia na distribuição e intensidade da pressão atmosférica.

A média anual de pressão atmosférica registrada pela estação Caxias (MA) foi de 999,4 hPa. A estação Teresina (PI) registrou 1001,7 hPa e 1002,3 hPa registrado pela estação Sobral (CE) (Figura 6.10).



**Figura 6.10. Pressão atmosférica média mensal para as estações de Caxias (Maranhão), Teresina (Piauí) e Sobral (Ceará). Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de dados de Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).

### 6.2.1.1.6 Insolação

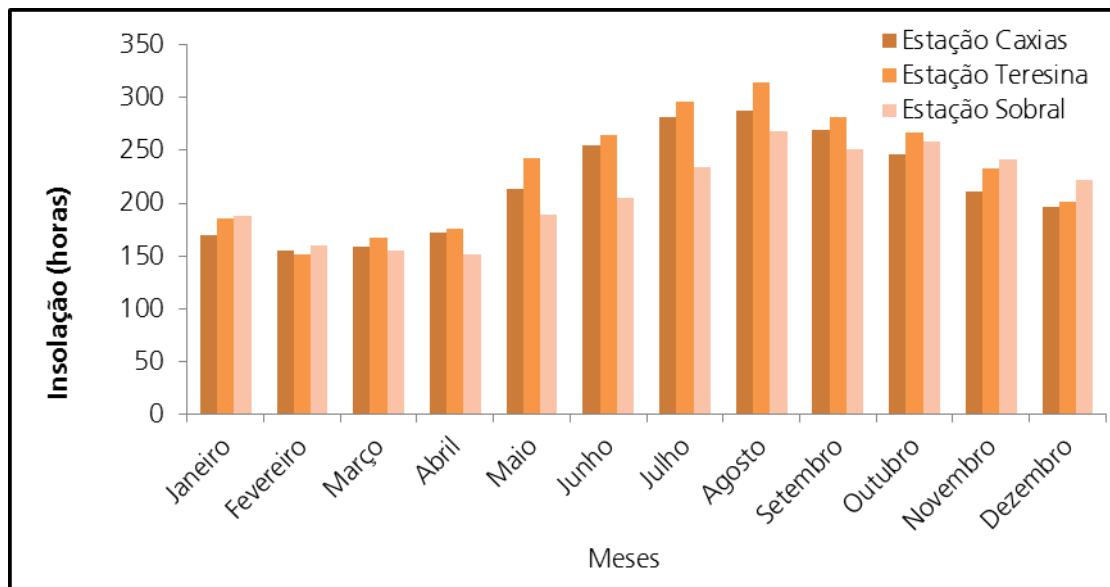
O Sol é a fonte primária de toda a energia da Terra. É o principal elemento meteorológico afetando todos os outros elementos de tempo e clima: temperatura, pressão, vento, evaporação, umidade, chuvas, etc. (VAREJÃO, 2006).

A insolação é apresentada em horas e se refere ao número de horas de brilho solar incidente sobre uma região em cada mês do ano. A quantidade de insolação recebida em uma região é determinada por diversos fatores, entre eles, a inclinação da superfície com relação aos raios incidentes, o tipo de superfície do solo (relacionada ao albedo), duração do dia, nebulosidade, águas oceânicas, etc.

Por estar localizada próxima a linha do Equador, pertencer a baixa latitude e adquirir maior incidência vertical dos raios solares, a região do Nordeste está situada no máximo índice de insolação do Brasil. A insolação total anual foi de 2616,8 horas para a estação meteorológica de Caxias/MA, 2781,7 horas de sol para a estação meteorológica Teresina/PI e para a estação meteorológica Sobral/CE 2525,2 horas de sol, segundo as Normais Climatológicas (1961-1990).

Verifica-se que o total de insolação é alto durante o ano todo, apresentando pequenas variações mensais (Figura 6.11). Segundo Varejão (2006) essas variações

azonais estão relacionadas à distância da Terra com o Sol, sendo maior no afélio (Julho) e menor no periélio (Janeiro).



**Figura 6.11. Insolação total média mensal para as estações de Caxias/MA, Teresina/PI e Sobral/CE. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de dados de Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).

### 6.2.1.1.7 Nível Ceráunico

O nível ceráunico é o número de dias que uma região é atingida por descargas elétricas por ano. Analisando o nível ceráunico pode-se ter conhecimento da atividade elétrica de uma região. De acordo com o INPE, no Brasil encontram-se as maiores ocorrências de relâmpagos do mundo.

As descargas atmosféricas são responsáveis por um grande número de desligamentos das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além da queima de um número considerável de transformadores de distribuição. No Brasil, cerca de 70% dos desligamentos na transmissão e 40% na distribuição, são provocados por raios, sendo o número de transformadores queimados por raios em torno de 40%, afetando a qualidade de energia (ELAT, 2010).

As variações nos níveis de atividades elétricas no país são causadas em razão das diferentes latitudes de cada região, sendo assim, a influência das variações zonais e topográficas dessas localidades devem ser consideradas.

Nos meses de janeiro a março são registradas as maiores ocorrências de relâmpagos no Brasil. Gin e Guedes (2000) assinalam a importância das atividades convectivas que se instalam nos continentes durante o verão e a ausência desses sistemas durante o inverno para determinar os níveis cerâmicos no Nordeste brasileiro. A presença de ar quente e úmido juntamente com elevadas taxas de umidade e superfície do solo, favorecem a ocorrência de descargas elétricas na região.

Os dados de densidade de descargas elétricas foram obtidos do INPE, em um período compreendido entre 1998 a 2011. Os dados selecionados para construção da tabela foram referentes aos municípios interceptados pela LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas (Tabela 6.2).

De acordo com a Tabela 6.2, o estado do Piauí foi o que apresentou maior densidade de descargas elétricas. Os dados estão associados com as atividades convectivas que se instalam sobre as regiões. Segundo Varejão (2006), a ZCIT é caracterizada pela formação de nuvens convectivas do tipo cumuliformes associadas ao aquecimento do solo, responsáveis por precipitações abundantes, acompanhadas de relâmpagos e trovões. As variações ocorrem devido à oscilação da posição da ZCIT em cada região. Destaca-se que outros fenômenos de mesoescala e de escala sinótica podem contribuir na ocorrência de descargas elétricas.

A técnica para minimizar o elevado número de desligamentos provocados por raios seria o aperfeiçoamento dos sistemas de aterramento de modo a minimizar a impedância de aterramento e o uso de para-raios (ELAT, 2010).

**Tabela 6.2. Densidade de descargas elétricas na AID do empreendimento referente ao ano de 1998-2011.**

Município	UF	Densidade de descargas. Km <sup>-2</sup> .Ano <sup>-1</sup>
Caxias	MA	6.09
Graça Aranha	MA	3.88
Gonçalves Dias	MA	6.38
Governador Eugênio Barros	MA	4.43
Matões	MA	4.03
Parnarama	MA	6.71
Presidente Dutra	MA	3.81
Timon	MA	4.11

Município	UF	Densidade de descargas. Km <sup>2</sup> .Ano <sup>-1</sup>
Altos	PI	6.28
Brasileira	PI	8.51
Boqueirão do Piauí	PI	6.13
Campo Maior	PI	6.77
Capitão de Campos	PI	5.96
Cocal de Telha	PI	6.38
Nossa Senhora de Nazaré	PI	5.69
Piripiri	PI	5.15
São João da Fronteira	PI	2.27
Teresina	PI	4.59
Cariré	CE	3.22
Ibiapina	CE	2.84
Mucambo	CE	3.75
Sobral	CE	2.56

Fonte: Elaborado a partir de INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2013.

### 6.2.2 Nível de Ruído

Bistafa (2006) define ruído como um som sem harmonia, em geral com conotação negativa. A ênfase crescente sobre a poluição do ar, poluição de água e a qualidade do meio ambiente em geral, criou a necessidade de se examinar o ambiente (ruidoso) do homem (QUADROS, 2004).

O ruído foi considerado, por muito tempo, como um subproduto da atividade humana, algo indissociável da sociedade moderna, não tendo merecido, assim, a devida atenção por parte das autoridades competentes (NARDI, 2006).

O ruído, como uma fonte de incomodo, tem se tornado um grande problema para a sociedade moderna (comunidades), de modo que medidas corretivas estão sendo implantadas visando o seu controle e proteção geral das comunidades afetadas (ALVES FILHO, 1997).

Ainda são incipientes as pesquisas relacionadas à acústica ambiental no Brasil e ao desenvolvimento de soluções tecnológicas, relacionadas com os problemas de ruído, às condições climáticas e socioeconômicas do país (NARDI, 2006).

Os problemas referentes à poluição sonora se agravam ao longo do tempo, e a exposição a ruídos intensos traz ameaças à saúde, ao bem estar público e à

qualidade de vida. Diversos autores apontam o ruído proveniente do tráfego de veículos como o principal incômodo às comunidades (ALVES FILHO, 1997; ZANNI, CALIXTO & DINIZ, 2002; QUADROS, 2004; de LACERDA *et. al*, 2005).

O diagnóstico do conforto acústico, nas áreas de influência da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, objetiva caracterizar as principais atividades que poderão alterar os níveis de pressão sonora habituais nas áreas de intervenção do projeto, seja pela abertura de acessos, ou pelas atividades de instalação e operação da linha de transmissão.

As influências com potencial de alterar os níveis de pressão sonora e, conseqüentemente, o conforto acústico das comunidades de proximidade ao traçado da Linha de Transmissão 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas impactarão as duas áreas de influência (AID e AII), porém, de diferentes formas.

### **6.2.2.1 Cenário atual das fontes de ruído nas áreas de influência**

Na presente caracterização do ruído para o licenciamento da LT, os níveis de pressão sonora apresentam três cenários divergentes: ruídos gerados pelas subestações associadas (Presidente Dutra, Teresina II e Sobral III), as obras de implantação da Linha ao longo de sua extensão (~539 km) e as operações nos canteiros de obras. Cabe ressaltar que as influências descritas na etapa de instalação da LT e operação dos canteiros de obras são de duração temporária (período de obras).

De modo geral, os níveis de ruído proporcionados nas proximidades das subestações, implantações da LT e futuros canteiros de obras são provenientes, principalmente, de três fontes de ruídos:

- **Ruído Natural** - Gerados a partir da fauna e flora local, bem como por eventos naturais: vento, chuva, quedas de arvores, dentre outros;
- **Ruído Urbano** - Gerados a partir das atividades cotidianas dos habitantes e transeuntes ao local de instalação da LT e subestações associadas, como por exemplo: carros de som, obras comunitárias, tráfego de veículos, à economia local; e



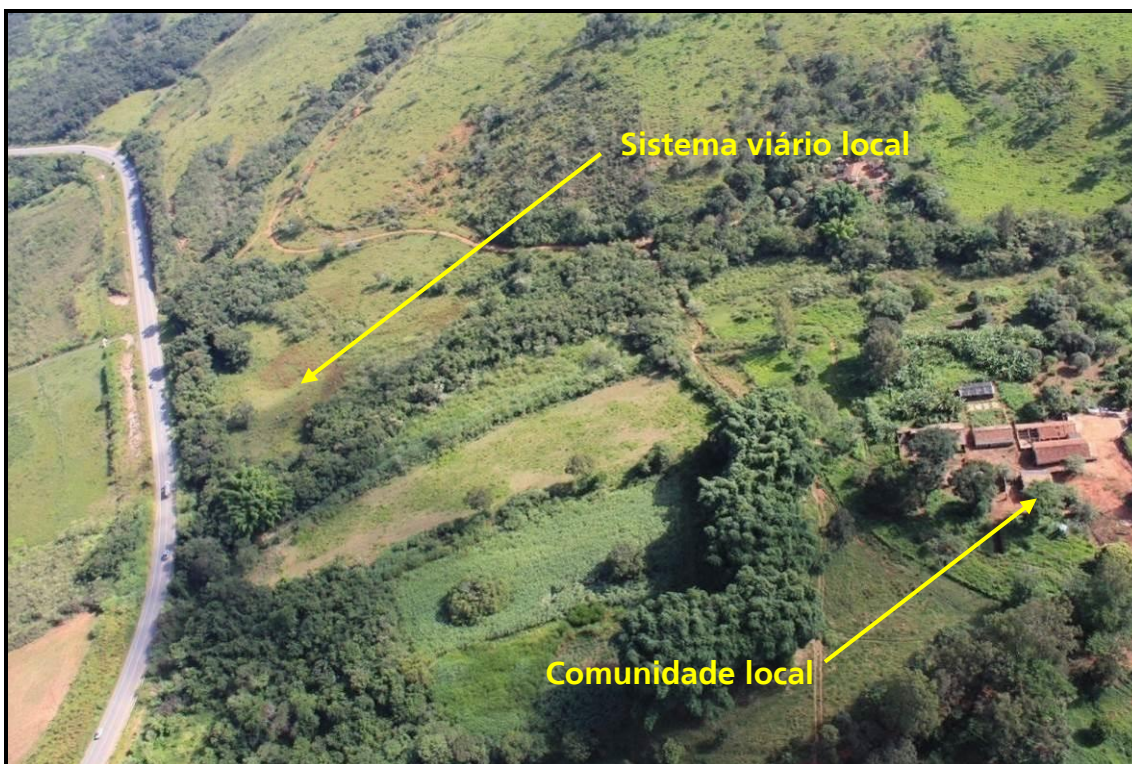
- **Ruídos Viários** - Gerados pelo tráfego constante de veículos junto à malha viária local.

Uma das principais causas do ruído observado nas subestações associadas (atualmente), e que irá ser registrada ao longo das atividades de implantação da LT e operação dos canteiros de obras, é diretamente influenciada pela presença da malha viária, rodovias federais e estaduais, que estão inseridas na AID e All do empreendimento: BR-135, BR-316, BR-343, BR-226, BR-286, BR-404, BR-222, BR-403, MA-127, MA-360, MA-256, MA-034, MA-040, PI-130, PI-368, PI-367, PI-115, PI-114, PI-320, PI-331, PI-111, PI-117, PI-327, PI-325, PI-258, CE-253, CE-187, CE-442, CE-178 e CE-440.

O ruído de tráfego é o resultado da superposição de diversos tipos de ruído, que por sua vez, são gerados por várias fontes: automóveis, caminhões, motocicletas, ônibus, entre outros, que transitam com diferentes velocidades e acelerações. O ruído veicular é uma combinação de sons emitidos por várias fontes: motor, sistema de escapamento, sistema de admissão, bandagem dos pneus, aerodinâmica do veículo, sistema de ventilação, transmissão, etc. O nível de ruído é também influenciado pelo tipo de projeto, estado de conservação, modo de operação e idade do veículo.

A maior parte da LT está em zona rural, e em alguns trechos, estará próxima de centros urbanos. De uma maneira geral, o nível aceitável de ruído na zona rural deve ser menor, com emissões pontuais, por outro lado, o adensamento populacional resulta em diferentes níveis de ruído, relativos às atividades realizadas rotineiramente em suas áreas comerciais, residenciais, e também devido à movimentação de veículos. Assim, é importante ressaltar que os ruídos oriundos das atividades previstas durante a fase de obras irão somar-se aos ruídos existentes na região de inserção do empreendimento, aumentando o potencial para geração de poluição sonora nessas áreas.

A Figura 6.12 apresenta o cenário das fontes de propagação dos níveis de pressão sonora atual que podem influenciar na mensuração do ruído relacionada ao longo do trajeto da LT.



**Figura 6.12. Exemplo de cenário de fontes de ruído proporcionadas ao longo do traçado da LT. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Em relação aos canteiros de obras, o ruído gerado pelas atividades internas poderá interferir no nível de ruído habitual, assim, interferindo no conforto das comunidades circunvizinhas as áreas.

O Quadro 6.2 apresenta a relação entre as distâncias de residências com proximidade das alternativas para a implantação das áreas de canteiro de obras ao longo do traçado da LT. A mensuração das distâncias foi baseada nas residências de maior proximidade com a área dos canteiros de obra.

**Quadro 6.2. Relação entre a distância das alternativas de áreas para canteiro de obra com residências de proximidade.**

Localização	Área (Canteiro de Obras)	Inserida		Distância da LT (Km)	Residências próximas	Distância da residência (metros)
		All	AID			
Presidente Dutra/ MA	Canteiro SE	X		0,68	Casa 01	35,00
					Casa 02	20,00
	Área 01	X		2,19	Casa 01	130,00
					Casa 02	300,00
	Área 02			5,82	Casa 01	20,00
					Casa 02	333,00
	Área 03			6,95	Casa 01	194,00

Localização	Área (Canteiro de Obras)	Inserida		Distância da LT (Km)	Residências próximas	Distância da residência (metros)
		All	AID			
Caxias/ MA	Área 01	X		1,80	Casa 02	468,00
					Casa 01	34,00
					Casa 02	40,00
	Área 02	X		1,78	Casa 01	14,00
					Casa 02	30,00
	Área 03	X		1,85	Casa 01	25,00
Casa 02					86,00	
Timon/ MA	Área 01			7,68	Casa 01	209,00
					Casa 02	300,00
	Área 02			7,44	Casa 01	45,00
					Casa 02	110,00
	Área 03			9,70	Posto de gasolina	140,00
					Indústria	30,00
	Área 04			6,78	Casa 01	30,00
					Casa 02	20,00
Área 05			6,72	Casa 01	20,00	
				Casa 02	120,00	
Teresina/ PI	Canteiro SE		X	0,07	Casa 01	113,00
					Casa 02	240,00
Altos/ PI	Área 01			5,74	Casa 01	5,00
					Casa 02	110,00
	Área 02			6,00	Casa 01	30,00
					Casa 02	20,00
	Área 03			6,30	Casa 01	30,00
					Casa 02	20,00
Área 04	X		5,00	-	-	
				-	-	
Piripiri/ PI	Área 01	X		1,53	Casa 01	44,00
					Casa 02	66,00
	Área 02	X		2,00	Casa 01	88,00
					Casa 02	52,00
	Área 03	X		12,60	Casa 01	60,00
					Casa 02	113,00
São João da Fronteira/ PI	Área 01			9,60	Casa 01	25,00
					Casa 02	30,00
	Área 02			10,70	Casa 01	160,00
					Casa 02	90,00
	Área 03			8,90	Casa 01	15,00
					Casa 02	17,00
Ibiapina/ PI	Área 01	X		2,32	Casa 01	21,00
					Casa 02	67,00

Localização	Área (Canteiro de Obras)	Inserida		Distância da LT (Km)	Residências próximas	Distância da residência (metros)
		All	AID			
	Área 02	X		2,37	Casa 01	24,00
					Casa 02	32,00
	Área 03		X	0,25	Casa 01	34,00
					Casa 02	180,00
Mucambo/ CE	Área 01	X		3,17	Casa 01	52,00
					Casa 02	103,00
	Área 02	X		3,39	Casa 01	40,00
					Casa 02	250,00
	Área 03	X		3,42	Casa 01	120,00
					Casa 02	290,00
Sobral/ CE	Canteiro SE		X	0,10	Casa 01	420,00
					Casa 02	190,00
	Área 01	X		3,81	Casa 01	113,00
					Casa 02	130,00
	Área 02	X		40,3	Casa 01	20,00
					Casa 02	131,00
	Área 03	X		3,70	Casa 01	88,00
					Casa 02	143,00
	Área 04	X		2,23	Casa 01	34,00
					Casa 02	112,00
	Área 05	X		4,56	Casa 01	82,00
					Casa 02	94,00
	Área 06	X		0,88	Casa 01	40,00
					Casa 02	138,00

Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.2.2 Legislações aplicadas

Os níveis de ruídos gerados pelas obras da LT deverão estar em conformidade com as diretrizes da Resolução CONAMA nº 001/90, que *“dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política”*. Esta Resolução indica a observância da Norma NBR 10.151 e da Norma NBR 10.152, ambas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

A Norma NBR ABNT 10.151:2000 fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações. Adicionalmente, especifica um método para a medição de ruído, a

aplicação de correções dos níveis medidos (NPS), assim como, preconiza o método de avaliação para medições do nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) em decibéis, ponderados em "A" [dB (A)].

A Norma NBR ABNT 10.152:2000 determina os limites dos níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos (Tabela 6.3). No cenário de implantação do empreendimento, esta norma poderá ser utilizada nos canteiros de obras, visando o conforto acústico dos operários durante suas jornadas de trabalho.

**Tabela 6.4. Limite de ruído em decibéis db(A) definido na NBR 10.151**

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10.151, item 6.2.4 tabela 1.

### 6.2.2.3 Efeito Corona

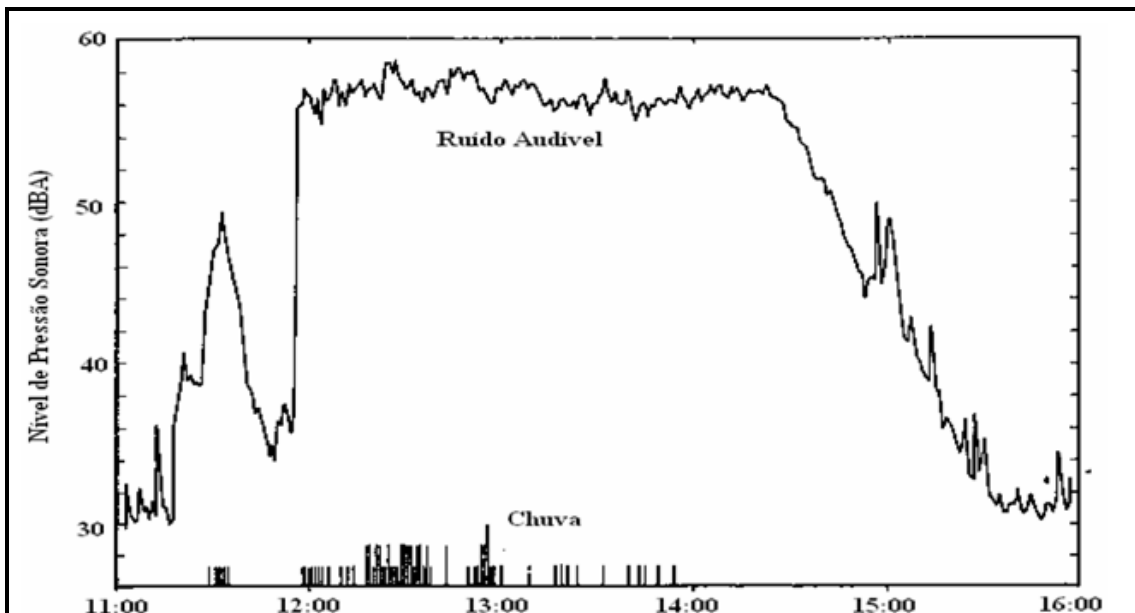
Outra fonte de ruído que será observada durante a fase de operação da LT, no qual já apresenta influência no traçado da LT, devido à proximidade com outras linhas, é chamada de efeito corona.

Esse efeito é comumente observado nas superfícies dos condutores das LT, como consequência direta dos níveis de tensão de operação nas mesmas. De acordo com Freitas (2010), os fatores de configuração de fixação dos condutores e as condições climáticas influenciam diretamente no efeito corona.

Freitas (2010), afirma que, o ruído audível é diretamente influenciado pela tensão da linha, ou seja, quanto maior a tensão, maior o ruído. Essa alteração ocorre, principalmente, em função do diâmetro dos condutores, da sua condição superficial (impurezas, danos), intensidade dos ventos e condições atmosféricas. Quanto mais água acumulada em torno dos condutores, mais audível será o ruído,

sendo este mais intenso em dias de neblina, onde a transmissão do som é facilitada em função da grande umidade no ar.

A Figura 6.13 mostra um exemplo da variação do Ruído Audível (RA), gerado por uma Linha de Transmissão de energia de 500 kV antes, durante e após um período chuvoso.



**Figura 6.13. Variação de ruído audível antes, durante e depois de um período chuvoso.**  
Fonte: Freitas, 2010.

De acordo com Wedy (2009), descargas individuais de corona provocam pulsos de tensão e corrente de curta duração, que se propagam ao longo das linhas, resultando em campos eletromagnéticos em suas imediações. Essas descargas ocorrem durante ambos os semiciclos da tensão aplicada, porém aquelas que ocorrem durante os semiciclos positivos, é que irradiam ruídos capazes de interferir na radiorecepção nas faixas de frequência das transmissões em amplitude modulada (AM), em particular nas faixas das ondas médias.

A geração desses ruídos interfere nos direitos individuais dos moradores da vizinhança das linhas de transmissão, uma vez que os ruídos podem se propagar além das faixas de servidão das linhas.

Freitas (2010), em seu estudo, fez medições do comportamento do ruído audível em uma Linha de Transmissão em operação da Companhia Energética de Minas

Gerais (CEMIG), a partir do perfil lateral da linha, chegando à conclusão que o nível de ruído audível na mesma, era inferior ao máximo permitido pela legislação brasileira, estipulado pelas ABNT NBR 10.151:2000 e 10.152:2000.

A partir dos dados acima mencionados, pode-se concluir que o efeito de corona é um fator inerente às Linhas de Transmissão de energia, no entanto, se os aspectos construtivos forem adequados, é possível que o ruído gerado se enquadre na legislação brasileira, gerando, assim, um ruído adequado ao proposto pela ABNT NBR 10.152/2000, que estabelece os níveis de ruído adequados para conforto acústico.

### 6.2.3 Recursos Hídricos

De acordo com a Lei nº 9.433 de 1997, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Assim, para caracterizar os recursos hídricos é preciso situar o empreendimento nas bacias hidrográficas transpostas e agir baseando-se nas proposições feitas pelos planos de recursos hídricos existentes.

O presente item apresenta os recursos hídricos situados na área de influência da Linha de Transmissão 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas, objetivando identificar as bacias hidrográficas e delimitar na All as respectivas sub-bacias transpostas pelo empreendimento, mapear e caracterizar na AID os corpos d'água que serão transpostos ou utilizados durante as atividades de implantação.

Tucci (2007) define bacia hidrográfica como uma área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório.

A Figura 6.14 apresenta as Regiões Hidrográficas Brasileiras definidas pela Agência Nacional de Águas - ANA utilizadas no Plano Nacional de Recursos Hídricos -

PNRH. De acordo com a Figura 6.14, o empreendimento irá transpor três regiões hidrográficas brasileiras: Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, a Região Hidrográfica Parnaíba e a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.



**Figura 6.14. Regiões Hidrográficas Brasileiras segundo o PNRH de 2006.**

Fonte: ANA, 2006.

### 6.2.3.1 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental

Com base no PNRH, a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental ocupa, aproximadamente, uma área de 268.897 km<sup>2</sup> com uma população de 5.490.100 habitantes. Compreende 263 municípios dos estados do Maranhão (214) e Pará



(49), incluídos parcial ou integralmente na região. Nesta região o empreendimento passa pelas bacias dos rios Mearim e Itapecuru.

A região hidrográfica compreende porções de vários ecossistemas, dos quais os mais importantes são a floresta de transição entre os biomas Amazônico e Cerrado, a floresta estacional decidual (mata caducifólia), o Cerrado *lato sensu* e as formações litorâneas. Dada às suas características singulares de riqueza natural e beleza cênica, as formações litorâneas do Maranhão e Pará correspondem a ecossistemas de relevante importância tanto para os estudos biológicos quanto para o desenvolvimento sustentável do ecoturismo.

De acordo com o PNRH, a vazão média registrada na Região Hidrográfica é de 2.683 m<sup>3</sup>/s, cerca de 1% da vazão média do País. Os rios das nove unidades hidrográficas apresentam vazões específicas que variam entre 4,9 e 212 L/s/km<sup>2</sup>. A precipitação anual é da ordem de 1.790 mm e a evapotranspiração de 1.482 mm, referente a valores médios de longo período.

Totalizando uma superfície de 6.125 ha (apenas 0,2% do território nacional), a irrigação na Região Hidrográfica tem pouco significado econômico. Porém, novas áreas na Sub-bacia do Munim, região de Chapadinha, estão sendo abertas para o cultivo da soja.

A demanda total na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental é da ordem de 20,46 m<sup>3</sup>/s. Para a irrigação é de 4,04 m<sup>3</sup>/s (20,0% do total), com valor unitário médio de 0,46 L/s/ha. O consumo de água desse setor varia de 1,42 m<sup>3</sup>/s (0,23 L/s/ha) a 7,08 m<sup>3</sup>/s (1,15 L/s/ha) nos meses de menor e maior demanda, respectivamente. A demanda animal é de 3,79 m<sup>3</sup>/s (18% do total) e concentra-se na unidade hidrográfica do Mearim.

Embora relativamente menor, consumindo 1,26 m<sup>3</sup>/s ou 6,15% do total, a demanda do setor industrial tem importância que demanda uma análise. Há segmentos de indústrias leves agrupados em distritos industriais. A demanda na Bacia do Gurupi, em função da instalação de guseiras na região, é, porém, preocupante.

A concentração industrial mais significativa é na Bacia do Itapecuru em função da existência do Distrito Industrial de São Luís e dos projetos minero-metalúrgicos da Vale S.A. e da Alumínio do Maranhão - Alumar. Algumas das principais tipologias agroindustriais na região são frigoríficos, sucos e conservas, abatedouros e feculárias. Na porção paraense da Região Hidrográfica não ocorrem indústrias.

Os rios da Baixada Maranhense apresentam importância para a navegação, principalmente em seus baixos cursos, como o Mearim e o Pindaré, navegáveis em cerca de 400 km e 218 km, respectivamente. A movimentação de carga nos rios da região atingiu 142 mil toneladas, em 2000, e 168 mil toneladas em 2001, destacando a do rio Pindaré, com 40% e 30% da carga transportada. Também se destaca a navegação em trechos do Itapecuru, embora o assoreamento prejudique essa atividade.

No que se refere aos eventos hidrológicos críticos na região, há ocorrências eventuais de enchentes urbanas e rurais nas unidades hidrográficas dos rios Mearim e Itapecuru. Os eventos de seca não são significativos (com exceção de episódios históricos, como a seca de 1979 e a de 1983) e estão localizados nas áreas de Cerrado.

Em face do pequeno e médio porte das localidades urbanas, à exceção da região metropolitana de São Luís, com pouca expressividade do setor industrial na região, não se observam problemas significativos no que se refere à qualidade de águas dos rios. Desse modo, na região metropolitana de São Luís, e em alguns núcleos urbanos ribeirinhos, a contaminação das águas pelo lançamento de esgotos sem tratamento causa prejuízos e restringe a utilização da água para o uso múltiplo.

A carga orgânica doméstica remanescente é de 168 toneladas  $\text{DBO}_5/\text{dia}$ , ainda considerada baixa em função da capacidade de diluição nas bacias caudalosas. A disponibilidade de água na Região Hidrográfica -  $15.958 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{ano}$  - é confortável. Ressaltam-se, porém, áreas críticas de abastecimento de água na Bacia do Mearim, onde a população depende de mananciais superficiais.

Nota-se que o grande desafio em toda a Região Hidrográfica é a obtenção do direito de uso dos recursos hídricos - outorga -, instrumento da Política Nacional

de Recursos Hídricos previsto na Lei Federal nº 9.433/97. Na Região Hidrográfica, há somente um registro de outorga para um projeto de carcinicultura na Bacia do Mearim.

A representação das bacias hidrográficas da região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, abrangidas pela área de influência da LT, é apresentada no mapa de Hidrografia, em escala 1:250.000, disponível no caderno de mapas.

### **6.2.3.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Mearim**

A partir de informações da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) do Maranhão, a Bacia Hidrográfica do rio Mearim (Figura 6.15) possui uma área de 99.058,68 km<sup>2</sup>, correspondendo a 29,84% da área total do estado do Maranhão, sendo a maior entre todas as bacias hidrográficas do estado. O rio Mearim, com cerca de 930 km de extensão, nasce na serra da Menina, entre os municípios de Formosa da Serra Negra, Fortaleza dos Nogueiras e São Pedro dos Crentes, em altitude de aproximadamente 650 m, onde recebe a denominação de ribeirão Água Boa, seguindo um longo trajeto na direção Sudoeste-Nordeste, até Esperantinópolis, onde após receber as contribuições do rio Flores, direciona-se para o Norte, até desembocar na baía de São Marcos, entre São Luís e Alcântara. O rio Mearim tem como principais afluentes o rio Pindaré e o rio Grajaú. O rio Pindaré deságua no rio Mearim a cerca de 20 km da sua foz. No caso do rio Grajaú, este flui para o rio Mearim por meio do canal do Rigô encontrando o Mearim na área do Golfão Maranhense.

Esta bacia compreende um total de 83 municípios, dos quais, 65 possuem sedes localizadas dentro dela, sendo que 50 municípios estão totalmente inseridos na bacia do Mearim. Os municípios mais populosos são: Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana e Zé Doca. A população total nesta área é da ordem de 1.681.307 habitantes, este quantitativo representa aproximadamente 25,6% da população do Maranhão. A população urbana é formada por 872.660 pessoas (51,9%), enquanto que a população rural é da ordem de 808.647 habitantes, ou seja, 48,1% da população da bacia. A densidade demográfica fica em torno de 16,97 hab./km<sup>2</sup> (MARANHÃO, 2011).

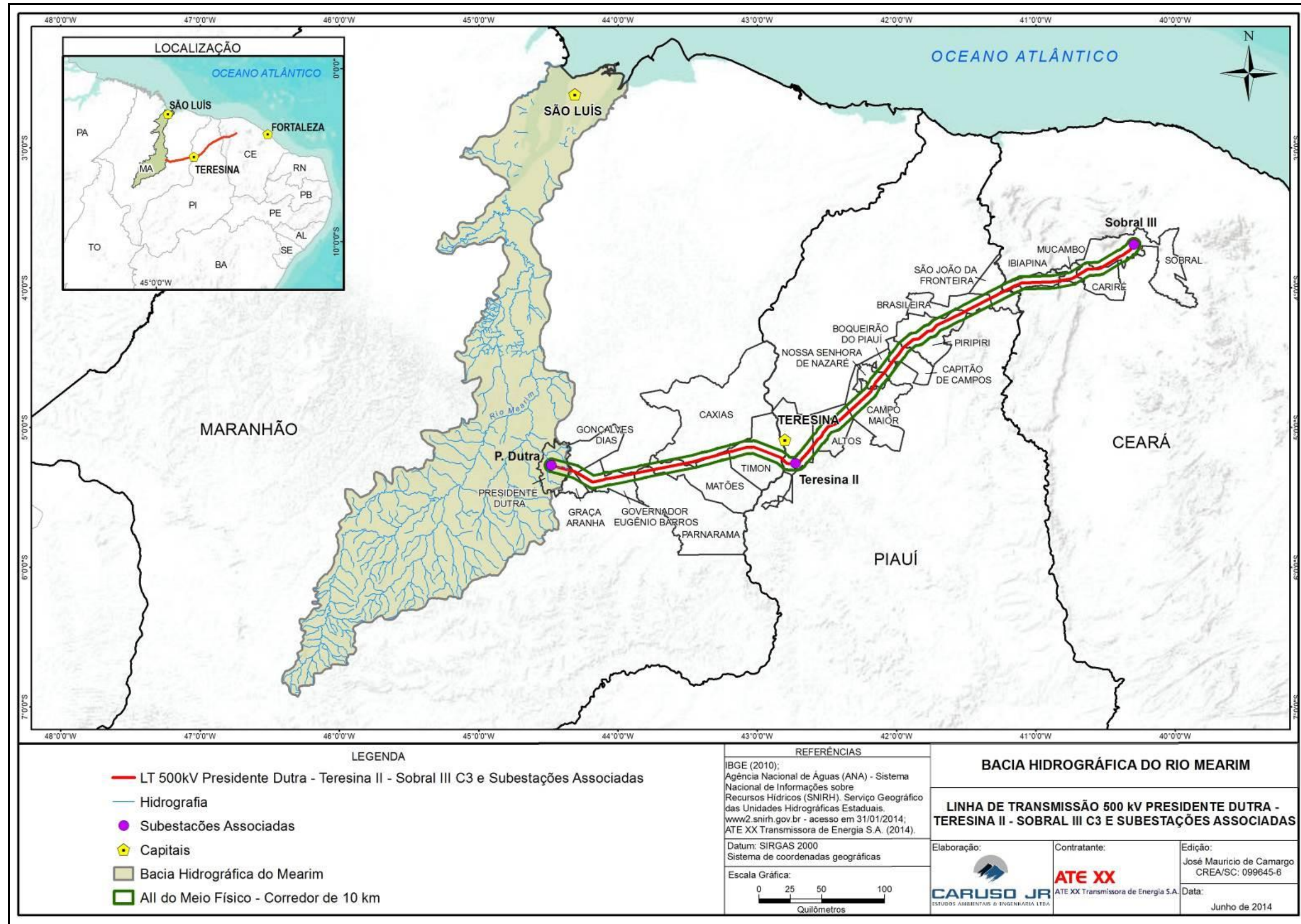


Figura 6.15. Bacia Hidrográfica do Rio Mearim. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.3.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

De acordo com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) do Maranhão, a Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru (Figura 6.17) possui uma área de 53.216,84 km<sup>2</sup>, correspondendo a 16,03% da área do Maranhão. Seu curso principal, o rio Itapecuru (Figura 6.16), nasce no Sul do estado no sistema formado pelas serras da Croeira, Itapecuru e Alpercatas, em altitude de aproximadamente 530 m, desaguando na baía do Arraial, depois de percorrer cerca de 1.050 km, a Sudeste da Ilha do Maranhão, na forma de 2 braços de rios denominados Tucha e Mojó. Os principais afluentes pela margem direita são os rios Correntes, Pirapemas, Itapecuruzinho, e os riachos Seco, do Ouro, Gameleira, Cachimbo e Guariba. Pela margem esquerda destacam-se os rios Alpercatas, Peritoró, Pucumã, Baixão do Vigia, Baixão da Bandeira, Douradinho, Olho D'água, Codozinho, dos Porcos, e Igarapé Grande, além dos riachos, São Felinha, da Prata e dos Cocos (MARANHÃO, 2011).



**Figura 6.16. Rio Itapecuru. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Esta bacia abrange o território de 57 municípios, com 37 sedes municipais localizadas nesta bacia e, apenas 20 municípios totalmente inseridos na mesma. Os municípios mais populosos são: Caxias, Codó, Colinas, Coroatá, Dom Pedro, Itapecuru-Mirim e Timbiras.

A população total na bacia do Itapecuru é da ordem de 1.019.398 habitantes, representando aproximadamente 15,5% da população do Maranhão. A população urbana é formada por 640.909 pessoas (62,9%), enquanto que a população rural é de apenas 378.489 habitantes, representando aproximadamente 37,1% da população total da bacia. Com isso a densidade demográfica chega a 19,16 hab./km<sup>2</sup>, equivalendo-se à densidade demográfica estadual (IBGE, 2010).

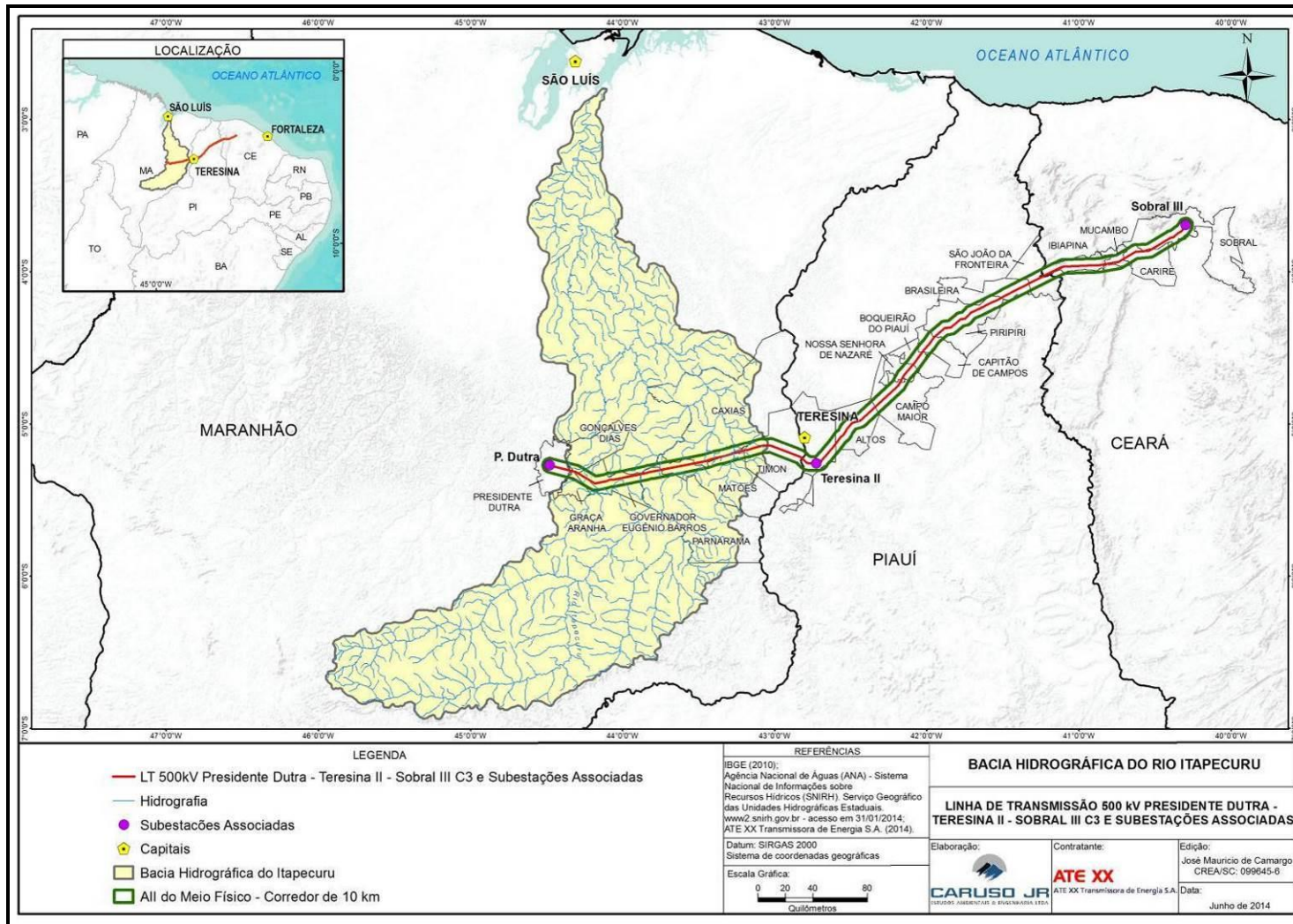


Figura 6.17. Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.3.2 Região Hidrográfica do Parnaíba

Com base no PNRH, a Bacia do Rio Parnaíba, a segunda mais importante da região Nordeste, depois da bacia do São Francisco, representa a mais densa rede hidrográfica da região, constituindo a sub-bacia 34, da Bacia do Atlântico Sul (Decreto-Lei nº 77.410/76, trecho Norte-Nordeste). Sua bacia hidrográfica tem uma superfície de 330.020 km<sup>2</sup>, abrangendo todo o estado do Piauí, que corresponde a 75% da área total da bacia, terras do estado do Maranhão, com 19%, e do Ceará, com 6%. A Figura 6.18 apresenta a Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba juntamente com o traçado da LT, pela figura percebe-se que a área de influência abrange os trechos de médio e baixo do rio Parnaíba.

Dentre todas as sub-bacias, destacam-se aquelas constituídas pelo rio Balsas (5% da área total da bacia), no Maranhão, e no Piauí as dos rios Uruçuí-Preto (4,7%), Gurgueia (9,9%), Longá (8,6%), Poti (16,1%) e Canindé (26,2%), que drenam uma grande região semiárida.

A atividade de agropecuária, predominante na maioria da Região Hidrográfica do Parnaíba, deverá ser vista como uma atividade com grande potencial de crescimento. Esta exige a utilização de grande quantidade de água na busca da otimização e aumento da produção. As práticas agrícolas inadequadas quanto ao manejo do solo já demonstram sinais de impacto nos cursos de água da região, evidenciado pelo crescente assoreamento dos rios Parnaíba, Piauí/Canindé, Poti e Longá. Os insumos agrícolas, como fertilizantes e agrotóxicos, podem se transformar em grandes poluidores das águas armazenadas nos lagos e reservatórios da região, se não houver controle e fiscalização de seu uso. Assim, a parceria entre os segmentos de gestão de recursos hídricos com os atores do segmento agrícola é primordial para garantir a qualidade, tanto do solo como dos recursos hídricos.

Na região costeira é fundamental a parceria entre os segmentos da rizicultura, da cata de caranguejos, da carcinicultura e do turismo local para implementar a política de recursos hídricos de maneira que o desenvolvimento econômico regional se dê de maneira sustentável.



Nos principais centros urbanos, como Teresina/PI, Crateús/CE, Parnaíba/PI, Balsas/MA, Bom Jesus/PI, entre outros, o grande desafio é o controle dos despejos de efluentes domésticos/industriais e de resíduos sólidos de forma a evitar a degradação cada vez mais acentuada dos recursos hídricos.

A baixa densidade demográfica aliada à disponibilidade hídrica da Região Hidrográfica do Parnaíba são os fatores que evitam a instalação de conflitos no tocante à quantidade de água para atender às demandas. Apesar disso, há problemas relacionados com a qualidade da água por causa do lançamento de esgotos nos centros urbanos, principalmente nas épocas de estiagem. Esse problema é identificado na bacia do rio Gurgueia, sendo também identificado nos rios próximos à Teresina/PI e Crateús/CE.

A representação da bacia hidrográfica do rio Parnaíba e suas sub-bacias (Figura 6.32) é apresentada no mapa de Hidrografia, em escala 1:250.000, disponível no caderno de mapas.

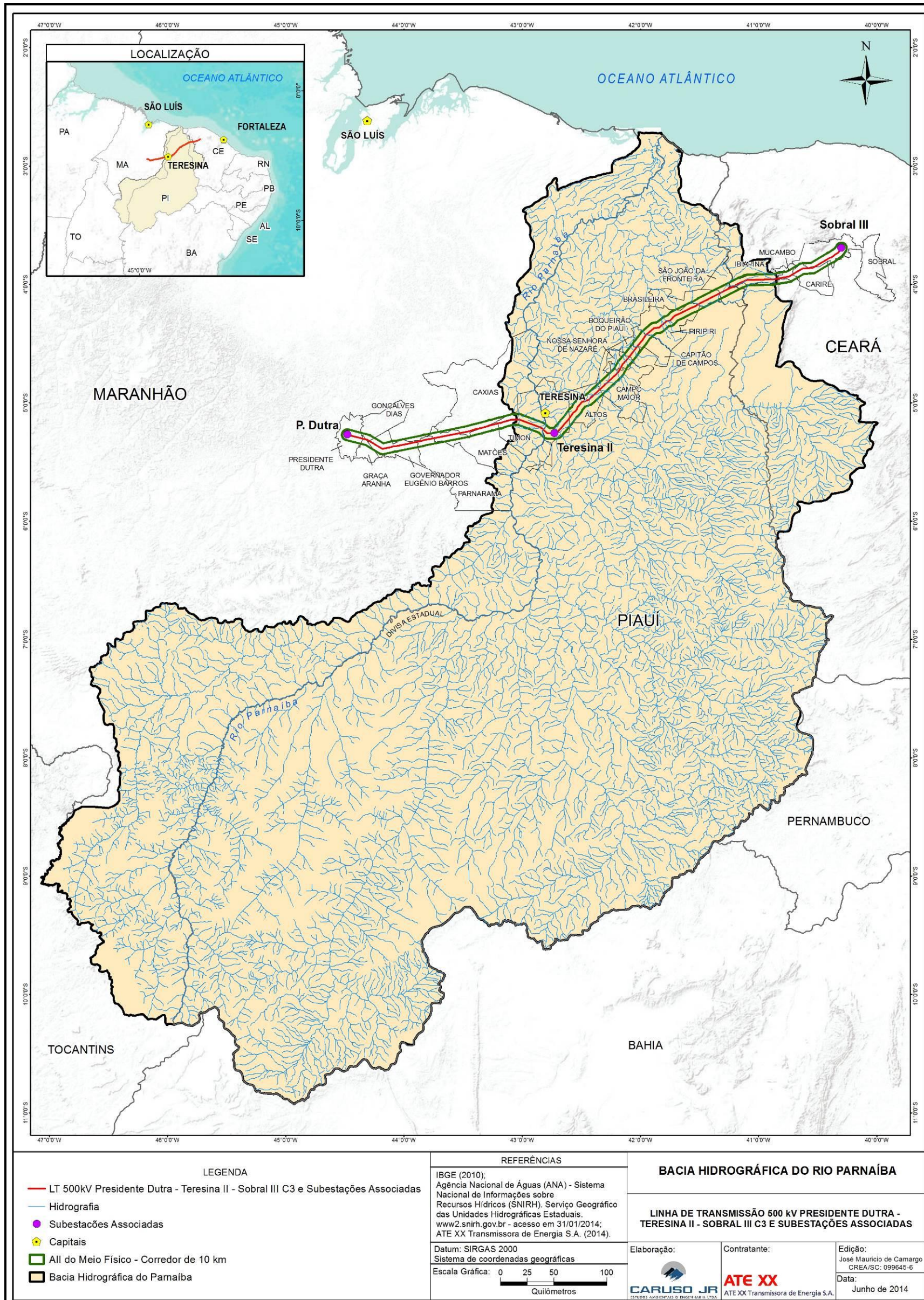


Figura 6.18. Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.3.2.1 Médio Parnaíba

Esta sub-bacia compreende os rios Canindé/Piauí e Poti, que desembocam no rio Parnaíba (Figura 6.19). O Canindé/Piauí próximo à cidade de Regeneração e o Poti no município de Teresina.



**Figura 6.19. Rio Parnaíba próximo à Teresina/PI. Foto: CARUSO JR., 2013.**

A sub-bacia do rio Canindé/ Piauí é uma das mais complexas em termos de gestão dos recursos hídricos, por uma série de fatores:

- Os solos são originários de rochas sedimentares e rochas do cristalino;
- A vegetação se desenvolve sob diferentes condições de clima, e áreas marcadas por severas variações de chuvas, temporal e espacial;
- Regime de intermitência dos rios;
- Dificuldades de obtenção de água para parte da população rural durante o período seco;

- Dificuldade de captação de água subterrânea no cristalino, em volume e em qualidade.

Os rios mais importantes são: Piauí; Canindé, que recebe o rio Piauí; Fidalgo, afluente do Piauí; e Itaim, que recebe o Guaribas, ambos afluentes do Canindé. Esse conjunto de rios tem como afluentes uma bem tecida rede de cursos de água menores e drenam intensamente a parte mais genuína do Semiárido, e conduz toda a água para o rio Parnaíba, por meio do coletor final que é o rio Canindé. Uma característica comum a todos os rios da sub-bacia é o caráter de intermitência, pois todos têm suas nascentes situadas no Semiárido e sobre o cristalino. Uma exceção é o rio Guaribas, no trecho médio a partir da barragem Bocaina, onde é mantido um filete de água corrente originada da barragem e que se destina a manter os cultivos de alho, feitos no leito daquele rio, a partir de maio/junho. A seguir se faz uma descrição dos principais rios da sub-bacia do Canindé/Piauí.

**Rio Piauí** - Tem suas nascentes definidas no sudeste piauiense, junto à fronteira com o estado da Bahia, na Serra das Confusões e Bom Jesus do Gurgueia, no município de Caracol. No seu alto curso tangencia as sedes municipais de Anísio de Abreu/PI e São Raimundo Nonato/PI, recebe, em seguida, o rio São Lourenço e segue para noroeste até desembocar no rio Canindé, já nas proximidades do rio Parnaíba, após percorrer cerca de 380 km. No seu trajeto, atravessa cerca de 17 municípios e alimenta algumas lagoas importantes, como as de Nazaré, Quartel e Jenipapo. É um rio torrencial e tem como tributários principais os rios São Lourenço, Itacoatiara, Fidalgo, Caché, Fundo e Mucaitá.

**Rio Canindé** - Nasce no município de Paulistana/PI, sudeste do estado do Piauí, na fronteira com o estado de Pernambuco, ao prolongamento da serra dos Dois Irmãos. Apresenta curso orientado para noroeste e no trajeto corta cerca de 31 municípios. É um rio torrencial que seca nos meses sem chuva e tem-se o Canindé como perene a partir do município de Francisco Aires/PI, com deflúvio mínimo de 10 m<sup>3</sup>/s e sua extensão é de, aproximadamente, 350 km.

**Rio Itaim** - Nasce, também, no município de Paulistana/PI, ao sopé da chapada do Araripe, fronteira com o estado de Pernambuco. Suas nascentes estão situadas a

pouco mais de 12 km das nascentes do rio Canindé e correm paralelos até se encontrarem a cerca de 190 km abaixo. Drena uma região muito seca do Semiárido, entretanto oferece pequeno fluxo de água ao rio Canindé, mesmo na estação seca.

**Rio Fidalgo** - Com extensão aproximada de 150 km, nasce no município de São João do Piauí/PI, corre para noroeste e conflui com o rio Piauí, no município de São José do Peixe/PI, após atravessar a lagoa do Riacho. Alimenta cerca de 12 lagoas, quase todas temporárias.

**Rio Guaribas** - Nasce no município de Pio IX/PI e corre no sentido sudoeste até o limite sudoeste do município de Picos/PI, após o que deflete para oeste e se reúne ao rio Itaim. O seu curso total é de, aproximadamente, 160 km. Trata-se de um rio caudaloso no período chuvoso que inunda toda a sua planície aluvial sendo, atualmente, controlado pela barragem Bocaina. Seus afluentes mais importantes são o rio Marçal e o riacho São João, pela margem esquerda, e os riachos Bananeiras e dos Macacos, pela margem direita.

**Rio Poti** - Nasce no estado do Ceará, no município Novo Oriente, corre inicialmente, para norte e após percorrer 100 km, recebendo inúmeros tributários menores, segue para oeste e penetra no estado do Piauí, através do canyon que corta a chapada da Ibiapaba, no município de Castelo do Piauí/PI. Nesse trecho e até as proximidades da cidade de Castelo corta terrenos rochosos e apresenta pouca largura. Após transpor a Chapada, toma rumo sul por aproximadamente 50 km e em seguida dirige o curso para sudoeste e suavemente define um arco cuja curvatura maior se acentua junto à cidade de Prata do Piauí/PI. Em seguida, volta-se lentamente para noroeste até atingir a capital do estado e penetrar no rio Parnaíba. A Figura 6.20 apresenta o rio Poti nas proximidades de Teresina, próximo ao trecho de onde passará a LT.

Os tributários mais importantes são os rios Sambito, Berlingas, São Nicolau e Cais pela margem esquerda e os rios Capivara e Canudos pela margem direita. A maioria dos rios e riachos tem suas nascentes no Semiárido, quase sempre apresentando caráter de torrencialidade e intermitência. Essa torrencialidade está associada ao regime das chuvas e a eventual abundância com que caem. À

semelhança dos seus tributários, o rio Poti é dependente das chuvas, portanto suas águas evoluem conforme o desenrolar da estação chuvosa, como costuma acontecer com os rios do Semiárido.



**Figura 6.20. Rio Poti próximo a Teresina/PI. Foto: CARUSO JR., 2013.**

**Rio Sambito** - Nasce no município de Pimenteiras/PI, no sopé da serra das Almas, e tem o curso orientado para noroeste. Recebe o riacho São Vicente e desemboca no rio Poti após receber o rio São Nicolau, próximo à cidade de Prata do Piauí/PI. Trata-se de um rio caudaloso na estação chuvosa, dependente do regime das chuvas. Seca quase que inteiramente a partir de junho.

**Rio Berlingas** - tem suas nascentes drenando os municípios de Novo Oriente do Piauí/PI e Várzea Grande/PI. Orienta o curso no sentido do oeste para, após a cidade de Várzea Grande/PI, seguir para noroeste e, finalmente, para norte, até confluir com o rio Poti, cerca de 12 km a jusante da cidade de Prata do Piauí/PI.

**Rio São Nicolau** - Nasce no município de São Miguel do Tapuio/PI e percorre cerca de 150 km antes de confluir com o rio Sambito, no município de São Félix do Piauí/PI. É intermitente, apresenta o curso inicialmente orientado para oeste, depois para sul por 40 km, e, em seguida, corre para oeste até encontrar o rio Sambito.

### 6.2.3.2.2 Baixo Parnaíba

Esta sub-bacia é composta, principalmente, pelos rios Longá, o próprio rio Parnaíba e uma série de pequenos riachos que desembocam no Parnaíba, além do delta do rio Parnaíba. A seguir tem-se a descrição dos principais rios desta sub-bacia de acordo com o PNRH:

**Rio Longá** - As nascentes do rio Longá estão situadas no município de Alto Longá e recebem contribuições oriundas dos municípios de Altos/PI e Campo Maior/PI. Orienta inicialmente o curso para noroeste, em seguida para norte, até tangenciar a cidade de Esperantina/PI, na qual segue para leste num percurso de 30 km, depois toma rumo norte. Nos municípios de Joaquim Pires/PI e Buriti dos Lopes/PI ele apresenta muitos meandros e desemboca no rio Parnaíba, após percorrer cerca de 250 km. Trata-se de um rio perene no médio e baixo curso e alimenta inúmeras lagoas de pequeno porte. Seus principais afluentes são, pela margem esquerda, os rios Surubim e Maratoan; pela margem direita, os rios Jenipapo, Corrente, dos Matos, Caldeirão, (barrado no município de Piripiri/PI, forma um corpo de água de 54,6 milhões de m<sup>3</sup>, conforme a Figura 6.21), e o rio Piracuruca, barrado no município do mesmo nome formando um lago de 250 milhões de m<sup>3</sup>.



**Figura 6.21. Barragem no rio Caldeirão. Foto: CARUSO JR., 2013.**

São registradas importantes lagoas ao longo do rio Longá e de alguns tributários, destacando-se as lagoas do Angelim e da Mata, ambas em Buriti dos Lopes/PI, com 11,5 milhões de m<sup>3</sup> e 39 milhões de m<sup>3</sup>, respectivamente.

**Rio Parnaíba (trecho entre Teresina e Buriti dos Lopes)** - Compreende uma faixa de terra paralela ao rio Parnaíba, que se inicia em Teresina/PI, no limite com a sub-bacia Poti, e se estende até a confluência da sub-bacia Longá, próximo ao rio Longá, no município de Buriti dos Lopes/PI. Abrange, em particular, os pequenos cursos de água que, desde Teresina, desembocam diretamente no rio Parnaíba, sem a intermediação de nenhum outro tributário mais importante, destacando-se o rio Buriti, no estado do Maranhão. Não há, portanto, nenhum curso de água de maior importância nesta sub-bacia, exceto o próprio rio Parnaíba que no trecho apresenta a sua maior largura.

Entre Teresina e a foz do Longá (e até o Delta) o rio Parnaíba apresenta as características de um rio de planície, com declividade muito baixa (até 50 cm/km).



As águas apresentam baixa velocidade e em alguns trechos, com extensa largura. São notórias as ocorrências de grandes bancos de areia em seu leito, depositados pelas próprias águas.

Nesta sub-bacia concentra-se uma grande quantidade de lagoas perenes, formadas na área de domínio do rio ou nos trechos abaciados alimentados por riachos que desembocam no Parnaíba. As mais importantes dessas lagoas, em volume de água, portanto pelo significado que desempenha junto à população, são as Lagoas da Salinas, de Campo Largo e da Estiva, com 13,3 milhões, 12,95 milhões e 17,6 milhões de m<sup>3</sup>, respectivamente.

Na faixa litorânea do Baixo Parnaíba, os cursos de água se apresentam perenes pela influência marítima, e com águas salobras. Os rios mais importantes são o Igarassu, que margeia a cidade de Parnaíba/PI, o Camurupim, Timonha, e o Utatuba, este último na fronteira com o estado do Ceará. Na orla litorânea, destacam-se algumas lagoas: Mutucas, Portinho, Santana, São Bento e Alagadiço. Duas áreas mostram especial fragilidade na sub-bacia: as dunas e os manguezais. As dunas paralelas ao mar formam um cordão de areia ao longo da costa, quase todas móveis, portanto, pouco estáveis. A especulação imobiliária põe em risco sua estabilização ao eliminar a vegetação que as sustenta, expondo-as totalmente a ação dos ventos. A segunda área frágil compreende o manguezal que sofre pressões de projetos para desenvolvimento da carcinicultura de exportação, com prejuízos para a fauna e flora.

### **6.2.3.3 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**

De acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental abrange os estados de Piauí (1%), Ceará (46%), Rio Grande do Norte (19%), Paraíba (20%), Pernambuco (10%) e Alagoas (5%). A região contempla cinco importantes capitais do nordeste (Fortaleza, Natal, João Pessoa, Recife e Maceió), vários grandes núcleos urbanos e um significativo parque industrial. Destaca-se, ainda, o fato da região circunscrever mais de uma dezena de pequenas bacias costeiras, caracterizadas pela pouca extensão e pequena vazão de seus corpos d'água. Nesta região a área de influência da LT transpõe as bacias dos rios Acaraú e Coreaú.

Segundo o PNRH, as condições mais críticas em relação à demanda/disponibilidade no Brasil ocorrem na Região Atlântico Nordeste Oriental, com comprometimento de 100% da disponibilidade. Em alguns locais a situação é agravada em função da elevada densidade populacional. Eventualmente, é necessária a transposição de água a partir de bacias próximas (por exemplo, a cidade de Fortaleza é parcialmente abastecida com água da bacia do rio Jaguaribe) ou a exploração de águas subterrâneas quando possível (por exemplo, a região costeira do Rio Grande do Norte).

A demanda total de água na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental é de 179,17 m<sup>3</sup>/s (11% da demanda do país) da qual 53% (95,24 m<sup>3</sup>/s) corresponde ao uso para irrigação. Esses valores contrastam fortemente com a disponibilidade hídrica regional, que representa 0,43% do total nacional. Em função da disparidade entre a disponibilidade e a demanda, é baixa a segurança hídrica para o abastecimento da região, sobretudo, nos períodos de estiagem sazonal (BRASIL, 2006).

Embora reconhecidamente esta região hidrográfica seja a que apresenta maiores carências de disponibilidade de água em quantidade, os conflitos detectados têm, na maioria das vezes, sua origem na agricultura irrigada, que afeta diretamente o abastecimento público do ponto de vista quantitativo e indiretamente qualitativo, visto que os cursos d'água não têm vazão suficiente para diluir os efluentes domésticos, industriais e agrícolas, comprometendo assim o abastecimento público. Da mesma forma, há o conflito no setor agropecuário, visto que os efluentes gerados pela agricultura afetam a qualidade da água, prejudicando a criação de animais. Destaca-se como uso concorrente intersetorial o lançamento de efluentes domésticos, que comprometem a qualidade da água para o turismo e o lazer. Nesse contexto de escassez, observa-se o acirramento de conflitos entre os setores demandantes de água: urbano (residencial), industrial e agropecuário (principalmente irrigação). A concentração humana em determinadas partes da região, especialmente nas regiões metropolitanas, a expansão industrial e o desenvolvimento de atividades agrícolas em larga escala potencializam os conflitos.

A representação das bacias hidrográficas da região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, abrangidas pela área de influência da LT, é apresentada no mapa de Hidrografia, em escala 1:250.000, disponível no caderno de mapas.

### **6.2.3.3.1 Bacia Hidrográfica do Rio Coreaú**

De acordo com a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) do estado do Ceará, a Bacia Hidrográfica do Rio Coreaú (Figura 6.22) tem uma área de drenagem de 10.657 km<sup>2</sup>, correspondente a 7,19% do território Cearense, engloba tanto a bacia drenada pelo rio Coreaú e seus afluentes com 4.446 km<sup>2</sup>, como também o conjunto de bacias independentes e adjacentes. O rio Coreaú nasce na confluência dos riachos Jatobá e Caiçara, oriundos do sopé da serra da Ibiapaba, e desenvolve-se (praticamente sentido sul-norte) por 167,5 km até o Oceano Atlântico. Esta Bacia é composta por 21 municípios e apresenta uma capacidade de acumulação de águas superficiais de 297.090.000 milhões de m<sup>3</sup>, num total de nove açudes públicos gerenciados pela COGERH.

É uma região de potencial desenvolvimento social e econômico devido ao seu potencial de acumulação hídrica e as constantes recargas de seus reservatórios, o que atrai usuários tais como carcinicultores e exploradores de águas minerais. A bacia do Coreaú forma deste modo uma rede complexa de relações socioeconômicas, onde os interesses dos usuários de água, da sociedade civil e do poder público estão intrinsecamente ligados aos aspectos de gerenciamento dos recursos hídricos.

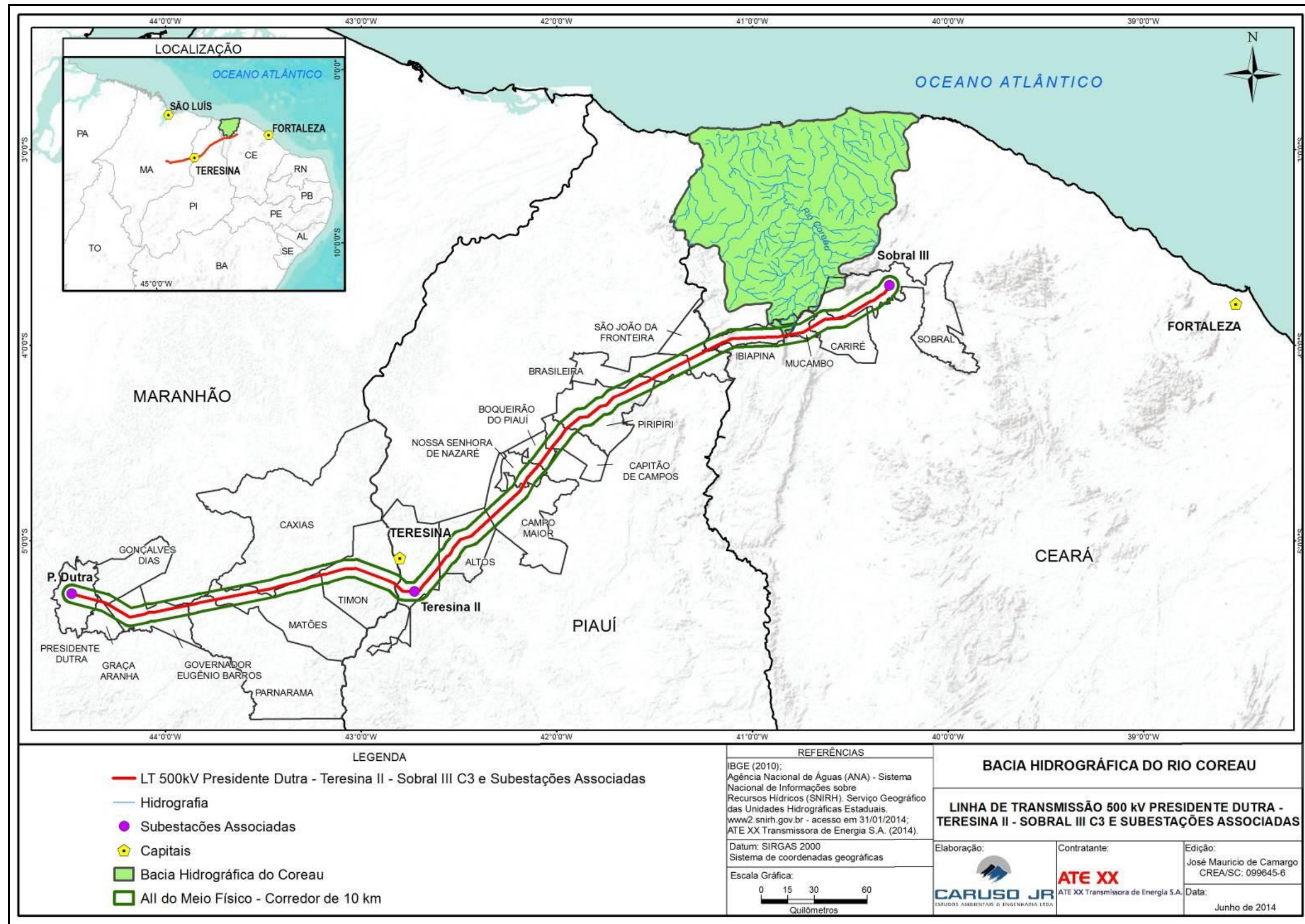


Figura 6.22. Bacia Hidrográfica do Rio Coreau. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### **6.2.3.3.2 Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú**

A Bacia do Acaraú (Figura 6.24) situa-se na porção noroeste do estado do Ceará, limitada a noroeste pela bacia do Coreaú, a sudoeste pela bacia do Poti Longá, a sudeste pela bacia do Banabuiu, a leste pelas bacias do Curu e Litoral, e ao norte, pelo Oceano Atlântico. Ocupa uma área de 14.423,00 km<sup>2</sup>, abrangendo integralmente a área de 11 municípios e, parcialmente, a de outros 17 municípios (CEARÁ, 2010).

A partir de informações da Revisão do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas e Elaboração dos Planos de Gerenciamento das Águas das Bacias do Litoral, Acaraú e Coreaú, no estado do Ceará (COGERH, 2010), em termos hidrográficos, a Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú tem como principal coletor de drenagem o rio Acaraú, que se desenvolve no sentido sul-norte. Os principais afluentes do rio Acaraú são os rios Groaíras, dos Macacos, Jacurutu e Sabonete, pela sua margem direita, e o rio Jaibaras, pela sua margem esquerda.

O rio Acaraú apresenta um desnível topográfico de cerca de 960 m em uma extensão aproximada de 315 km, desde suas cabeceiras na Serra das Matas, na região centro-oeste, até a sua foz no oceano Atlântico, no município de Acaraú. Conta com elevado índice de compacidade (1,85) e fator de forma reduzido (0,15). A drenagem apresenta-se com padrão dendrítico no alto e médio curso do rio Acaraú, em virtude da bacia estar em sua maior parte assentada sobre rochas cristalinas, onde o escoamento superficial é bastante significativo. Em seu baixo curso, a área é drenada por sedimentos da Formação Barreiras, Paleodunas e Campos de Dunas. Em alguns trechos do rio estão algumas barragens, a Figura 6.23 apresenta duas barragens na área de influência da LT localizadas no curso do rio Jaibaras, afluente pela margem esquerda do rio Acaraú.



Figura 6.23. À esquerda: Barragem Taquara no rio Jaibaras. À direita: Barragem Aires de Sousa no rio Jaibaras. Fotos: CARUSO JR., 2013.

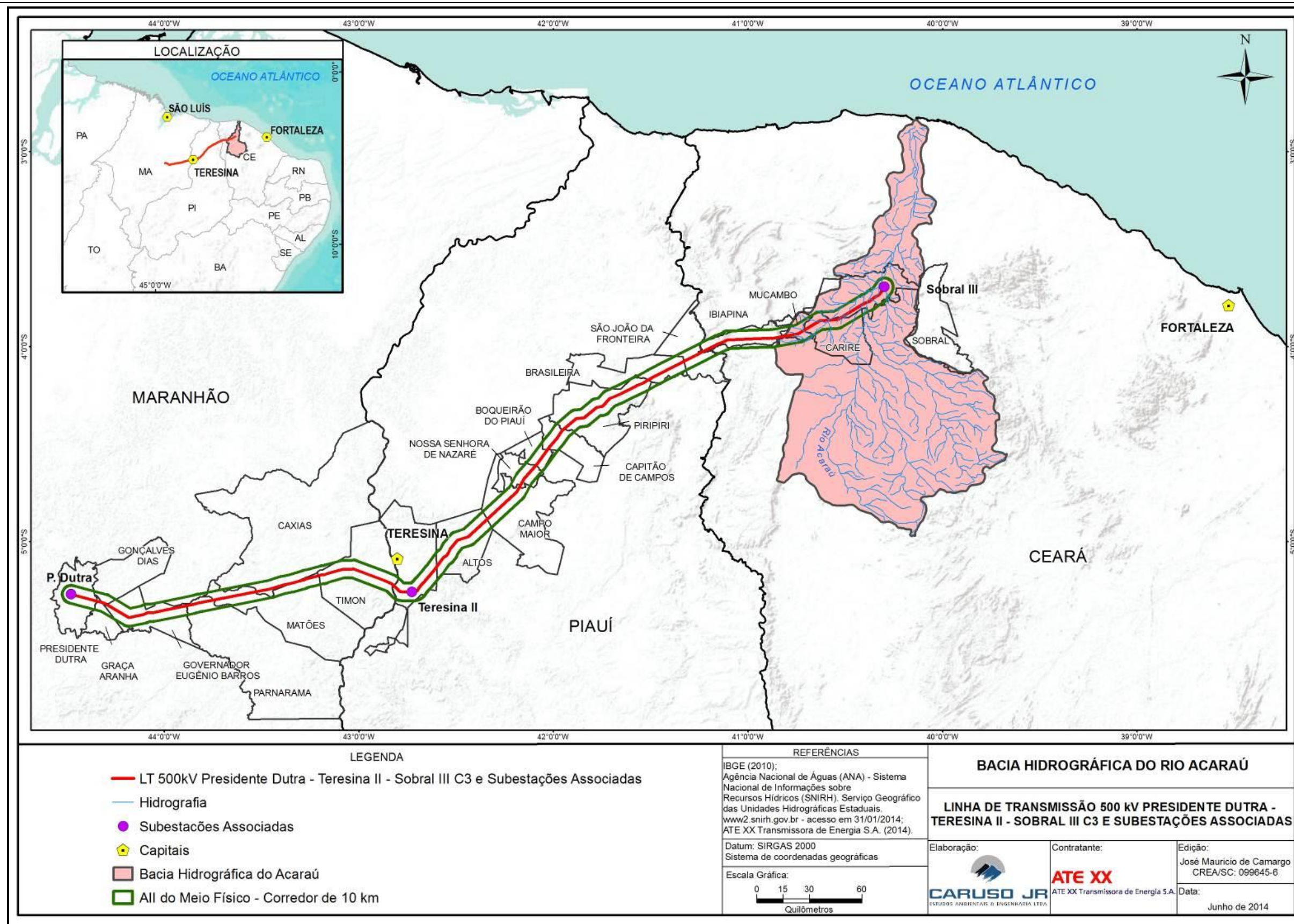


Figura 6.24. Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.3.4 Cursos d'água transpostos pelo empreendimento

A Tabela 6.5 apresenta os rios transpostos pela LT, somente aqueles constantes da base cartográfica do IBGE de 2010 - extraídos por meio de ferramentas de geoprocessamento - contendo o nome, o estado em que o rio pertence e a localização em coordenadas dos pontos de encontro com a LT.

A LT irá transpor 88 cursos d'água, sendo 26 no estado do Maranhão, um na divisa entre o Maranhão e o Piauí, 42 transposições nos cursos d'água no Piauí, um na divisa entre o Piauí e Ceará, e por fim, 18 transposições no estado do Ceará, sendo a grande maioria em cursos de pequeno porte.

**Tabela 6.5. Rios transpostos pela LT.**

Nome do Rio	UF	Latitude	Longitude
Riacho Gameleira	MA	5° 12' 26.90" S	42° 51' 12.35" W
Sem Nome	MA	5° 8' 37.52" S	43° 1' 11.58" W
Sem Nome	MA	5° 8' 34.53" S	43° 5' 6.28" W
Sem Nome	MA	5° 9' 13.33" S	43° 7' 25.21" W
Sem Nome	MA	5° 11' 12.98" S	43° 14' 57.50" W
Sem Nome	MA	5° 11' 28.19" S	43° 16' 10.16" W
Riacho Gameleira	MA	5° 12' 40.39" S	43° 20' 10.87" W
Sem Nome	MA	5° 13' 27.92" S	43° 23' 37.71" W
Riacho Pra Quê	MA	5° 14' 50.27" S	43° 28' 26.35" W
Sem Nome	MA	5° 15' 33.19" S	43° 32' 4.08" W
Sem Nome	MA	5° 15' 55.31" S	43° 33' 56.31" W
Sem Nome	MA	5° 16' 25.35" S	43° 36' 28.81" W
Riacho Quando É	MA	5° 18' 11.12" S	43° 45' 26.11" W
Sem Nome	MA	5° 18' 33.90" S	43° 47' 21.95" W
Sem Nome	MA	5° 18' 58.45" S	43° 49' 35.87" W
Rio Itapecuru	MA	5° 19' 45.71" S	43° 52' 49.31" W
Sem Nome	MA	5° 20' 31.30" S	43° 56' 35.72" W
Sem Nome	MA	5° 21' 26.08" S	44° 1' 7.75" W
Sem Nome	MA	5° 21' 58.85" S	44° 4' 47.08" W
Sem Nome	MA	5° 22' 46.44" S	44° 7' 46.65" W
Sem Nome	MA	5° 23' 16.31" S	44° 10' 15.01" W
Riacho dos Periquitos	MA	5° 21' 29.75" S	44° 14' 13.26" W
Sem Nome	MA	5° 20' 50.15" S	44° 15' 19.82" W
Sem Nome	MA	5° 19' 39.48" S	44° 17' 18.56" W
Riacho Firmino	MA	5° 18' 8.59" S	44° 21' 37.13" W
Riacho Firmino	MA	5° 17' 16.39" S	44° 24' 59.87" W
Rio Parnaíba	MA/PI	5° 13' 36.72" S	42° 49' 18.51" W
Sem Nome	PI	4° 7' 21.82" S	41° 25' 13.62" W



Nome do Rio	UF	Latitude	Longitude
Sem Nome	PI	4° 9' 8.24" S	41° 28' 41.54" W
Rio Piracuruca	PI	4° 10' 19.88" S	41° 30' 52.49" W
Sem Nome	PI	4° 10' 23.20" S	41° 30' 58.25" W
Riacho Estiva	PI	4° 10' 57.83" S	41° 31' 58.33" W
Riacho do Ladinho	PI	4° 11' 33.39" S	41° 33' 14.09" W
Sem Nome	PI	4° 11' 38.19" S	41° 33' 26.70" W
Riacho Vargem Grande	PI	4° 12' 38.54" S	41° 35' 33.99" W
Riacho Varjota	PI	4° 12' 47.21" S	41° 35' 51.00" W
Riacho dos Cavalos	PI	4° 13' 1.69" S	41° 36' 19.42" W
Riacho dos Cavalos	PI	4° 13' 7.28" S	41° 36' 30.40" W
Riacho do Baixão	PI	4° 13' 41.03" S	41° 37' 36.65" W
Riacho do Baixão	PI	4° 14' 20.54" S	41° 38' 54.21" W
Riacho dos Cavalos	PI	4° 15' 21.17" S	41° 41' 8.47" W
Sem Nome	PI	4° 15' 50.46" S	41° 42' 14.60" W
Riacho Paciência	PI	4° 16' 21.22" S	41° 42' 58.76" W
Sem Nome	PI	4° 18' 36.47" S	41° 45' 55.54" W
Rio dos Matos	PI	4° 18' 43.28" S	41° 46' 35.47" W
Riacho da Macambira	PI	4° 19' 53.94" S	41° 48' 7.84" W
Riacho Santo Antônio	PI	4° 20' 31.11" S	41° 48' 52.83" W
Sem Nome	PI	4° 22' 2.29" S	41° 51' 43.20" W
Sem Nome	PI	4° 22' 28.57" S	41° 53' 21.13" W
Sem Nome	PI	4° 22' 30.06" S	41° 53' 22.91" W
Sem Nome	PI	4° 24' 36.52" S	41° 55' 53.02" W
Rio Corrente	PI	4° 25' 30.63" S	41° 56' 57.26" W
Riacho Sambito	PI	4° 26' 6.10" S	41° 57' 31.11" W
Sem Nome	PI	4° 26' 28.92" S	41° 57' 46.64" W
Sem Nome	PI	4° 28' 40.41" S	41° 59' 21.39" W
Sem Nome	PI	4° 31' 39.01" S	42° 1' 49.24" W
Riacho Fundo	PI	4° 33' 44.20" S	42° 3' 21.80" W
Riacho Titara	PI	4° 37' 43.21" S	42° 6' 30.99" W
Riacho das Vertentes	PI	4° 39' 4.69" S	42° 7' 42.93" W
Sem Nome	PI	4° 42' 37.32" S	42° 10' 10.20" W
Sem Nome	PI	4° 43' 23.50" S	42° 10' 35.46" W
Rio Longá	PI	4° 45' 8.73" S	42° 11' 44.05" W
Sem Nome	PI	4° 46' 5.74" S	42° 12' 45.85" W
Sem Nome	PI	4° 50' 21.75" S	42° 17' 23.41" W
Rio Surubim	PI	4° 56' 17.53" S	42° 23' 49.23" W
Sem Nome	PI	4° 57' 59.13" S	42° 25' 39.44" W
Rio Surubim	PI	4° 59' 2.06" S	42° 27' 42.31" W
Rio Poti	PI	5° 15' 13.96" S	42° 42' 11.27" W
Sem Nome	PI	5° 15' 27.86" S	42° 42' 43.52" W
Rio do Pejuaba	PI/CE	4° 2' 15.00" S	41° 15' 14.31" W

Nome do Rio	UF	Latitude	Longitude
Riacho Sabonete	CE	3° 42' 21.76" S	40° 18' 24.89" W
Sem Nome	CE	3° 43' 11.05" S	40° 19' 0.88" W
Sem Nome	CE	3° 44' 15.40" S	40° 20' 5.17" W
Riacho Jatobá	CE	3° 44' 52.82" S	40° 21' 6.22" W
Riacho Salgado	CE	3° 45' 26.82" S	40° 21' 49.52" W
Sem Nome	CE	3° 45' 39.06" S	40° 22' 5.12" W
Rio Acaraú	CE	3° 46' 24.47" S	40° 23' 28.87" W
Sem Nome	CE	3° 46' 30.72" S	40° 23' 50.52" W
Riacho Seco	CE	3° 47' 9.91" S	40° 24' 57.20" W
Sem Nome	CE	3° 48' 20.28" S	40° 26' 53.67" W
Sem Nome	CE	3° 49' 10.66" S	40° 28' 17.05" W
Riacho Papocu	CE	3° 49' 27.52" S	40° 28' 44.96" W
Rio Jaibaras	CE	3° 51' 48.96" S	40° 34' 26.35" W
Riacho Fontaninha	CE	3° 52' 14.83" S	40° 38' 14.60" W
Sem Nome	CE	3° 54' 59.93" S	40° 42' 47.57" W
Sem Nome	CE	3° 55' 2.70" S	40° 42' 52.14" W
Açude Pedra de Fogo	CE	3° 56' 7.03" S	40° 45' 0.72" W
Rio do Pejuaba	CE	3° 57' 53.86" S	41° 6' 12.90" W

**Elaboração:** CARUSO JR., 2014. Nota: A partir da base de dados do IBGE (2010).

#### 6.2.3.4.1 Classe dos rios transpostos

O enquadramento dos corpos de água é um instrumento de gerenciamento de recursos hídricos que consiste em classificar os corpos hídricos, de forma a estabelecer metas de qualidade de água para cenários futuros, levando em consideração os usos atuais e os interesses de usos na respectiva bacia hidrográfica.

No Brasil, o enquadramento de corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, foi inicialmente instituído pela Portaria do Ministério do Interior nº GM 0013/76, substituída pela Resolução CONAMA nº 20/86, a qual foi novamente substituída pela Resolução CONAMA nº 357/05.

O termo qualidade de água é muito relativo, pois, a qualidade ideal é a qualidade necessária para atender ao uso pretendido. Assim, quando se objetiva uma qualidade de água para consumo humano adota-se uma legislação para água potável, tendo outra normatização para água mineral e de balneabilidade para as águas das praias, e assim sucessivamente. Como base norteadora para tais

decisões existe a Resolução CONAMA nº 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

A Resolução CONAMA nº 357/05 traz novas diretrizes, incluindo criação de metas progressivas, identificação de parâmetros prioritários, seleção da vazão de referência para o enquadramento, criação de novas classes para águas salinas e salobras, inclusão de novas substâncias, inserção de 324 parâmetros de classificação sendo que 68 estão mais restritivos, inserção de padrões para corpos d'água onde haja pesca ou cultivo de organismos de forma intensa, teste de toxicidade, atualização dos limites dos parâmetros e programa de efetivação do enquadramento. Ela classifica as águas do território nacional em treze classes, divididas em águas doces (salinidade  $\leq 0,5\%$ o), águas salobras (salinidade  $> 0,5\%$ o e  $<30\%$ o) e águas salinas (salinidade  $\geq 30\%$ o). Para o caso de águas doces, têm-se as seguintes classes: especial, 1, 2, 3 e 4; para as águas salobras e salinas têm-se as classes especial, 1, 2 e 3. Nessa classificação a classe especial é a mais restritiva, e a classe 4 ou 3, a menos nobre.

A qualidade, prescrita na Resolução CONAMA nº 357/05, é expressa na forma de padrões, tanto para a qualidade dos corpos receptores, quanto para o lançamento de efluentes líquidos nos corpos d'água. Ambos os padrões estão de certa forma inter-relacionados. O real objetivo de ambos é a preservação da qualidade do corpo d'água que permita usos múltiplos. Os padrões de lançamento estão relacionados com o padrão do corpo receptor, uma vez que um efluente, além de satisfazer os padrões de lançamento, não pode alterar a qualidade ou classe do corpo receptor.

A Resolução CONAMA nº 357/05, em seu artigo 42, diz que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces do país serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Para os rios transpostos pela LT não foi identificado o enquadramento dos respectivos cursos d'água, desta forma, todos devem ser avaliados como de classe 2, assim, pela Resolução CONAMA nº 357/05 as águas podem ser utilizadas para:

- O abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/00;
- À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- À aquicultura e à atividade de pesca.

### 6.2.3.5 Nascentes

De acordo com a Lei nº 12.651/12, nascente é um afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água.

Para Valente e Gomes (2005), as nascentes podem ser divididas em seis tipos principais:

- Nascentes de encostas - marcadas pelo contato de camadas geológicas;
- Nascentes de depressão - formadas por "olhos d'água";
- Nascentes difusas - ocorrem em áreas encharcadas, como brejos;
- Nascentes de lençol artesianos - ocorrem em locais de forte declive e aquíferos confinados, principalmente em contatos geológicos;
- Nascentes de falha geológica - ocorrem onde as falhas marcam o contato do nível freático com a superfície;
- Nascentes de rochas cársticas - originadas em dutos, canais cársticos ou mesmo dolinas.

No âmbito da identificação das nascentes na área de influência da LT, ressalta-se a inviabilidade do levantamento das mesmas a campo devido à grande extensão do empreendimento e a quantidade de recursos hídricos interceptados pelo traçado ou abrangidos pelas áreas de estudo. Tal dificuldade é ainda agravada pela grande quantidade de cursos d'água intermitentes e efêmeros existente na área de influência da LT devido às características climáticas, geológicas e geomorfológicas da região.

Dessa forma, ressalta-se que nas campanhas de campo, realizadas pela equipe responsável pelo diagnóstico, foram identificados diversos leitos de rio secos (Figura 6.25), além de áreas com características de alagamento, que por não apresentarem perenidade impossibilitam a identificação de nascentes diretamente a campo, porém ainda representam possíveis locais de afloramento do lençol freático no período de cheias. Mesmo diante da impossibilidade da identificação de nascentes a partir destas áreas, destaca-se que as mesmas constam no mapeamento apresentado no item referente a áreas alagáveis.



**Figura 6.25 Leitos de rio secos em Capitão de Campos/PI (esquerda) e Piripiri/PI (direita) identificados nas campanhas de campo. Foto: CARUSO JR., 2014.**

A principal dificuldade para identificar as nascentes é, de acordo com Felipe (2009), a ausência de literatura acadêmica específica. O procedimento mais utilizado é a determinação de nascentes com base em dados secundários, a partir da alocação de um ponto nos locais onde se iniciam os canais de drenagem observados nas cartas topográficas. No entanto, ressalta-se que este método é válido como estimativa, sendo de baixa precisão, uma vez que as nascentes são consideradas elementos de grande escala, próximo a 1:1.

Para a fase de diagnóstico, entendeu-se como viável a aplicação do procedimento supracitado para a identificação de nascentes, mesmo que este não corresponda a uma espacialização precisa, dada a escala pequena dos mapas utilizados. Desta forma, são estimadas as localizações das nascentes na área de influência do empreendimento a partir da análise de dados cartográficos, conforme apresentado no mapa da Figura 6.26.

O mapeamento das nascentes presente na área de influência da LT é apresentado também no mapa de Hidrografia, em escala 1:250.000, disponível no caderno de mapas.

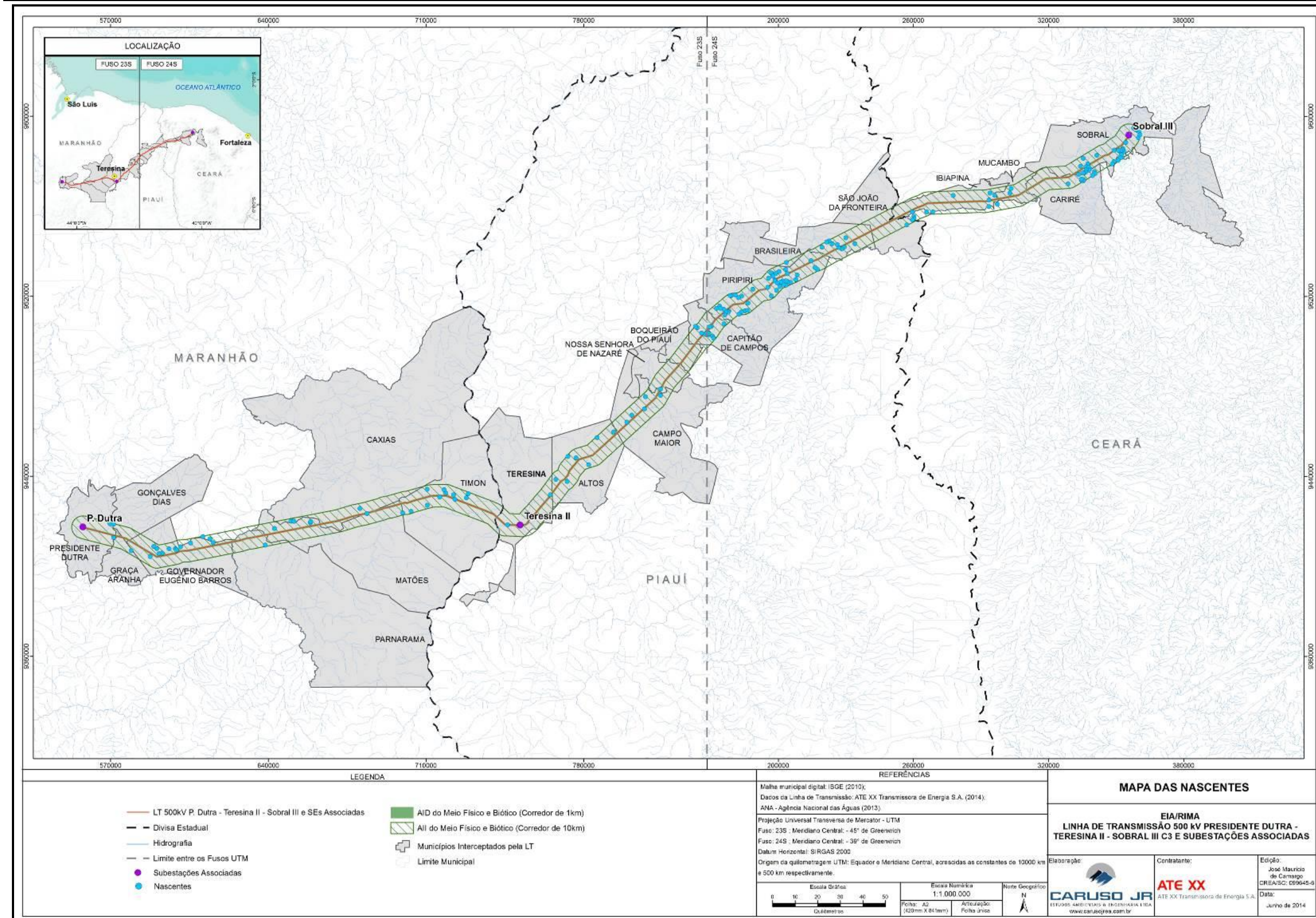


Figura 6.26 Identificação das nascentes na área de influência do empreendimento. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

A identificação de nascentes é fundamental para subsidiar também as análises do meio biótico, tendo em vista a influência destas para a biota, sendo assim também foram consideradas no ato de delimitação das áreas de preservação permanente (APP) com um raio de 50 metros, de acordo com a Lei nº 12.651/12.

Sabendo que as áreas onde se encontram nascentes correspondem a pontos de relevante interesse tanto para o meio físico quanto para o meio biótico, deve-se evitar a interferência direta nas mesmas sempre que possível, a fim de garantir a preservação da vegetação nativa, dos recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de assegurar o bem-estar das comunidades abrangidas.

### 6.2.3.6 Período de cheias e vazante

Com base nos dados hidrológicos disponibilizados na HidroWeb (ANA), é possível obter uma série histórica das estações fluviométricas localizadas nos principais rios interceptados pela LT. A partir de dados mensais de vazão, medidas registradas desde 1963 até 2012 (em algumas estações), foram calculadas as vazões médias mensais para cada estação. Assim é possível identificar períodos de cheias e de vazante dos rios da região.

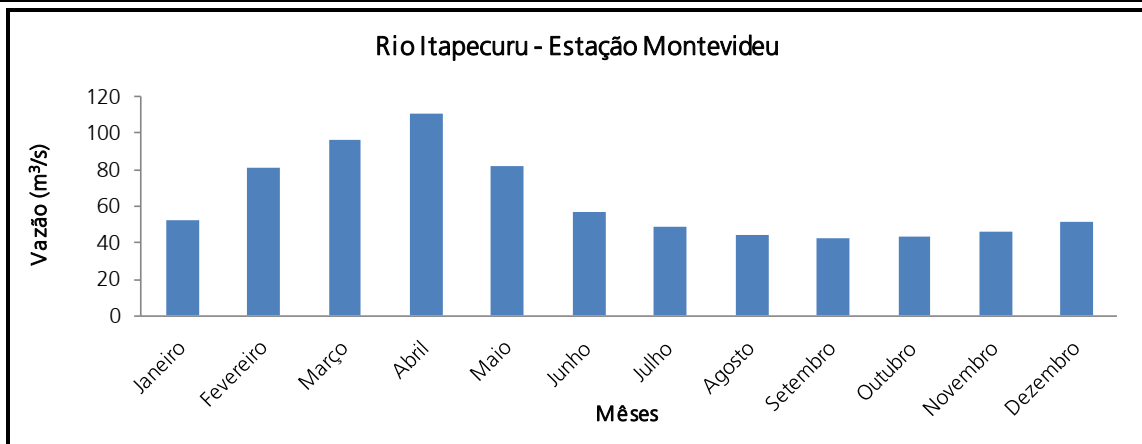
Para a seleção das estações fluviométricas foram utilizados como critérios, as estações que se encontravam nos principais rios transpostos e pela proximidade à LT, apresentadas na Tabela 6.6. A Figura 6.27, Figura 6.28 e Figura 6.29 apresentam as médias de vazões de cada mês nas estações selecionadas.

**Tabela 6.6. Estações selecionadas para a análise de dados de vazão.**

Nome do rio	Nome da estação fluviométrica	Código (ANA)	Bacia
Rio Itapecuru	Montevidéu	33530000	Bacia do Rio Itapecuru
Rio Parnaíba	Teresina - CHESF	34690000	Bacia do Rio Parnaíba
Rio Jaibas	Ararius	35263000	Bacia do Rio Acaraú

**Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

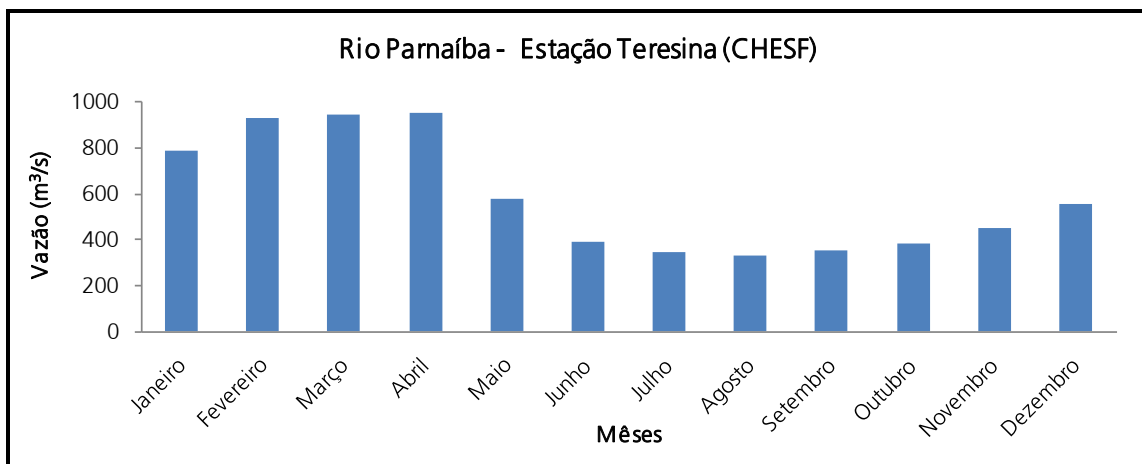




**Figura 6.27. Vazão média mensal no rio Itapecuru. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de ANA - HidroWeb (1963 a 2012).

Baseando-se nos dados históricos, no rio Itapecuru, próximo a LT, nos meses de março a maio são os que apresentam período com maiores cheias, e os meses de agosto a outubro são os que os rios estão com menor disponibilidade de água, período de vazante.



**Figura 6.28. Vazão média mensal no Rio Parnaíba. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Fonte: A partir de ANA - HidroWeb (1963 a 2012).

No rio Parnaíba, próximo a LT, o período de cheia acontece principalmente nos meses de fevereiro a abril, sendo que o período de vazante acontece de julho a setembro.

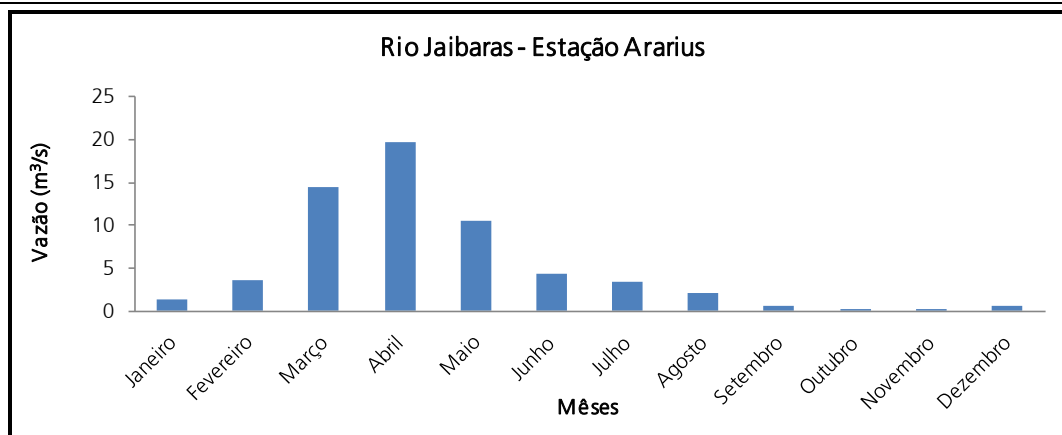


Figura 6.29. Vazão média mensal no rio Jaibas. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

Fonte: ANA - HidroWeb (1963 a 2012).

No rio Jaibas, próximo a LT, o período de cheia acontece principalmente nos meses de março a maio, sendo que o período de vazante acontece de outubro a dezembro.

Os núcleos urbanos próximos às áreas de planícies de inundação dos rios enfrentam problemas comuns no período de cheia, como inundações e destruição de lavouras. No período de seca, as áreas próximas às planícies que são irrigadas ficam prejudicadas devido à diminuição das chuvas. Áreas mais distantes das planícies inundadas também podem sofrer prejuízos, principalmente com relação ao abastecimento de água no período de vazante.

### 6.2.3.7 Áreas Alagáveis

Para a análise de áreas alagáveis foram utilizados os dados primários obtidos a campo associados aos dados secundários levantados a partir de pesquisas bibliográficas específicas. A análise das duas fontes de dados, quando unificada, se torna mais abrangente uma vez que os dados se complementam, sendo que as informações levantadas na literatura foram averiguadas e identificadas a campo.

Para o diagnóstico, inicialmente apresenta-se a determinação das áreas alagáveis com base nos dados secundários levantados sobre a área de influência do empreendimento. Desta forma, a partir de uma avaliação dos dados geomorfológicos apresentados no diagnóstico, nota-se que as planícies fluviais são caracterizadas por serem superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e

convergentes em direção aos cursos d'água principais, terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis e bem drenados nos terraços.

O levantamento inicial das áreas mais vulneráveis a inundações foi fundamentado em dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas - ANA, que disponibilizou no ano de 2013 os mapas digitais que constituem o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações. Tais documentos consistem em uma representação gráfica do levantamento das ocorrências e impactos de inundações graduais nos principais rios das bacias hidrográficas brasileiras. Cabe ressaltar que as inundações são, em quase todo o território brasileiro, sazonais, sendo o início das cheias variável de acordo com o período chuvoso de cada região analisada.

Conforme apresentado no item referente ao período de cheias e vazante, a avaliação das estações fluviométricas selecionadas indica que para a área de influência da LT a estação de cheias corresponde aproximadamente ao período de fevereiro a maio, variando suavemente em função da localização do trecho estudado.

A elaboração do referido Atlas de Vulnerabilidade a Inundações da ANA teve como base a identificação dos trechos mais suscetíveis a partir de: 1) análise de dados de recorrência destes eventos; 2) análise de dados sobre o grau de impacto associado aos eventos; gerando ao fim, mapas na escala de 1:1.000.000. Sua concepção foi possível devido à interação de dados de entes estaduais, gestores de recursos hídricos e defesa civil.

Para a avaliação dos dados de frequência, a ANA determinou três classes, a saber:

- Alta frequência: recorrência inferior a cinco anos;
- Média frequência: recorrência observada entre cinco a dez anos; e
- Baixa frequência: recorrência não observada a pelo menos 10 anos.

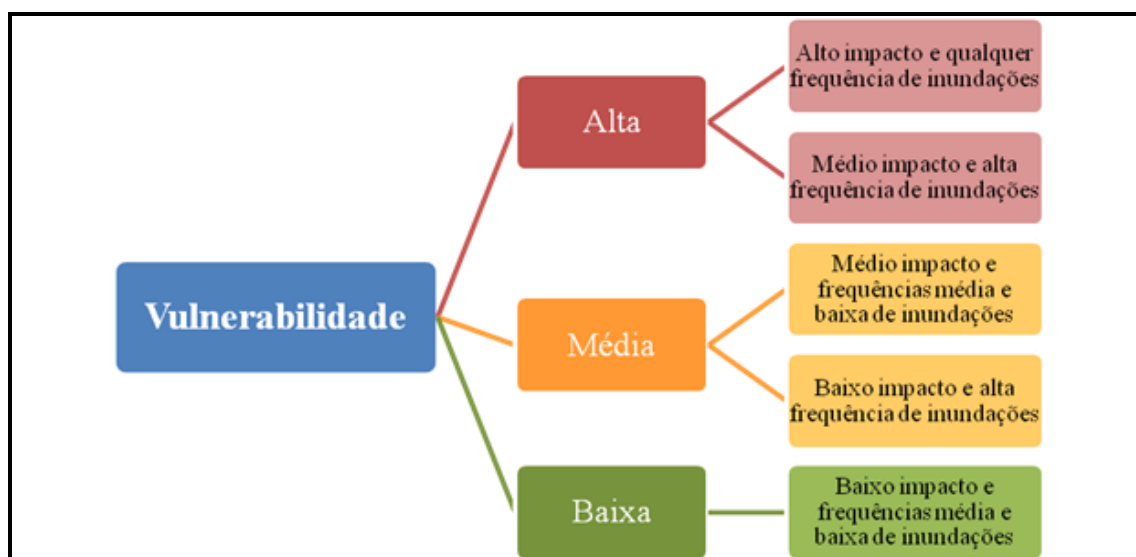
Para os dados que representam o grau dos impactos associados aos eventos, foi adotada a classificação proposta na Figura 6.30.



**Figura 6.30 Classificação da intensidade dos impactos associados aos eventos de inundação para a elaboração do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações.**

Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA, 2013.

A partir do cruzamento das informações sobre a frequência dos eventos e os impactos associados aos mesmos, foi montada a matriz de vulnerabilidade considerada para a elaboração dos mapas utilizados no presente estudo (Figura 6.31).



**Figura 6.31 Matriz de vulnerabilidade utilizada para a confecção do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações.**

Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA, 2013.

A partir da base cartográfica fornecida pela ANA, onde são identificados os cursos d'água alagáveis e classificados por sua vulnerabilidade a inundação, determinada pela metodologia supracitada, foi possível a compilação dos dados dos estados interceptados pela LT, mais especificamente dos municípios abrangidos pelo traçado, a fim de permitir a identificação das áreas mais suscetíveis às inundações.

A fim de complementar a identificação das áreas suscetíveis aos alagamentos, incluiu-se os dados primários levantados a partir das atividades de campo na área de influência da LT. Os dados primários constituem uma base importante para a determinação dos locais mais suscetíveis a inundações por serem específicos para a área de estudo.

O levantamento de dados primários referentes às áreas alagáveis baseou-se em atividade de campo aonde se percorreu a área de estudo e identificou-se os pontos e regiões alagadas ou que apresentavam feições típicas de alagamento, considerando sempre as características geomorfológicas e pedológicas a fim de averiguar com maior fidelidade o potencial de ocorrência de inundações. O levantamento procedeu com foco em áreas de grande abrangência, próximas às vias de acesso ou que apresentassem focos erosivos associados (Figura 6.32).



**Figura 6.32 Áreas alagáveis identificadas no município de Nossa Senhora de Nazaré/PI. Foto: CARUSO JR., 2014.**

O mapeamento de áreas alagáveis na área de influência da LT, embasado em dados primários e secundários, integra o mapa de hidrografia, disponível no caderno de mapas.

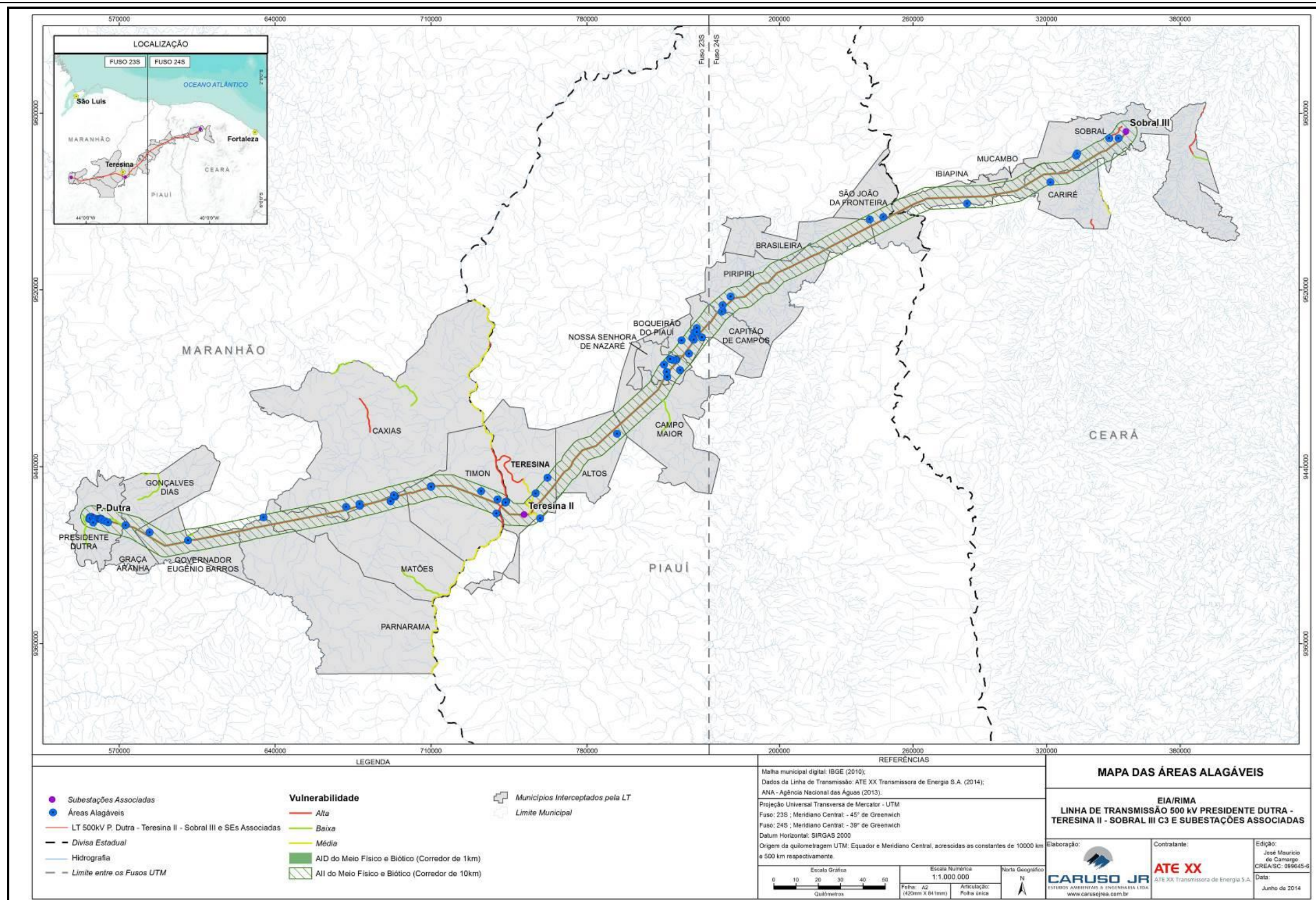


Figura 6.33 Áreas vulneráveis à alagamentos identificadas a partir de dados primários e secundários. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

A partir do mapa gerado é possível identificar, por análise gráfica, as áreas com potencial para apresentar planícies de inundação no período de cheia. Nota-se que os dados primários e secundários são coerentes nas regiões abrangidas pelos municípios de:

- **Presidente Dutra/MA:** apresentando uma grande quantidade de áreas alagáveis, principalmente em função da proximidade da subestação ao riacho Firmino. De acordo com a base da ANA, estas áreas apresentam baixa vulnerabilidade à inundação, porém correspondem aos pontos próximos ao traçado, onde deve ser estudada a viabilidade da abertura de vias e implantação dos canteiros de obras e torres;
- **Governador Eugênio Barros/MA:** apenas um foco de alagamento identificado a campo, coerente com a base de dados secundários, apresentando baixa vulnerabilidade. Encontra-se relativamente distante do traçado;
- **Timon/MA-Teresina/PI:** diversos pontos de alagamento identificados principalmente em função dos rios Parnaíba e Poti. De acordo com a base de dados da ANA, estas áreas apresentam vulnerabilidade variando de alta a média. Desta forma, caracteriza a pior situação no âmbito de área alagável dentro da área de influência da LT, no entanto, os pontos verificados encontram-se relativamente distantes do traçado; e
- **Sobral/CE:** Poucos pontos verificados a campo, porém coerentes com a base de dados secundários, apresentando alta vulnerabilidade nas proximidades do rio Jaibaras, relativamente distante do traçado.

Durante o levantamento de dados primários, foram identificados ao longo do traçado diversos outros pontos que caracterizam áreas alagáveis, porém não correspondem aos locais tidos como vulneráveis pela base de dados da ANA. Isto se dá pelo fato de os dados secundários apresentados serem referentes apenas aos principais rios das bacias hidrográficas, desconsiderando os cursos d'água secundários. No entanto, entende-se que mesmo sendo de menor porte, as regiões abrangidas por estes rios podem apresentar suscetibilidade à inundações, sendo importante sua identificação no levantamento dos dados primários.

Tais pontos representam em geral, planícies de inundação isoladas e de menor abrangência, formadas devido às condições pedológicas e geomorfológicas favoráveis. Nestas áreas, estima-se a ocorrência de alagamentos apenas sob condições específicas, como regime de chuvas rigoroso durante o período de cheias.

Há destaque para a quantidade de áreas alagáveis, não apresentadas na base da ANA, porém identificadas nas campanhas de campo, no estado do Piauí, especificamente entre as cidades de Campo Maior e Piripiri. Nesta região foram verificadas diversas planícies de inundação que podem gerar dificuldades de acesso no período das cheias ou problemas para a implantação das torres (Figura 6.34).



**Figura 6.34** Área alagável em Campo Maior/PI, não presente na base de dados da ANA. Foto: CARUSO JR., 2014.

Nota: A área está localizada na AID do empreendimento. Há aproximadamente 473 metros do eixo preferencial da LT.

Por não constarem na base cartográfica fornecida pela ANA, entende-se que estas áreas não se encontram próximas aos principais rios da bacia hidrográfica ou não



são registrados alagamentos consideráveis ao longo do ano. Desta forma, apresentam em geral baixa vulnerabilidade, devido à baixa frequência de inundação ou por possuírem baixo impacto ao serem inundadas. No entanto, considerando que a realização de atividades de implantação da LT em áreas alagáveis pode gerar problemas, é mantida a necessidade de precaução nestes pontos, devendo ser evitadas operações nos mesmos sempre que possível.

Ainda, verifica-se que nas áreas que não constam como vulneráveis aos alagamentos nos dados secundários, há poucas ocorrências de planícies de inundação na AID, sendo um ponto em Caxias/MA, dois pontos em Matões/MA, dois pontos em Timon/MA, um ponto no município de Nossa Senhora de Nazaré/PI e outro em Boqueirão do Piauí/PI. Os demais pontos, que constituem a maioria das áreas alagáveis identificadas, concentram-se apenas na All.

Na AID, foram identificadas nove áreas identificadas em campo que estão coerentes com a vulnerabilidade apresentada pela base de dados fornecida pela ANA e, se concentram nos municípios de Presidente Dutra/MA (sete pontos), Graça Aranha/MA (um ponto) e Governador Eugênio Barros/MA (um ponto).

Em alguns pontos, as áreas alagáveis identificadas correspondem ou se encontram próximas às nascentes, conforme mapeadas anteriormente no diagnóstico. A maior incidência destes casos ocorre nos municípios de Presidente Dutra/MA, Governador Eugênio de Barros/MA, Timon/MA, Teresina/PI, Capitão de Campos/PI, Piripiri/PI e Sobral/CE.

Nos trechos interceptados pela LT correspondentes às áreas alagáveis, entende-se a necessidade de cautela principalmente quanto à abertura de vias de acesso e implantação das torres, devido a eventuais ocorrências de inundações, agravando os processos erosivos decorrentes das obras e comprometendo gradualmente a fundação e estrutura das torres caso não implantadas adequadamente tendo em vista as características particulares dos solos saturados. Desta forma, a abertura de vias de acesso e implantação das torres devem preferencialmente evitar estas regiões, a fim de impedir os impactos mencionados. Esta alternativa apresenta-se viável, uma vez que há significativo espaçamento entre as áreas alagáveis e a maioria está distante da LT.

Diante da eventual impossibilidade de evitar as áreas alagáveis, devem-se aplicar técnicas de engenharia específicas para a implantação de estruturas relacionadas ao empreendimento, abertura de vias e movimentação de maquinário, conforme apresentado no capítulo de caracterização do empreendimento (Parte 2). Assim, ao se elaborar o projeto executivo, se faz necessário confrontar a localização destas áreas com o levantamento pedológico realizado, a fim de determinar as principais características dos solos que permitam a tomada de decisões quanto às técnicas a serem adotadas para a realização das atividades.

Destaca-se ainda que especial atenção deve ser dada as interferências em áreas alagáveis, pois poderá gerar perturbação nos fatores bióticos, tanto sobre a fauna local, considerando as espécies identificadas na área de influência, quanto sobre a flora, levando em conta as fitofisionomias características destas regiões, conforme levantado no diagnóstico do meio biótico.

No âmbito de áreas alagáveis na zona de influência da LT, entende-se que a situação que demanda maior atenção ocorre no município de Presidente Dutra/MA (Figura 6.35). Neste trecho, apesar de apresentar baixa vulnerabilidade à inundação de acordo com a base da ANA, foi identificada uma grande quantidade de áreas alagáveis, inclusive na abrangência da AID, sendo necessário maior cautela com relação às ações tomadas nesta região.



**Figura 6.35** Áreas alagáveis presentes na AID no município de Presidente Dutra/MA. Foto: CARUSO JR., 2014.

#### **6.2.4 Geologia**

O contexto geológico da região interceptada pelo traçado da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas é caracterizado por uma vasta diversidade litológica. O projeto abrange três estados (Maranhão, Piauí e Ceará) representado por diferença estrutural marcante. De oeste para leste, o traçado da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas inicia-se na Província do Parnaíba, com quatro bacias fanerozoicas, atravessando um ambiente tipicamente sedimentar. Quando o traçado intercepta a Província Borborema, o ambiente muda para as rochas características do embasamento cristalino.

O entendimento da geologia nas áreas de influência da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas foi baseado em trabalhos amplamente publicados de diversos autores, além de pesquisa bibliográfica. As informações apresentadas neste estudo foram devidamente selecionadas, sistematizadas e complementadas com as observações de campo.

Foram utilizadas as folhas SA.24 (Fortaleza), SB.23 (Teresina) e SB.24 (Jaguaribe) da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - CPRM (2003) para a classificação das unidades geológicas, além de extrair a base cartográfica utilizada no mapeamento geológico das áreas de influência da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas.

A Província Parnaíba compreende quatro bacias intracratônicas fanerozoicas separadas por discordâncias estratigráficas: Bacia do Parnaíba, Bacia das Alpercatas, Bacia do Grajaú e Bacia do Espigão-Mestre. Neste estudo, as três primeiras são interceptadas pelo traçado da LT. A Bacia do Parnaíba caracteriza-se pelas três supersequências de deposição dos grupos Serra Grande, Canindé e Balsas. A Bacia das Alpercatas constitui de rochas sedimentares do Grupo Mearim, além de materiais vulcânicos trazidos à superfície. A Bacia do Grajaú compreende a supersequência cretácea das formações Codó, Grajaú e Itapecuru.

A Província Borborema apresenta uma complexa litologia resultante de uma longa história geológica. Extensos lineamentos estruturais são encontrados nessa

província, representando regiões de sutura entre antigos terrenos. Neste estudo, a Província Borborema é representada pelas rochas graníticas da Suíte Intrusiva Meruoca, pelos grupos Ubajara e Trapiá, e pela litologia complexa e variada do Complexo Canindé do Ceará.

#### **6.2.4.1 Aspectos geológicos da área de influência indireta (AII)**

##### **6.2.4.1.1 Província Parnaíba**

A Província do Parnaíba é definida por Almeida (1977) *apud*. Chamani (2011) como uma província estrutural brasileira que abrange a Bacia do Parnaíba e as rochas do embasamento pré-cambriano, aflorantes ao norte da bacia, e que totalizam aproximadamente 650.000 km<sup>2</sup>. Góes (1995) *apud*. Chamani (2011) apresenta a designação de "Província Sedimentar do Meio-norte", de aproximadamente 600.000 km<sup>2</sup>, que coincide com a área da Província do Parnaíba proposta por Almeida (1977) *apud*. Chamani (2011), dividindo-a em quatro bacias de idades diferentes: Bacia do Parnaíba, Anfíclise das Alpercatas, Bacia do Grajaú e Bacia do Espigão-Mestre. Silva *et al.* (2003) retoma o termo "Província do Parnaíba", e modifica a denominação Anfíclise das Alpercatas para "Bacia das Alpercatas" (Figura 6.36).

O substrato da Província Parnaíba, segundo Silva *et al.* (2003), é composto de maciços arqueanos (Goiás e Granjá), crátons sinbrasilianos (Cráton São Luis e Núcleo Cratônico Central), cinturões orogênicos brasilianos (Cinturão Araguaia, Gurupi e terrenos da Província Borborema). Estruturas grabeniformes do Mesoproterozoico, Neoproterozoico e Fanerozoico, sobrepõe esse substrato da Província Parnaíba. Limitando a província ao norte se encontra o Arco Ferrer; a leste a Falha de Tauá; a noroeste o Arco Tocantins; e, a sudeste o Lineamento Senador Pompeu (SILVA *et al.*, 2003).

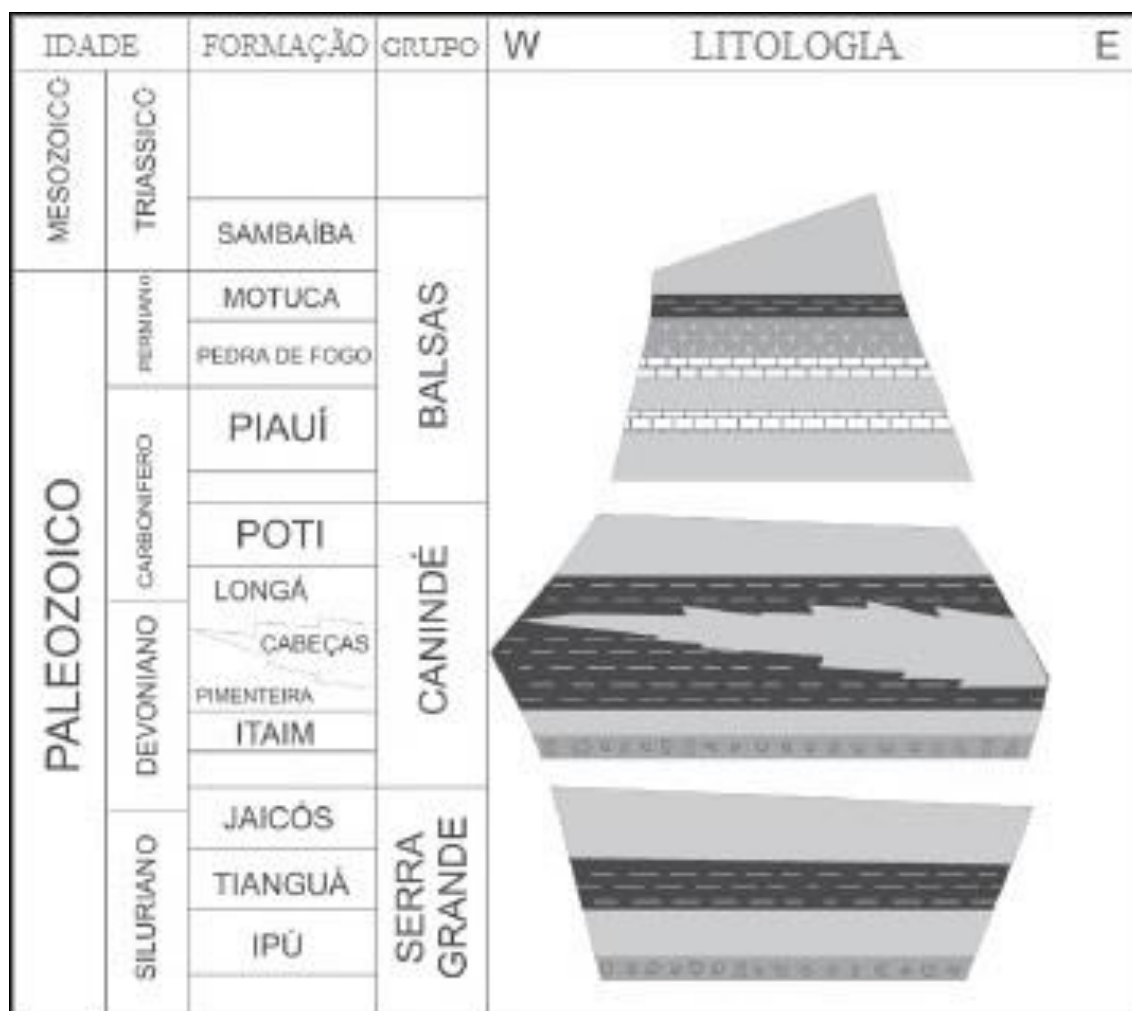


**Figura 6.36. Divisão da Província do Parnaíba em quatro bacias segundo Silva et al. (2003).**  
Fonte: Adaptado a partir de Góes, 1995.

### 6.2.4.1.1 Bacia do Parnaíba

Anteriormente denominada "Bacia do Maranhão", a Bacia do Parnaíba é uma bacia intracratônica que abrange uma área relativa à metade da Província do Parnaíba na sua porção centro-sul, situada no nordeste brasileiro (GÓES & FEIJÓ 1994; SILVA et al. 2003). A Bacia do Parnaíba compreende as superseqüências Siluriana (Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-

Triássica (Grupo Balsas) (Figura 6.37). Limita-se ao norte com as bacias das Alpercatas e do Grajaú; ao leste com a Província Borborema; ao sul com a Bacia do Espigão Mestre; e ao oeste com a Província Tocantins.



**Figura 6.37. Estratigrafia da Bacia do Parnaíba apresentando as três superseqüências de deposição.**

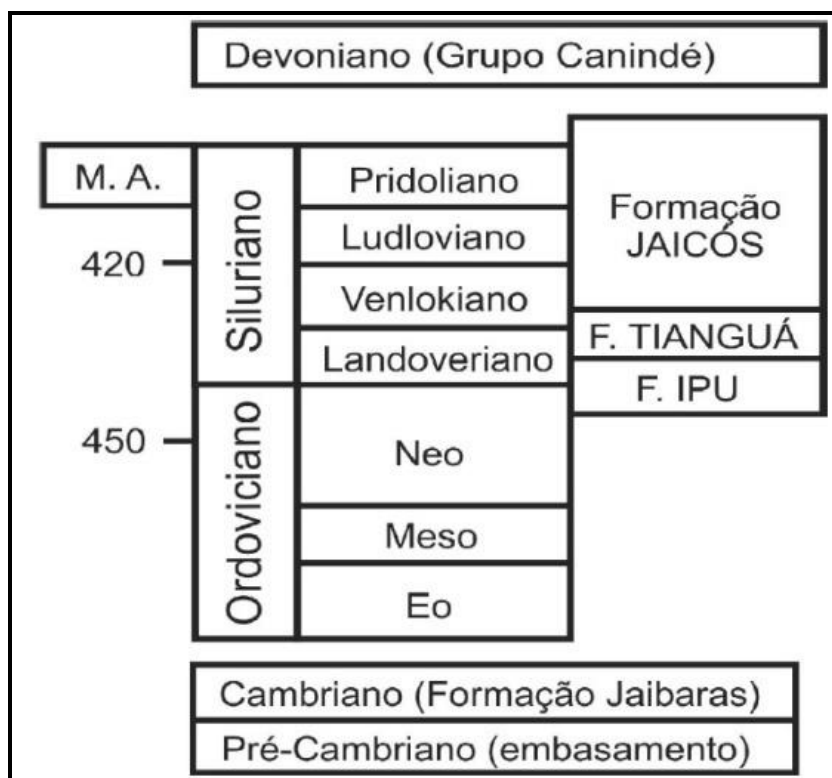
Fonte: Adaptado de Leme *et al.*, 2013.

- **Grupo Serra Grande (Ssg)**

O Grupo Serra Grande é a seqüência mais antiga encontrada na Bacia do Parnaíba. Small (1914) *apud*. Góes & Feijó (1994) propôs o termo "Série Serra Grande" para os arenitos, calcários e conglomerados da borda oriental da Bacia do Parnaíba. Posteriormente, esta unidade foi elevada à categoria de grupo por Carozzi *et al.* (1975) *apud*. Góes & Feijó (1994) que considerou a espessa seção sedimentar como "Grupo Serra Grande". Este grupo é correspondente aos períodos

Ordoviciano-Siluriano (SANTOS & CARVALHO, 2009), e está assentado de forma discordante sobre rochas metamórficas e ígneas do embasamento, além de rochas sedimentares anteriores à formação da Bacia do Parnaíba (ABREU, 2002). Dentro da Área de Influência Indireta, o Grupo Serra Grande é encontrado na maior parte do município de Ibiapina/CE, na área central do município de São João da Fronteira/PI e na porção sudeste do município de Brasileira/PI.

A base do Grupo Serra Grande é ocupada pela Formação Ipu (Ssgi), de deposição glacio-fluvial, com sua idade estabelecida no Landoveriano (Siluriano superior). Essa formação é composta por conglomerados com matriz areno-argilosas, matacões e arenitos de finos a grossos (VIANA, 2010). Sobreposta concordantemente à Formação Ipu se encontra a Formação Tianguá (Ssgt), composta por folhelhos cinza, siltitos e arenitos muito micáceos, depositados em ambiente nerítico, de idade siluriana (GÓES & FEIJÓ, 1994). O topo do Grupo Serra Grande é representado pela Formação Jaicós (Ssgj) (Figura 6.38). Esta, depositada no Neosiluriano por sistemas fluviais entrelaçados, é composta por arenitos e conglomerados.



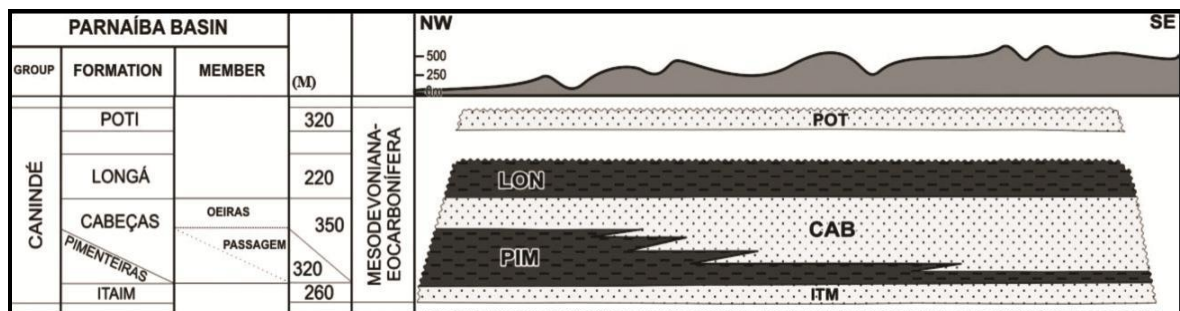
**Figura 6.38.** Coluna estratigráfica da primeira sequência sedimentar da Bacia do Parnaíba.

Fonte: Viana, 2010.

- **Grupo Canindé**

A segunda sequência da Bacia do Parnaíba (Sequência Mesodevoniânica-Eocarbonífera) denomina-se Grupo Canindé. O termo "Grupo Canindé" foi proposto por (Rodrigues, 1967 *apud* Abreu, 2002) para compilar as Formações Pimenteiras, Cabeças e Longá. Posteriormente, Caputo & Lima (1984) incluem a Formação Itaim nesse grupo. Góes *et al.* (1994) redefinem o Grupo Canindé sendo constituído pelas Formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti (Figura 6.39). Esse grupo, de forma geral, é formado por arenitos, folhelhos e siltitos, representando a segunda irrupção marinha na bacia (JUSTO, 2006).

O Grupo Canindé está sobreposto ao Grupo Serra Grande, seu contato inferior, de forma discordante, e no extremo leste da Bacia do Parnaíba, assenta-se de forma direta sobre o embasamento (GÓES & FEIJÓ, 1994). A idade de deposição das rochas do Grupo Canindé se dá no Devoniano, com exceção da Formação Poti, que é datada no Carbonífero (VEIGA JÚNIOR, 2000). Dentro da AII, o Grupo Canindé é representado pelas Formações Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti.



**Figura 6.39. Estratigrafia do Grupo Canindé.**

Fonte: Modificado de Vaz *et al.* (2007).

- **Formação Pimenteiras (D2p)**

A maior ingressão marinha na Bacia do Parnaíba é representada pela Formação Pimenteiras. Essa ingressão se fez sobre os sedimentos continentais do Grupo Serra Grande (BARROS *et al.*, 2011). Segundo Góes & Feijó (1994), a Formação Pimenteiras possui idade givetiana-fransniânica. No recorte espacial das áreas de influência, a Formação Pimenteiras situa-se na porção sudeste do município de Brasileira/PI, e nordeste do município de Piri-piri/PI.



A Formação Pimenteiras representa um sistema de deposição em ambiente nerítico de plataforma dominado por tempestades. É considerada rica em matéria orgânica e constitui-se, principalmente, de folhelhos cinza-escuros a pretos e esverdeados, além de apresentar intercalações de siltito e arenito (GÓES & FEIJÓ, 1994; VAZ *et al.*, 2007).

- **Formação Cabeças (D2c)**

Sobreposta à Formação Pimenteiras se encontra a Formação Cabeças, também de idade givetiana-fransniana. O sistema de deposição desta formação é sob a influência de correntes induzidas pelos processos de marés em ambiente nerítico de plataforma. Dentro das áreas de influência sua ocorrência é extensa, abrangendo os municípios de Piripiri/PI, Capitão de Campos/PI, Cocal de Telha/PI, Boqueirão do Piauí/PI e Brasileira/PI.

Scheffler *et al.* (2011) define a Formação Cabeças sendo constituída de sedimentos originários dos membros Oeiras e Passagem. É composta principalmente de arenitos micáceos, com granulação variando de muito fina a grossa, róseo-avermelhados, com grãos subarredondados, aflorando sob aspecto ruiforme em blocos isolados (Figura 6.40).



**Figura 6.40. Afloramento do arenito da Formação Cabeças ocorrendo sob aspecto ruiniforme na área do Parque Nacional Sete Cidades, municípios de Brasileira e Piracuruca, ambos no Piauí.**

Fonte: CPRM (2012)

- **Formação Longá (D3C1I)**

A Formação Longá foi descrita inicialmente por Albuquerque & Duquech (1946) *apud*. Abreu (2002) para caracterizar os folhelhos cinza-escuros aflorantes nas proximidades do município de Campo Maior/PI. Seu sistema de deposição é de ambiente nerítico plataformar dominado por tempestades, no Devoniano Superior (GÓES & FEIJÓ, 1994).

Segundo Veiga Júnior (2000), a Formação Longá é composta de folhelhos, com intercalações de arenitos e siltitos cinza-claros a esbranquiçados e laminados. Os contatos com as formações inferiores e superiores, Formação Cabeças e Formação Poti, respectivamente, se dão por mudanças bruscas de litologia. A Formação

Longá é aflorante na All e interceptada pela LT nos municípios de Boqueirão do Piauí/PI, Cocal de Telha/PI, Nossa Senhora de Nazaré/PI e Campo Maior/PI.

- **Formação Poti (C1po)**

O topo do Grupo Canindé é composto pela Formação Poti. Lisboa (1914) *apud*. Veiga Júnior (2000) definiu os folhelhos carbonáceos que afloram no vale do rio Poti como "Formação Poti". Posteriormente, outros trabalhos, incluindo de Lima & Leite (1978), confirmaram tal definição e posicionaram a Formação Poti entre as Formações Longá, do Grupo Canindé, e Piauí, do Grupo Balsas.

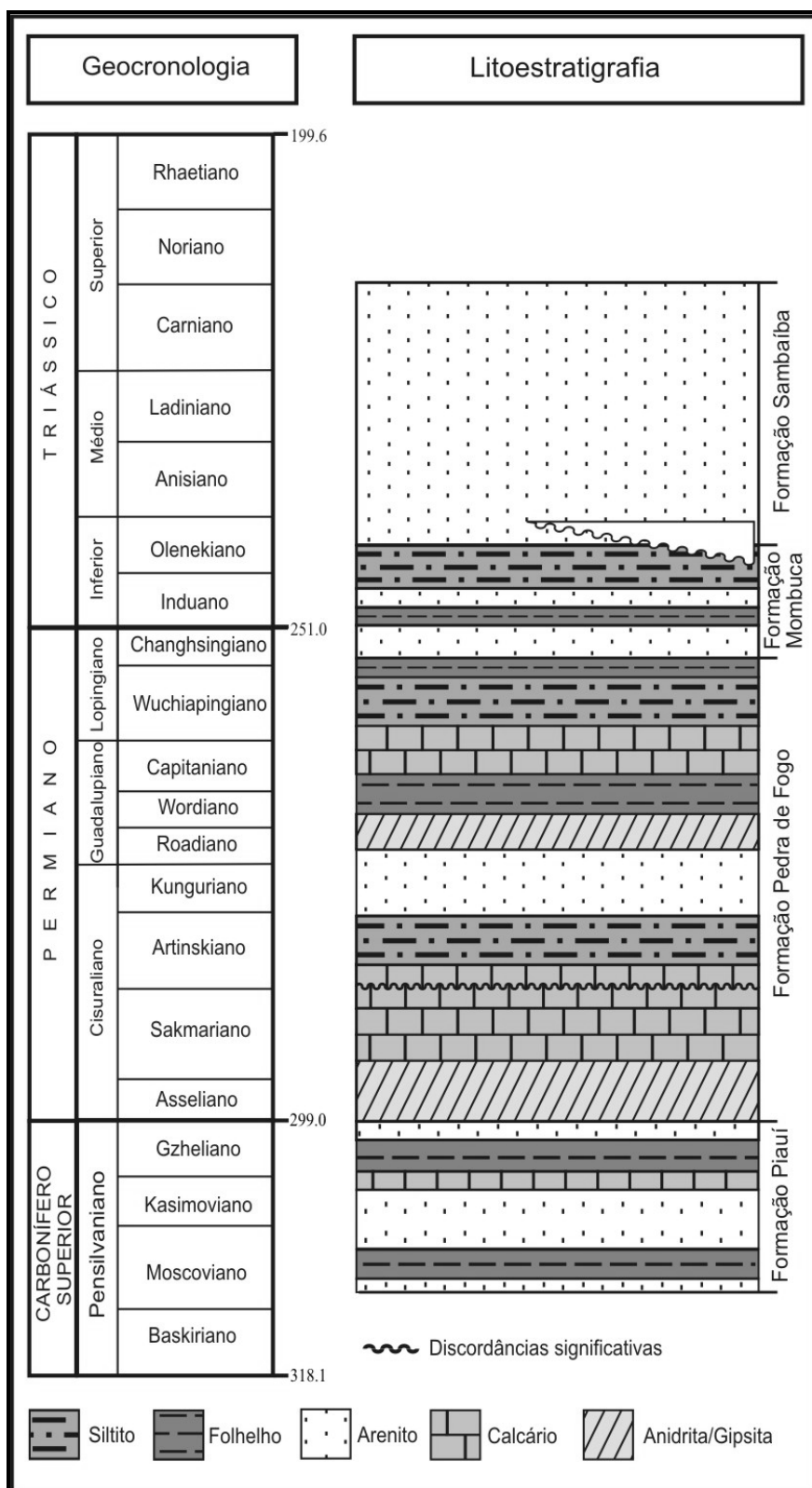
Góes & Feijó (1994) afirmam que esta formação foi depositada em deltas e planícies de maré com influência de tempestades no Eocarbonífero. Veiga Júnior (2000) descreve a Formação Poti sendo composta de arenitos finos com ondulações truncadas e laminações plano-paralelas, apresentando também intercalações de folhelhos e arenitos, mostrando marcas onduladas, caracterizando o trabalho das ondas, provavelmente decorrente de tempestades, descritas por Góes & Feijó (1994). As ocorrências da Formação Poti dentro da All deste estudo se dão na porção oeste do município de Campo Maior/PI, e nordeste do município de Altos/PI.

- **Grupo Balsas**

Uma discordância regional associada aos efeitos da Orogenia Eo-Carbonífera marca o encerramento do ciclo deposicional do Grupo Canindé. Nas áreas centrais da bacia foram encontradas as principais evidências desse tectonismo, onde foram reconhecidos falhamentos normais e estruturas associadas a falhas reversas. A sedimentação retorna na bacia com a deposição do Grupo Balsas, no Neocarbonífero. Um progressivo processo de desertificação em toda a bacia ocorre até o Triássico (GÓES *et al.*, 1990).

A denominação "Grupo Balsas" foi proposta por Góes *et al.* (1990) para reunir o complexo clástico-evaporítico que sobrepõe, de forma discordante, o Grupo Canindé, e está sotoposto, também de forma discordante, às formações Urucuaia (sul da bacia); Grupo Mearim (porção central); Formação Mosquito (leste da bacia); formações Grajaú, Codó e Itapecuru (norte e noroeste).

O Grupo Balsas reúne quatro formações, sendo elas, da mais antiga para a mais atual, Formação Piauí, Formação Pedra de Fogo, Formação Motuca e Formação Sambaíba (GÓES & FEIJÓ, 1994) (Figura 6.41). Dentro da All deste estudo, apenas as três primeiras formações se fazem presentes.



**Figura 6.41. Coluna litoestratigráfica mostrando a sobreposição das formações do Grupo Balsas.**

Fonte: Modificado de Vaz et al. (2007).

- **Formação Piauí (C2pi)**

A Formação Piauí representa o Pensilvaniano no Grupo Balsas. Lima & Leite (1978) *apud* Vaz *et al.* (2007) dividem esta formação em duas partes: sucessão inferior e superior. A inferior é formada de arenitos rosados, de granulação média, maciços ou com estratificação cruzada de grande porte, por vezes intercalando com folhelhos vermelhos. A superior é composta de arenitos vermelhos e amarelos, finos a médios, com intercalações de folhelhos vermelhos, calcários e pequenas camadas de sílex (Figura 6.42).

Para Góes & Feijó (1994), a Formação Piauí foi depositada em ambiente litorâneo e continental, sob fortes condições de aridez. Dentro da AII deste estudo, a Formação Piauí aflora em uma pequena porção do município de Campo Maior/PI, no município de Altos/PI, em Teresina/PI, e numa pequena área na porção leste do município de Timon/MA.



**Figura 6.42. Perfil da Formação Piauí indicando as camadas de rochas sedimentares predominantemente avermelhadas.**

Fonte: Santos & Carvalho (2009).

- **Formação Pedra de Fogo (P12pf)**

A Formação Pedra de Fogo possui contatos inferior e superior, de forma concordante, com as formações Piauí e Motuca, respectivamente. Essa formação foi depositada no Permiano em um ambiente deposicional nerítico raso a litorâneo, com planícies de sabkha e sob influência de tempestades (GÓES & FEIJÓ 1994, VAZ *et al.* 2007, SOUZA 2010).

Vaz *et al.* (2007) afirmam que a Formação Pedra de Fogo (Figura 6.43) possui uma grande variedade de rochas. Dentro dessa variedade encontra-se o sílex, calcário oolítico e pisolítico creme a branco, por vezes estromalítico, intercalado com arenito amarelado de granulação fina a média e com folhelhos cinzentos. A Formação Pedra de Fogo ocorre junto às áreas de influência da LT na porção oeste de Altos/PI, sul de Teresina/PI e Leste de Timon/MA.



**Figura 6.43. Argilito da Formação Pedra de Fogo em corte de rodovia (BR-343) no município de Altos/PI. Foto: CARUSO JR., 2013.**

- **Formação Motuca (P3m)**

A denominação "Formação Motuca" foi utilizada por Plummer *et al.* (1948) *apud* Santos & Carvalho (2009) para classificar os folhelhos avermelhados, com lentes de carbonato e anidrita que recobrem a Formação Pedra de Fogo, e que afloram na fazenda Motuca, entre São Domingos e Benedito Leite, no Maranhão. Aguiar (1971) *apud* Anjos & Dias (2004) dividiu-a em três membros, ratificando sua concordância com as formações Pedra de Fogo e Sambaíba, de idade permotriássica.

A Formação Motuca assenta-se sobre a Formação Pedra de Fogo apresentando um contato gradacional, e está sob a Formação Sambaíba, o qual apresenta um contato transicional marcado pela mudança para o ambiente desértico (ANJOS & DIAS, 2004). Essa formação é composta de siltito avermelhado e marrom, arenito branco, de granulação fina a média, anidrita branca, e raramente apresenta calcários. Sua forma de deposição se deu em ambiente continental desértico controlado por sistemas lacustres (GÓES & FEIJÓ, 1994). A Formação Motuca ocorre na All deste estudo na área central de Timon/MA, sudoeste de Caxias/MA e noroeste de Matões/MA.

#### **6.2.4.1.1.2 Bacia das Alpercatas**

Anteriormente denominada de anfíclise, a Bacia das Alpercatas é uma bacia intracratônica preenchida com rochas sedimentares e materiais vulcânicos trazidos à superfície através de falhas. O nome desta bacia veio em decorrência da Serra das Alpercatas, localizada na porção centro-sudeste do Maranhão. Possui uma área aproximada em 70.000 km<sup>2</sup>, e compreende a supersequência Jurássica, formada pelo Grupo Mearim e pelas rochas ígneas das formações Mosquito e Sardinha (SILVA *et al.*, 2003).

- **Grupo Mearim**

Os efeitos da separação dos continentes sul-americano e africano desenvolveu na Província do Parnaíba um expressivo processo magmático intrusivo e extrusivo. Após este evento, iniciou-se o processo de deposição dos clásticos do Grupo Mearim. Uma nova estruturação da Província do Parnaíba pode ser percebida após



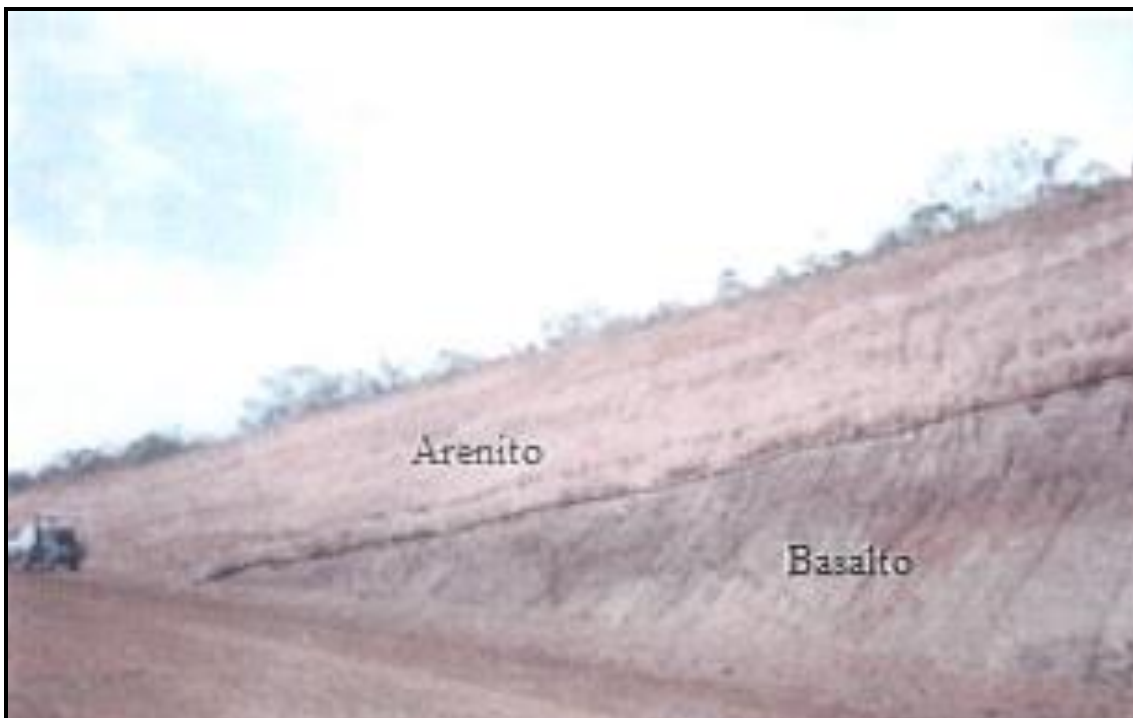
o evento tectônico de idade neocomiana, o qual gerou falhas reversas e dobramentos compressoriais dispostos na direção noroeste (GÓES *et al.*, 1990).

O Grupo Mearim corresponde à sequência jurássica da Bacia das Alpercatas. Justo (2006) define este grupo sendo formado por arenitos, siltitos e folhelhos das formações Pastos Bons e Corda. Para Góes & Feijó (1994), o Grupo Mearim ocorre sobreposto, em discordância, ao Grupo Balsas e às rochas vulcânicas da Formação Mosquito. Dentro da All da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, o Grupo Mearim é representado pela Formação Corda.

- **Formação Corda (J2c)**

Definido originalmente por Lisboa (1914) *apud*. Abreu (2002), a Formação Corda é composta de arenitos cinza-esbranquiçados e avermelhados, muito finos a médios, de seleção regular a boa, semifriáveis a semicoesos, ricos em óxido de ferro e zeólitos.

Segundo Góes & Feijó (1994), a Formação Corda depositou-se em ambiente continental desértico, controlado por sistemas flúvio-lacustres, por vezes retrabalhados por processos eólicos. Considerando as áreas de influência deste estudo, a ocorrência da Formação Corda é extensa, aflora nos municípios de Timon/MA, Caxias/MA, na porção noroeste do município de Parnarama/MA e sudeste de Governador Eugênio de Barros/MA.



**Figura 6.44. Recobrimento do arenito da Formação Corda sobre derrame basáltico no município de Fortaleza das Nogueiras/MA.**

Fonte: Rezende (2002).

- **Formação Sardinha (K1 $\beta$ s)**

A denominação "Formação Sardinha" foi dada por Aguiar (1969) *apud*. Veiga Júnior (2000) para designar os basaltos que afloram a sudoeste do município de Barra do Corda/MA, nas proximidades da Aldeia Sardinha. Para Vaz *et al.* (2007), a Formação Sardinha surgiu a partir dos eventos tectônicos gerados em decorrência da abertura do oceano Atlântico com a separação do megacontinente Pangea, atribuindo idade Neocretácea para essa formação. Na Província Parnaíba acomodaram-se as rochas ígneas intrusivas (diques e soleiras) e extrusivas.

Para Góes & Feijó (1994), a Formação Sardinha é composta de basalto preto, amigdaloidal, com pequena espessura e área de ocorrência dentro da bacia. Essa formação está estratigraficamente acima da Formação Corda, e abaixo da Formação Itapecuru. Na All, sua ocorrência se dá na porção sul do município de Caxias/MA, e em uma área na divisa dos municípios de Piripiri/PI e Pedro II/PI.

### 6.2.4.1.1.3 Bacia do Grajaú

Localizada ao norte da bacia das Alpercatas (Figura 6.36), a Bacia do Grajaú é preenchida pela Supersequência Cretácea, correspondendo às formações Codó, Grajaú e Itapecuru (SILVA *et al.*, 2003). A consolidação dessa bacia se deu com um soerguimento da porção central da Província do Parnaíba, com o Arqueamento do Alto Parnaíba e o Arco de Xambioá atuando como uma antéclise, assim separando as bacias do Espigão Mestre e do Grajaú (CHAMANI, 2011).

- **Formação Codó (K1c)**

Lisboa (1914) *apud*. Abreu (2002) referiu pela primeira vez a Formação Codó para designar os folhelhos betuminosos associados a carbonatos. Reis & Caputo (2007) apontam a Formação Codó, de idade cretácea inferior, sendo composta de folhelhos negros e betuminosos, por vezes apresentando intercalações carbonáticas e anidritas, arenitos brancos e esverdeados.

Essa unidade é considerada altamente fossilífera. De um modo geral, a Formação Codó é dividida em três ciclos deposicionais: inferior, mediano e superior. A unidade inferior foi depositada em ambiente lacustre de águas rasas. A porção mediana registra uma nova transgressão culminando a precipitação de camadas de evaporitos. A unidade superior pode ter sido depositada em lobos deltaicos em um ambiente lacustre (REIS & CAPUTO, 2007). Considerando a AII, a Formação Codó aflora no município de Presidente Dutra/MA, considerado o início do traçado da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas.



**Figura 6.45. Calcilutitos da Formação Codó, com laminações onduladas, recortados por veios de calcita. Município de Codó/MA.**

Fonte: Santos & Carvalho (2009).

- **Formação Grajaú (K1g)**

Para Abreu (2002) a Formação Grajaú é composta de arenitos esbranquiçados, de granulação fina à conglomerática, ocorrendo de forma interdigitada aos depósitos da Formação Codó. Vaz *et al.* (2007) afirmam que a Formação Grajaú é representada por arenitos creme-esbranquiçado, médios a grossos, subangulosos/angulosos, mal selecionados e por vezes apresentando seixos e níveis conglomeráticos.

Góes & Feijó (1994) afirmam que a Formação Grajaú se estabeleceu em um ciclo deposicional juntamente com as formações Codó e Itapecuru sobre as rochas das sequências jurássicas, triássicas e paleozoicas, de forma discordante, além das

rochas pré-cambrianas no noroeste do Arco Ferrer. A Formação Grajaú ocorre na área central de Presidente Dutra/MA, em uma pequena porção no extremo leste do município de Graça-Aranha/MA e no centro-sudeste de Governador Eugênio de Barros/MA.

- **Grupo Itapecuru (K12it)**

O Grupo Itapecuru é denominado de "Formação Itapecuru" pelas bibliografias utilizadas neste estudo. Considerada inicialmente como "Camadas Itapecuru", é utilizada no trabalho de Veiga Júnior (2000) para designar os arenitos (Figura 6.46) de cores variadas, finos a grossos, com estratificação cruzada e plano-paralela e intercalações de siltito e lamito. Góes & Feijó (1994) indica a presença de argilito castanho-avermelhado, além do arenito já mencionado.

Para Veiga Júnior (2000), a Formação Itapecuru, de idade cretácea, está depositada, discordantemente, sobre a Formação Codó ou sobre rochas mais antigas. O sistema de deposição da Formação Itapecuru se deu em um ambiente transicional de provável planície sublitorânea.



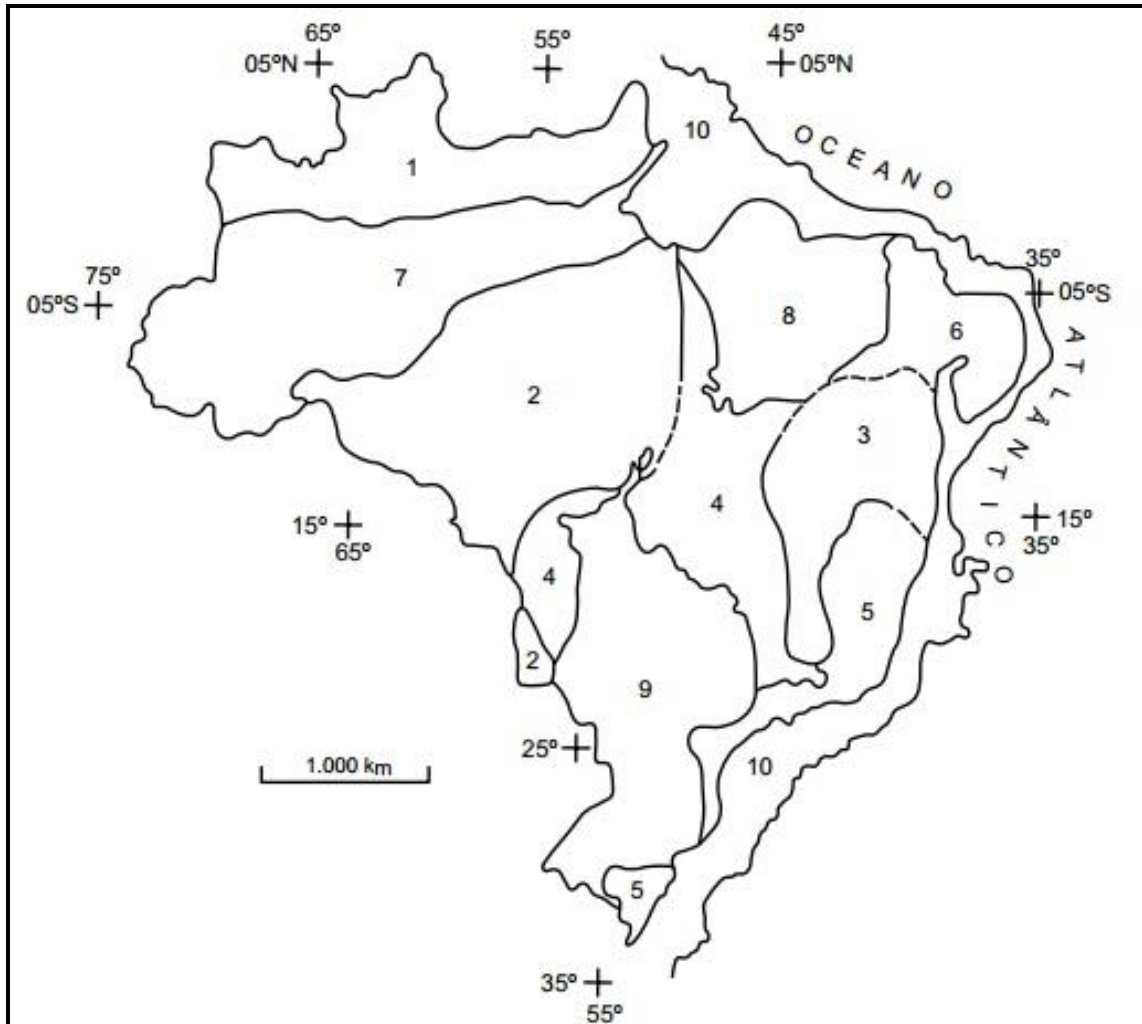
**Figura 6.46. Arenitos finos com níveis de pelito da Formação Itapecuru, apresentando estratificação cruzada de baixo ângulo. Município de Santa Inês/MA.**

Fonte: Santos & Carvalho (2009).

#### **6.2.4.1.2 Província Borborema**

A Província Borborema é uma província estrutural brasileira, situada no nordeste do país, com uma área aproximada de 380.000 km<sup>2</sup>, onde afloram conjuntos de complexa evolução geológica do arqueano-proterozoico (VASCONCELOS, 1998). Limita-se ao norte e a leste com a Província Costeira; ao sul com a Província São Francisco; e a oeste com a Província Parnaíba (Figura 6.47), e representa o extremo

nordeste da Plataforma Sulamericana (VASCONCELOS 1998, ALMEIDA *et al.*, 2007).



**Figura 6.47. Províncias estruturais brasileiras segundo Almeida (1977). 1 - Rio Branco; 2 - Tapajós; 3 - São Francisco; 4 - Tocantins; 5 - Mantiqueira; 6 - Borborema; 7 - Amazônica; 8 - Parnaíba; 9 - Paraná; 10 - Província Costeira e Margem Continental.**

Fonte: Modificado de Vasconcelos (1998).

Na Província Borborema, os principais aspectos em termos estruturais e de plutonismo granitoide são relacionados ao Ciclo Brasileiro, no Proterozoico Superior-Eo-Paleozoico (VASCONCELOS, 1998). Diversos fragmentos de rochas arqueanas foram encontrados nesta província, por exemplo, rochas do Maciço Pernambuco-Alagoas, constituídas de gabro-anortosítico com 2.800 Ma (CUNHA & GUERRA, 2009).

#### **6.2.4.1.2.1 Complexo Canindé do Ceará (PRcn)**

O Complexo Canindé do Ceará é constantemente denominado de "Complexo Ceará" nas bibliografias utilizadas neste estudo. Distribui-se por todo Domínio Ceará Central, na porção setentrional da Província Borborema. As unidades litoestratigráficas deste complexo, apesar de similares, são descontínuas, e foram denominadas de acordo com suas localidades de ocorrência. Foi adotado o termo "Complexo Ceará", segundo o mapeamento geológico do estado do Ceará (CAVALCANTE, 2003), devido à impossibilidade de estabelecer uma subdivisão estratigráfica formal do Grupo (ALMEIDA *et al.*, 2007). Vasconcelos (1998) afirma que este complexo é formado por quartzitos, xistos e gnaisses de diversos graus de metamorfização, por vezes intercalados com inúmeras lentes de rochas carbonáticas.

A idade deste complexo não foi confirmada com exatidão. Conforme o mapeamento do estado do Ceará, realizado por Cavalcante (2003), é considerado Paleoproterozoico, porém, outros estudos foram realizados, como o de Almeida *et al.* (2007), indicando a deposição dos sedimentos deste complexo se estendendo até o Neoproterozoico.

Na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo da CPRM, foi mapeada a classe "Unidade Ceará - gnáissica" (PP2ccg) pertencendo ao Complexo Ceará. É composta de gnaiss aluminoso e datada no Paleoproterozoico.

O Complexo Ceará ocorre junto às áreas de influência da LT no município de Sobral/CE e na região nordeste de Cariré/CE.

- **Unidade Independência (PRci)**

A Unidade Independência, pertencente ao Complexo Ceará, é considerada por Pedrosa *et al.* (2010) como uma sequência de rochas metassedimentares dominada por metapelitos. Para Almeida *et al.* (2007), essa unidade é constituída de quartzitos, metapelitos, milonitos retromórficos, anfibolitos, mármore, gnaisses e rochas calcissilicáticas (Figura 6.48). Sua área de ocorrência dentro da All se faz no extremo nordeste de Cariré/CE, e na área central de Sobral/CE.



**Figura 6.48. Afloramento de ortognaisses tonalíticos da Unidade Independência.**

Fonte: Almeida (2007).

#### **6.2.4.1.2.2 Grupo Ubajara**

O termo "Grupo Ubajara" substituiu o antigo "Grupo Bambuí" de Costa *et al.* (1973) *apud.* Brito Neves (1983). Esse Grupo compreende os sedimentos clastopelíticos, com uma importante fácies carbonática superposta por uma recorrência clastopelítica, abrangendo as formações Trapiá, Caiçaras, Frecheirinha e Coreaú. A sequência do Grupo Ubajara é considerada de ambiente flúvio-marinho depositada no Proterozoico Superior (SANTOS, 2003).

O Grupo Ubajara se encontra confinado na parte sul da faixa Bambuí-Jaibaras, em uma área aproximada de 1.200 km<sup>2</sup>. Está depositado discordantemente sobre o Grupo Martinópolis (GALVÃO, 2002). Limita-se pelas falhas de Arapa (N, NW) e Café-Ípueiras (SE). Riftes implantados ao longo de zonas de cisalhamento brasileiras superpõem essa sequência (SANTOS, 2003). Dentro da AII deste estudo, o Grupo Ubajara é representado pelas formações Trapiá e Caiçaras.



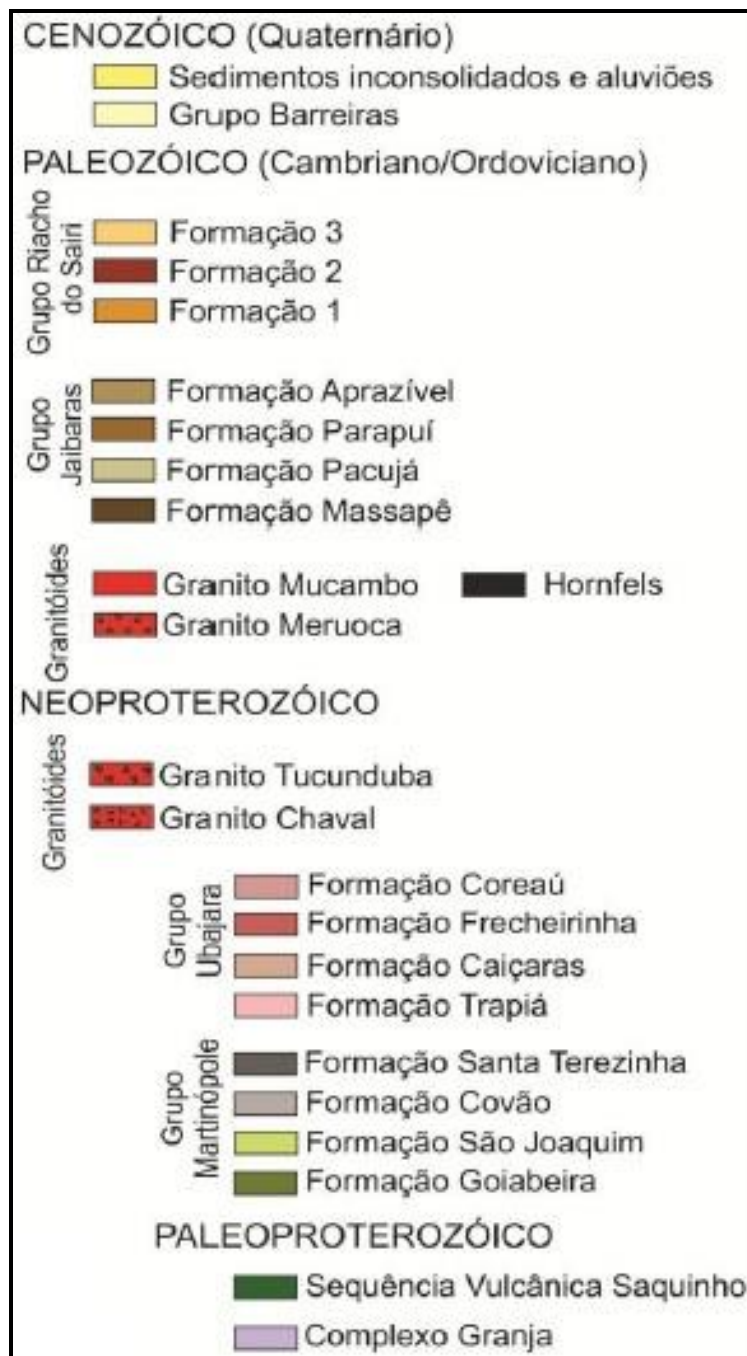


Figura 6.49. Coluna estratigráfica do Domínio Médio Coreaú, da Província Parnaíba, indicando a posição do Grupo Ubajara no Neoproterozoico sobreposto ao Grupo Martinópole.

Fonte: Modificado de Siqueira (2012).

- Formação Trapiá (NP2t)**

Para Brito Neves (1983), a Formação Trapiá, base do Grupo Ubajara, indica uma alternância de arenitos e siltitos micáceos de baixo grau de metamorfismo.

Siqueira (2012) afirma que este grupo apresenta arenitos grossos, metarenitos, finos a médios, com matriz síltico-argilosa, e quartzitos argilosos.

O sistema de deposição da Formação Trapiá se deu em um ambiente litorâneo e marinho plataformar (URSULINO *et al.*, 2002). Dentro do recorte espacial das áreas de influência da LT, a Formação Trapiá ocorre no extremo leste do município de Ibiapina/CE, sudoeste do município de Mucambo/CE, e na porção norte dos municípios de São Benedito/CE e Graça/CE.

- **Formação Caiçaras (NP2ca)**

A Formação Caiçaras é constituída de ardósias vermelhas e roxo-avermelhadas, com intercalações de metarenito e ortoquartzitos frequentemente cristalizados e cortados por veios de sílica (SILVA 2010, SIQUEIRA 2012). O sistema deposicional desta formação se deu em ambiente marinho raso (URSULINO *et al.*, 2002). A ocorrência da Formação Caiçaras dentro da All é pontual, aflora em uma pequena área na porção oeste do município de Sobral/CE.

#### **6.2.4.1.2.3 Suíte Intrusiva Meruoca**

Após a orogenia relacionada ao ciclo Brasileiro, espaços foram gerados, devido uma tectônica transtensional, e estruturas do tipo *pull apart* foram produzidas. Esse processo gerou uma granitogênese, no qual se formou a Suíte Intrusiva Meruoca (GALVÃO, 2002). Esta estrutura possui uma área aproximada de 400 km<sup>2</sup>, e os contatos com as rochas encaixantes são marcados por falhas e zonas de cisalhamento. Em alguns lugares esse contato acaba gerando auréolas de metamorfismo.

Brito Neves (2003) denomina a Suíte Intrusiva Meruoca como "batólito de Meruoca". Já em outras bibliografias, a mesma é considerada como "granito Meruoca" ou "pluton Meruoca", como no trabalho de Galvão (2002). Osako *et al.* (2011) afirmam que essa suíte intrusiva é composta por rochas intrusivas alcalinas a subalcalinas. Para Brito Neves (2003), o "batólito de Meruoca" apresenta uma composição granítica, com porções de alcali-feldspato granito e de quartzito sienitos subalternas. A Suíte Intrusiva Meruoca é datada no Cambriano. Na All,

esta suíte está representada pelo Corpo Mucambo (ε1γ4m1) e pelo Termometamorfito Mucambo (ε1m).

- **Corpo Mucambo (ε1γ4m1)**

O Corpo Mucambo é comumente denominado de "Pluton Mucambo" nas bibliografias utilizadas neste estudo. É datado no Cambriano, e ocupa uma área de aproximadamente 200 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Graça/CE, Mucambo/CE, Cariré/CE, Sobral/CE e Coreaú/CE. As rochas intrusivas dessa unidade são compostas por granitos e granodioritos (OLIVEIRA, 2001).

Brito Neves *et al.* (2003) afirmam que o Corpo Mucambo, de forma geral, apresenta granulação grosseira a porfírico, com a presença de autólitos e xenólitos de rochas encaixantes (Grupo Ubajara). Essa unidade apresenta uma auréola de contato com as rochas do Grupo Ubajara, denominada neste estudo como "Termometamorfito Mucambo". O Corpo Mucambo ocorre dentro das áreas de influência nos municípios de Mucambo/CE, Graça/CE, Cariré/CE, e uma pequena porção do município de Sobral/CE.

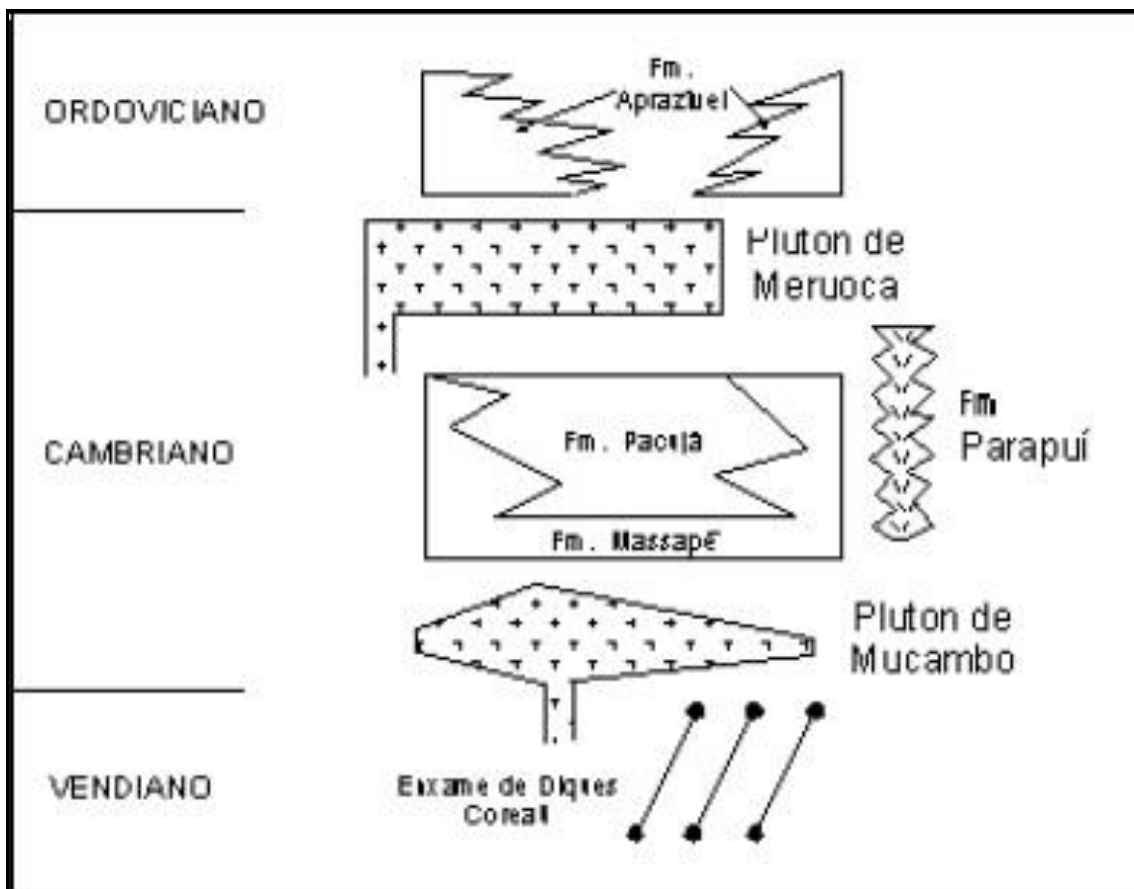
- **Termometamorfito Mucambo (ε1m)**

O Termometamorfito Mucambo é litologicamente caracterizado por apresentar quartzitos conglomeráticos, arenitos grossos epimetamórficos, mal classificados, e metarenitos, de granulação fina a média, apresentando matriz síltico-argilosa cinza clara (GOMES, 2011). Essa zona de termometamorfitos, denominada de "auréola de contato" por Oliveira (2001) e Brito Neves *et al.* (2003), indica o contato da porção oeste do Plúton Mucambo com as rochas do Grupo Ubajara. Na All, ocorre na ala oeste de Mucambo/CE e no setor norte de São Benedito/CE.

#### **6.2.4.1.2.4 Grupo Jaibaras**

Small (1914) *apud*. Torquato & Nogueira Neto (1996) foi o primeiro a descrever as rochas que hoje compõem o Grupo Jaibaras. Quadros (1996) definiu este grupo como uma sequência sedimentar, de caráter molassoide, com associação de vulcanismo fissural. As unidades deste grupo encontram-se em um ambiente geotectônico bem definido, estando dispostas ao longo do graben Jaibaras (GALVÃO, 2002).

O Grupo Jaibaras, de idade Cambro-Ordoviciano, encontra-se depositado discordantemente sobre as rochas dos grupos Ubajara, Martinópolis e complexos gnaissicos-migmatíticos. Esse grupo possui contatos diretos com os granitos por meio de falhamentos (BRITO NEVES, 1983). O Grupo Jaibaras é composto, da base para o topo, pelas formações Massapê, Pacujá, Parapuí e Aprazível (Figura 6.50). As quatro formações ocorrem dentro da AII deste estudo.



**Figura 6.50. Estratigrafia do Grupo Jaibaras.**

Fonte: Adaptado de Oliveira (2001).

- **Formação Massapê (cOmp)**

A base do Grupo Jaibaras é composto pela Formação Massapê. Brito Neves (1983) afirma esta formação trata-se de um depósito fanglomerático, com condições continentais, em que os clastos diminuem o tamanho de acordo com o distanciamento da área de origem, em um ambiente com frequente reativação do relevo.

A Formação Massapê constitui-se de ortoconglomerados brechoides, de matriz variada, com seixos de gnaisses, quartzitos, granitoides, arenitos e filitos (BRITO NEVES 1983, OLIVEIRA 2001, SIQUEIRA 2012). Considerando a Área de Influência Indireta deste estudo, a Formação Massapê ocorre em uma pequena área na porção oeste do município de Sobral/CE.

- **Formação Pacujá (eOpc)**

Quadros (1996) define a Formação Pacujá como uma sequência vulcano-sedimentar que foi submetida a dobramentos e falhamentos. Constitui-se de intercalações de arenitos arcoseanos finos a siltitos com pelitos. Os arenitos (Figura 6.51) apresentam-se maciços ou estratificados, com laminação plano-paralela, estratificação cruzada, lineação de partição e laminação convoluta. Rochas vulcânicas e subvulcânicas, como o basalto, andesito, dacito e riolito, ocorrem intercalados nos sedimentos dessa formação sob a forma de sills, diques e derrames associados com rochas vulcanoclásticas (QUADROS, 1996).

Para Oliveira (2001), a Formação Pacujá representa um conjunto sedimentar que pode ser interpretado como um sistema fluvial que, de forma gradativa, passou a um delta e posteriormente a um sistema lacustre. Essa formação ocorre no extremo sudeste do município de Mucambo/CE, nordeste do município de Cariré/CE, norte do município de Pacujá/CE, e na porção oeste de Sobral/CE, na AII.



**Figura 6.51. Arenito da Formação Pacujá encontrado em ambiente árido, com presença de lagoas, no município de Sobral. Foto: CARUSO JR., 2013.**

- **Formação Parapuí (cOp)**

A Formação Parapuí consiste de uma complexa suíte de rochas vulcânicas e corpos subvulcânicos. Essa formação recorta e recobre as formações Massapê e Pacujá. É representada pelos basaltos, dacitos, andesitos e riolitos, geralmente alterados, e ocorrem, de forma subordinada, gabros e diabásios (BRITO NEVES, 1983). A Formação Parapuí ocorre nas áreas de influência da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas nos municípios de Mucambo/CE, Cariré/CE e Sobral/CE.

- **Formação Aprazível (cOa)**

O topo do Grupo Jaibaras é representado pela Formação Aprazível, de idade Ordoviciano. Quadros (1996) define essa formação como uma sequência sedimentar falhada e delgada. A Formação Aprazível recobre discordantemente as unidades subjacentes, ocorrendo sob forma de mantos e prismas irregulares e

descontínuos. Ocorre dentro das áreas de influência deste estudo no sudeste de Mucambo, noroeste de Cariré, oeste de Sobral, e norte de Pacujá.

Brito Neves (1983) afirma que a Formação Aprazível é constituída de conglomerados e brechas polimíticas, com matriz grosseira, arcoseana, apresentando várias tonalidades. Encontra-se em seus clastos todas as litologias preexistentes, tais como: gnaisses, granitos, anfibolitos, quartzitos, mármore, siltitos, arenitos, milonitos, inclusive as vulcânicas da Formação Parapuí (BRITO NEVES 1983, QUADROS 1996). O ambiente deposicional dessa formação é caracterizado como leque/planície aluvial. Na All do empreendimento, esta formação mapeada basicamente em uma estreita faixa da região noroeste de Cariré/CE.

### **6.2.4.1.3 Depósitos Cenozoicos**

Depósitos Cenozoicos ocorrem nas áreas de influência deste estudo sob forma de Depósitos Aluvionares. Estes depósitos podem apresentar diversas estruturas e texturas, dependendo das condições que lhe originaram. De modo geral, depósitos aluvionares tendem a evidenciar uma granulometria mais grossa e uma seleção menos variada, isso se dá porque representam os depósitos de áreas proximais. Quando esses depósitos alcançam maiores distâncias, os grãos geralmente apresentam-se em menor tamanho, gerando, em muitos casos, pacotes argilosos. É importante atentar para a presença destes depósitos, pois apresentam características geotécnicas diversas e ocorrem materiais inconsolidados a semiconsolidados.

- **Depósitos Aluvionares (Q2a)**

Os Depósitos Aluvionares representam os Depósitos Cenozoicos neste estudo. São constituídos de materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água, e depositados em suas margens e leitos. Podem ocorrer em fundos de lagos e lagoas, porém, sempre associados a ambientes fluviais (OLIVEIRA & BRITO, 1998).

Para Sá & Diniz (2012) os Depósitos Aluvionares são constituídos de sedimentos clásticos, como o cascalho e a areia, e depositados por um sistema fluvial na

margem e no leito do canal, incluindo as planícies de inundação. Os Depósitos Aluvionares ocorrem nas áreas de influência da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas nos municípios de Sobral/CE e Groaíras/CE, influenciados pelo regime fluvial dos rios Acaraú e Jaibaras.

#### **6.2.4.2 Aspectos geológicos da área de influência direta (AID)**

Em relação à geologia da área de influência direta da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, em um corredor de 1 km de largura sendo 500 m para cada lado, verifica-se a presença das seguintes classes (de leste à oeste do traçado da LT): Formação Grajaú, Formação Codó, Formação Itapecuru, Formação Corda, Formação Sardinha, Formação Motuca, Formação Pedra de Fogo, Formação Piauí, Formação Poti, Formação Longá, Formação Cabeças, Formação Pimenteiras, Grupo Serra Grande, Formação Trapiá, Termometamorfito Mucambo, Corpo Mucambo, Formação Parapuí, Formação Pacujá, Formação Aprazível, Depósitos Aluvionares, Complexo Ceará, Unidade Ceará e Unidade Independência.

De acordo com o mapeamento utilizado, constatou-se a presença, na área de influência direta deste estudo, de oito unidades da Bacia do Parnaíba, duas unidades da Bacia das Alpercatas, três da Bacia do Grajaú, nove da Província Borborema e os Depósitos Aluvionares.

O traçado da LT inicia sobre as rochas da Bacia do Grajaú. A primeira unidade encontrada na AID é a Formação Grajaú, que são, de modo geral, arenitos, de granulação fina à conglomerática, mal selecionados e por vezes apresentando seixos. Ocorrem na AID deste estudo nos municípios de Presidente Dutra/MA e Governador Eugênio Barros/MA. A segunda classe interceptada é a Formação Codó. Esta, caracterizada pelos folhelhos negros e betuminosos, apresenta intercalações carbonáticas e anidritas, e arenitos brancos e esverdeados. Foi mapeada na Área de Influência Direta na porção central do município de Presidente Dutra/MA. Os arenitos da Formação Itapecuru ocorrem na AID nos municípios de Presidente Dutra/MA, Graça Aranha/MA, Gonçalves Dias/MA e Governador Eugênio Barros/MA. Essas Formações se encontram sob os modelados do Pediplano Central do Maranhão.



No que tange às duas formações da Bacia das Alpercatas, constatou-se que ambas, assim como as unidades da Bacia do Grajaú, ocorrem sob o Pediplano Central do Maranhão. A primeira classe da Bacia das Alpercatas encontrada na AID deste estudo é a Formação Corda. Esta formação é composta de arenitos cinza-esbranquiçados e avermelhados, de granulação muito fina a média, de seleção regular a boa, semifriáveis a semicoesos e ricos em óxido de ferro e zeólitos. Ocorrem na AID junto aos municípios de Governador Eugênio de Barros/MA, Parnarama/MA, Matões/MA, Caxias/MA e Timon/MA. A segunda unidade, a Formação Sardinha, caracteriza-se pelo basalto preto, amigdaloidal e com pequena espessura. Na AID é encontrada em uma pequena área na porção sul do município de Caxias/MA.

Oito unidades geológicas da Bacia do Parnaíba encontram-se na AID deste estudo. A Formação Motuca é composta de siltito avermelhado, arenito branco, de granulação fina a média, anidrita branca, e raramente apresenta calcários. Ocorre no município de Timon/MA sob o Pediplano Central do Maranhão.

A Formação Pedra de Fogo é representada por arenito amarelado, fino a médio, argilito, folhelho cinzento, sílex, calcário oolítico e pisolítico creme a branco, por vezes estromalítico. Foi mapeado nos municípios de Timon/MA, Teresina/PI e Altos/PI. Os arenitos intercalados com folhelhos da Formação Piauí ocorrem em uma pequena área na porção leste do município de Timon/MA, além dos municípios de Teresina/PI e Altos/PI. Essas duas formações apresentam-se no início sob o Pediplano Central do Maranhão. Já no município de Teresina/PI em diante, ocorrem sob os modelados do Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão.

A Formação Poti apresenta arenitos finos, laminações paralelas, por vezes intercalados com folhelhos, e ocorre na porção nordeste de Altos/PI e oeste de Campo Maior/PI. A Formação Longá é composta por folhelhos, por vezes intercalados com arenitos e siltitos laminados. Foi mapeada nos municípios de Campo Maior/PI, Nossa Senhora de Nazaré/PI e Cocal de Telha/PI.

A Formação Cabeças é representada, de modo geral, por arenitos micáceos, com grãos subarredondados, aflorando sob aspecto ruiforme. Ocorre nos municípios de Capitão de Campos/PI, Boqueirão do Piauí/PI e Piripiri/PI. Seguindo o traçado da

LT de oeste para leste, a Formação Pimenteiras ocorre em Piripiri/PI, Brasileira/PI e São João da Fronteira/PI, apresentando folhelhos cinzentos, por vezes intercalando com siltitos e arenitos.

A última unidade da Bacia do Parnaíba que se encontra na AID é o Grupo Serra Grande. Esse grupo é constituído por arenitos, calcários e conglomerados. Foi mapeado nos municípios de São João da Fronteira/PI e Ibiapina/CE. Todas essas unidades ocorrem sob os modelados do Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão.

Já na Província Borborema, a Formação Trapiá, caracterizada pelos arenitos grossos, metarenitos e quartzitos argilosos, ocorre na transição do Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão para a Depressão Sertaneja, nos municípios de Ibiapina/CE e Mucambo/CE.

O Termometamorfito Mucambo, com seus quartzitos conglomeráticos, arenitos grossos epimetamórficos e metarenitos, encontra-se na AID em uma pequena área na porção sul do município de Mucambo/CE. Os granitos e granodioritos do Corpo Mucambo ocorrem no município de Mucambo/CE e na porção noroeste de Cariré/CE. A Formação Parapuú é composta de basaltos, dacitos, andesitos e riolitos. Essa formação foi mapeada na AID no município de Cariré/CE e uma pequena área de Sobral/CE.

A Formação Pacujá representa intercalações de arenitos arcoseanos finos a siltitos com pelitos, e também apresenta rochas vulcânicas e subvulcânicas intercaladas nos sedimentos dessa formação sob a forma de diques, derrames e sills. Encontra-se no município de Cariré/CE e na porção oeste de Sobral/CE. Os conglomerados e brechas polimíticas com matriz grosseira e arcoseana da Formação Aprazível ocorre em uma pequena área na porção norte de Cariré/CE.

O Complexo Ceará, composto por xistos, quartzitos e gnaisses metamorfizados, é encontrado no município de Sobral/CE. Uma pequena porção da Unidade Ceará, composta de gnaisses aluminosos, ocorre em Sobral/CE. A Unidade Independência com seus quartzitos, metapelitos, milonitos, mármore, gnaisses e rochas calcissilicáticas também ocorre no município de Sobral/CE.

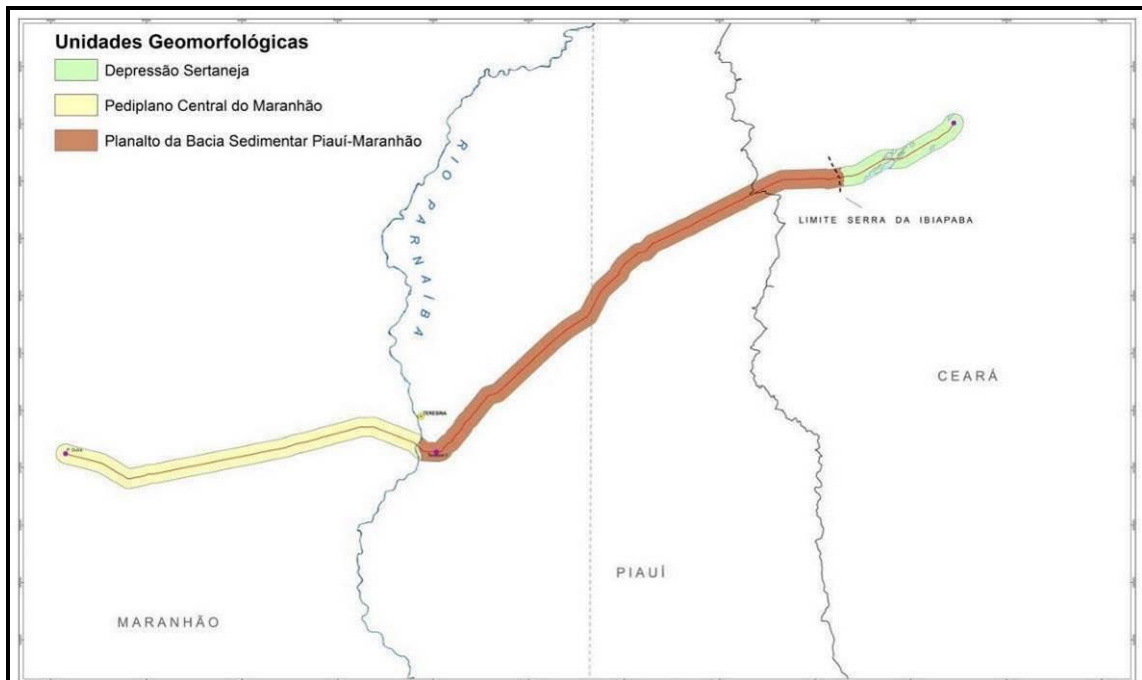
O Termometamorfito Mucambo, Corpo Mucambo, formações Parapuí, Pacujá, Aprazível, Complexo Ceará, Unidade Ceará e Unidade Independência ocorrem na AID deste estudo sob os modelados da Depressão Sertaneja.

Os Depósitos Aluvionares mapeados junto à Área de Influência Direta deste estudo, ocorrem em uma pequena área na porção final do traçado da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, no município de Sobral/CE, sob os modelados da Depressão Sertaneja.

## 6.2.5 Geomorfologia

Segundo Casseti (2005), a Geomorfologia é considerada um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os processos pretéritos e atuais que esculturam as formas da superfície.

Dentro de um contexto geomorfológico regional da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, há presença de três unidades geomorfológicas mapeadas por RADAMBRASIL (1973 e 1981), que são de oeste para leste, o Pediplano Central do Maranhão, o Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão/Planalto de Ibiapaba e a Superfície Sertaneja, conforme apresentado na Figura 6.52.



**Figura 6.52. Localização das unidades geomorfológicas e os elementos do meio físico (Serra da Ibiapaba e Rio Parnaíba) que auxiliam na compreensão dos processos. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

O rio Parnaíba (e seu importante afluente regional, o rio Poti) e a feição cuestasiforme da Serra da Ibiapaba, são os componentes do meio físico com grande enfoque para o estudo geomorfológico, pois auxiliam na compreensão dos processos que explicam a evolução do relevo na região de inserção da LT.

De acordo com o perfil, de oeste para leste, iniciando no entorno da subestação de Presidente Dutra, temos a morfologia caracterizada por planaltos e chapadas, esporadicamente com rebordos em *glint* de rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba. O relevo apresenta caimento geral para NNE, acompanhando a direção do vale do rio Parnaíba, com aspecto de aplainamento efetuado pela erosão e pedimentação, entulhando as calhas dos vales relacionados às drenagens, exceto nos grandes rios, que abriam calhas de fácil demarcação espacial.

As condições climáticas da região de estudo (semiárido) teriam dado origem, pelo processo de pediplanação, às grandes superfícies aplainadas (pediplanos) e pelo processo de pedimentação, aos níveis embutidos nos vales (pedimentos), que correspondem ao relevo preponderante até a borda oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, onde ocorre uma considerável quebra altimétrica e litológica, sendo

chamada regionalmente de Serra Grande, e localmente de Serra da Ibiapaba, com orientação Norte-Sul.

Toda a extensão da calha do rio Parnaíba até a Serra da Ibiapaba tem inclinação em uma direção, formando um declive suave com valores aproximados de 11° a 8°, decrescendo rumo ao centro da bacia (RADAMBRASIL, 1973).

O corte abrupto/ingreme no *front* voltado para leste da *cuesta* de Ibiapaba é oriundo da erosão remontante, proporcionando o recuo do *front* pelo processo de circundenudação, o que possibilita a ocorrência de morros testemunhos na área da depressão periférica, intitulada de superfície sertaneja por Ab'Saber (1969).

Na superfície sertaneja, região final (oeste-leste) da Linha de Transmissão 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III, os topos são predominantemente arredondados, com a presença de relevos residuais (*inselbergs*, serras e chapadas), geralmente originadas de rochas mais resistentes.

Cabe ressaltar que além das três unidades geomorfológicas ocorrentes ao longo do traçado da LT, serão apresentadas também 14 unidades de relevo que modelam a paisagem da área de estudo, quais sejam: superfícies aplainadas degradadas, domínio de colinas dissecadas e morros baixos, vales encaixados, tabuleiros dissecados, tabuleiros, domínio de colinas amplas e suaves, planícies fluviais, *inselbergs*, superfícies aplainadas conservadas, domínio de morros e serras baixas, planaltos e baixos platôs, escarpas serranas, chapadas e platôs, e vertentes recobertas por depósitos de encosta.

Como apresentado anteriormente, para a confecção deste diagnóstico geomorfológico, os estudos foram realizados com base na compilação e análise de dados bibliográficos e cartográficos, interpretação de imagens de sensores remotos e trabalhos de campo, que permitiram descrever adequadamente os aspectos geomorfológicos para área de estudo.

Para embasar o entendimento geomorfológico para a AID e AII da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, foram utilizados os mapeamentos apresentados pelo projeto RADAMBRASIL (1973 e

1981), CPRM (2006) e diversas publicações acadêmicas sobre o relevo em clima semiárido e sobre o relevo nordestino.

Também foram elaborados mapas de classes de declividade e de classes hipsométricas para a All do empreendimento, a partir de dados topográficos originários da NASA (Missão SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* versão 2, realizada em 2000 com a versão 2 disponibilizada em 2009), recortados para as áreas de influência do empreendimento.

Abaixo seguem os mapas de classes de declividades (Figura 6.53 e Figura 6.54) e o mapa de classes altimétricas (Figura 6.55 e Figura 6.56) que foram utilizados para entendimento do relevo e contextualização dos dados geomorfológicos. Os mapas também se encontram disponíveis no Caderno de Mapas em formato A0.

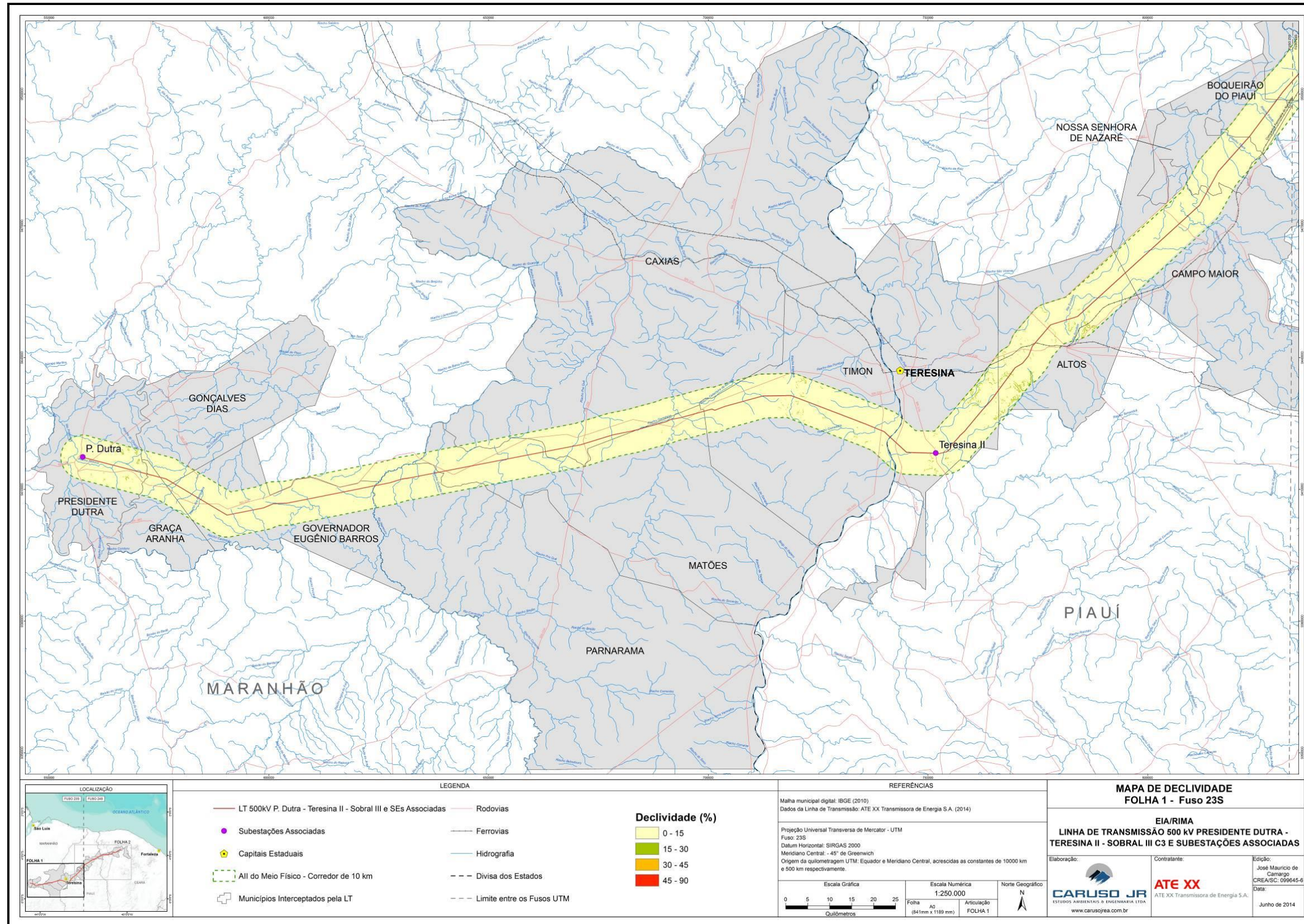


Figura 6.53 Mapa de Declividades das áreas de influência do empreendimento - Folha 1. 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

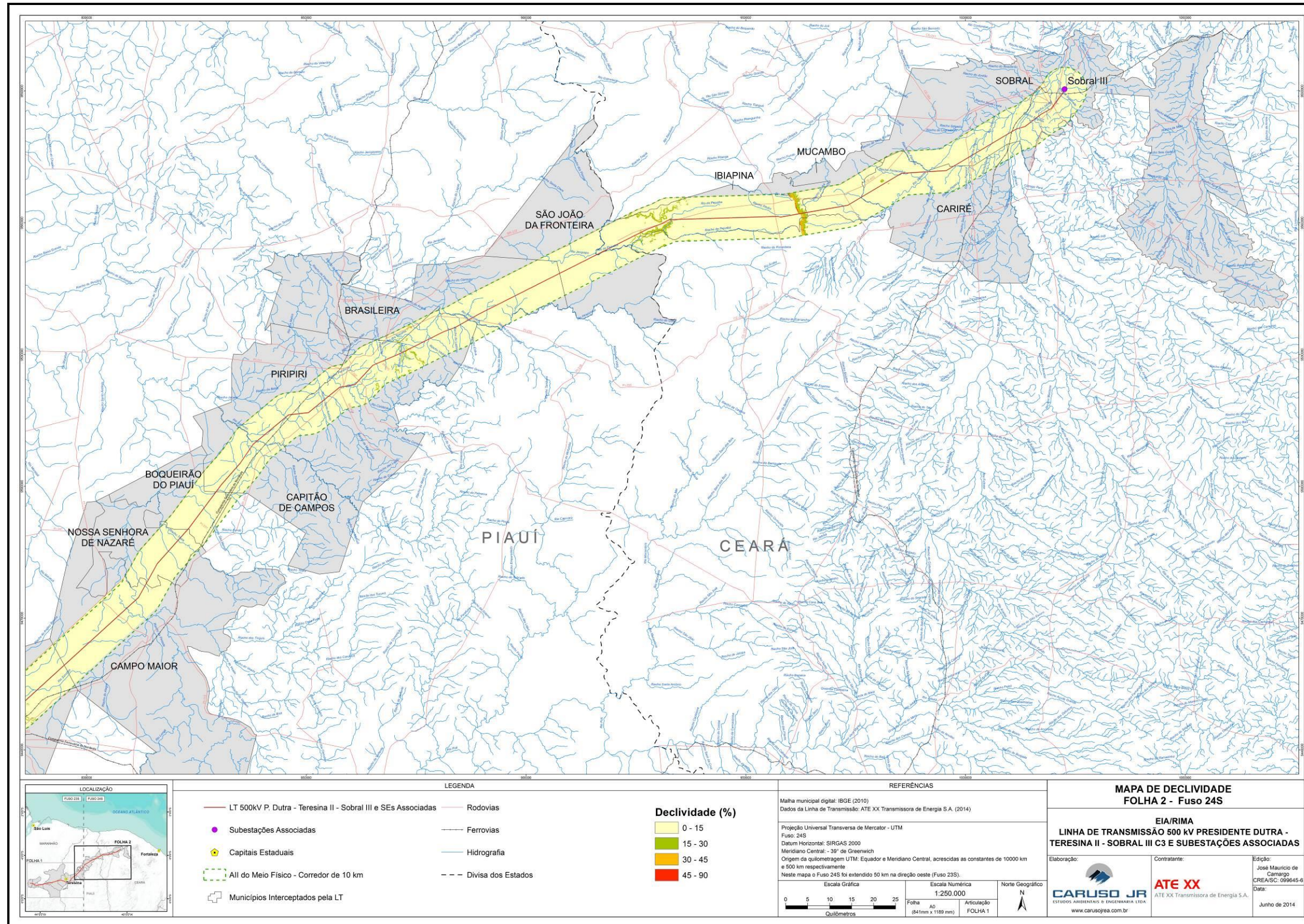


Figura 6.54 Mapa de Declividades das áreas de influência do empreendimento - Folha 2. 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.



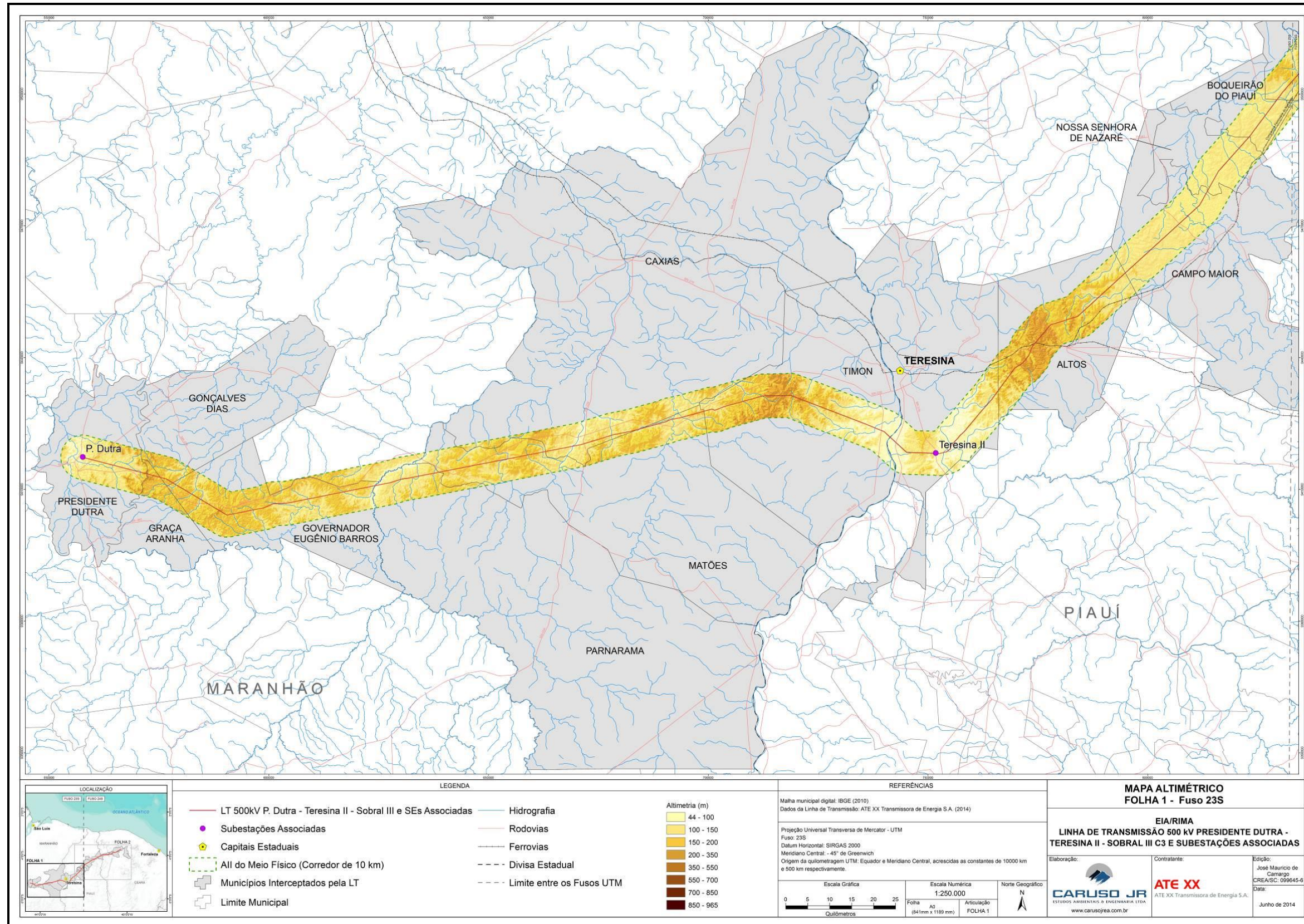


Figura 6.55 Mapa Altimétrico das áreas de influência do empreendimento - Folha 1. 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

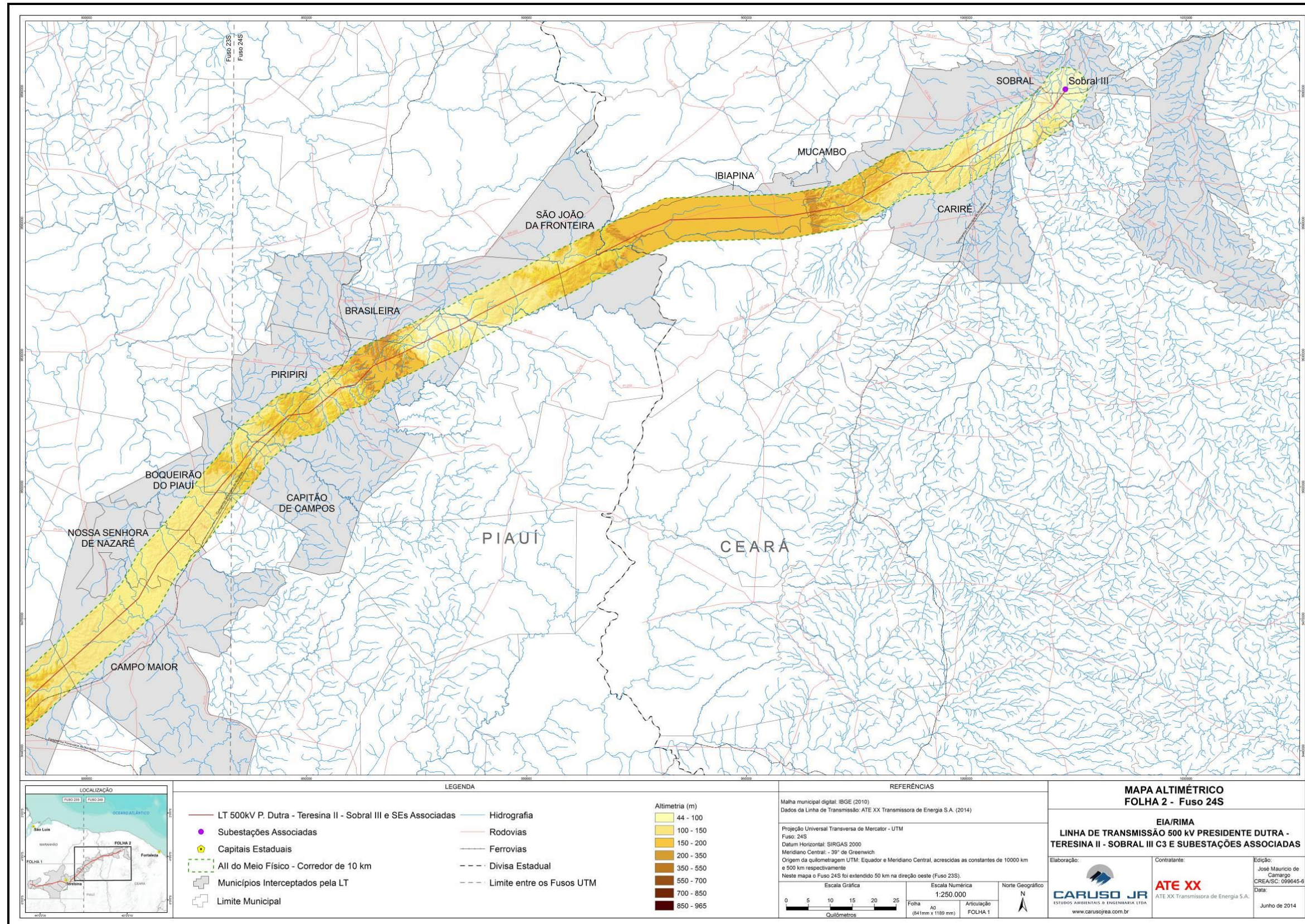


Figura 6.56 Mapa Altimétrico das áreas de influência do empreendimento - Folha 2. 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014

### **6.2.5.1 Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Indireta (AII)**

#### **6.2.5.1.1 Unidades Geomorfológicas**

De acordo com IBGE (2009), as Unidades Geomorfológicas correspondem ao terceiro nível taxonômico abordado dentro da Geomorfologia (tendo os Domínios Morfoestruturais e as Regiões Geomorfológicas como primeiro e segundo nível taxonômico, respectivamente).

Elas são definidas como um arranjo de formas altimétricas fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a semelhança de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológicas e estruturais, onde cada unidade evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais.

O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas. Os conjuntos de formas de relevo que compõem as unidades constituem compartimentos identificados como planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras, etc (IBGE, 2009).

Dentro desse contexto, e de acordo com o Mapa Geomorfológico (Figura 6.57 e Figura 6.58) e apresentado no Caderno de Mapas em formato A0, verificou-se a ocorrência de três unidades geomorfológicas ao longo da AII da LT, a saber: Pediplano Central do Maranhão, Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão e Superfície Sertaneja.

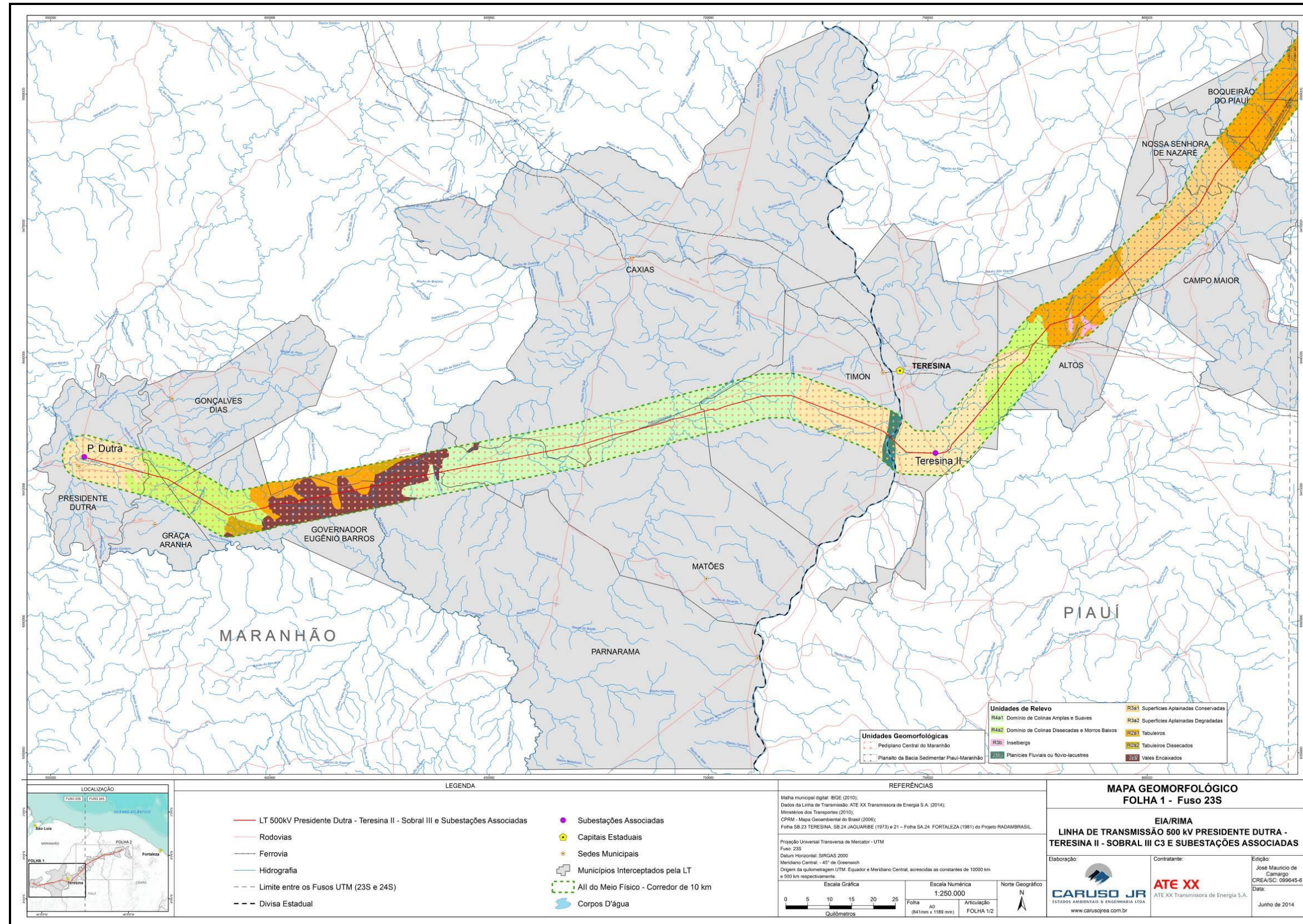


Figura 6.57 Mapa Geomorfológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

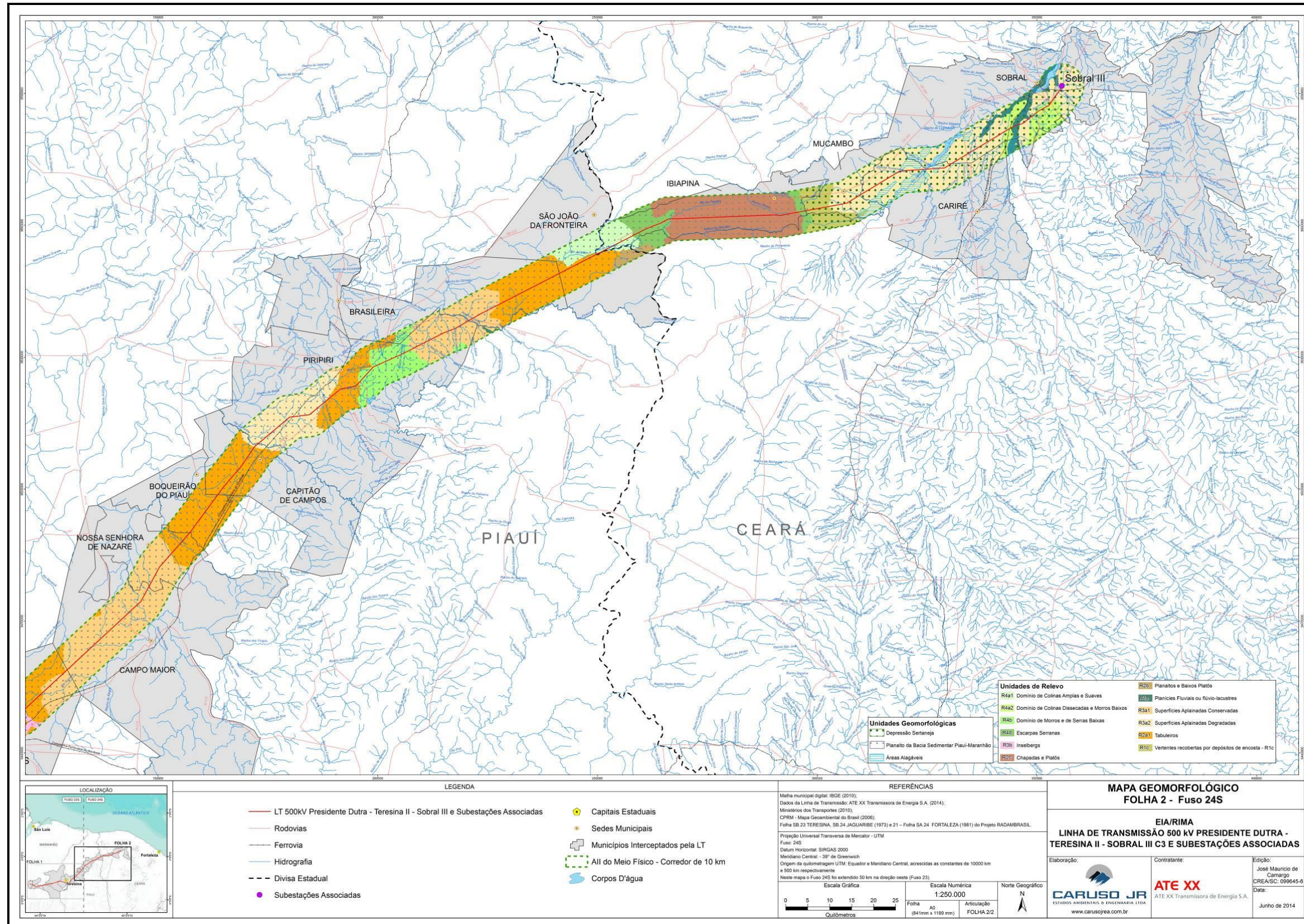


Figura 6.58. Mapa Geomorfológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.5.1.1 Pediplano Central do Maranhão

O Pediplano Central do Maranhão tem origem predominantemente erosiva, gerando assim formas de relevo bastante irregulares, com morfogênese mecânica, resultado da coalescência dos vales pedimentados dos rios Parnaíba, Canindé, Corda, Gurguéia, Mearim e Alpercatas.

O aspecto geral do relevo desta unidade geomorfológica caracteriza-se pelo domínio de formas dissecadas e pela superimposição da drenagem, formando topos tabulares com bordas abruptas que decaem para colinas amplas com declives suaves.

Seu caimento geral é para NNE acompanhando a direção do vale do Parnaíba. O aspecto geral é aplainado pela erosão (Figura 6.59), exceto nos grandes rios que abriam calhas de fácil demarcação espacial, como por exemplo, o rio Itapecuru.



**Figura 6.59. Aspecto geral aplainado do relevo da unidade geomorfológica Pediplano Central do Maranhão. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Registro fotográfico efetuado seguindo a BR-226 no município de Caxias, nas proximidades do rio Santo Amaro/Pra Quê.

O percurso de reconhecimento da unidade geomorfológica Pediplano Central do Maranhão foi realizado pela rodovia BR-226, percorrendo de oeste para leste (partindo da subestação Presidente Dutra), com vistas a identificar a presença de superfícies estruturais relacionadas com rochas sedimentares, e por sua vez, com o caimento da Bacia do Parnaíba.

A estrutura geológica do Pediplano está recoberta por material de alteração, o que reduz sua influência no relevo, sendo difícil a visualização de afloramentos rochosos para a caracterização geológica dessa unidade (e seu processo de intemperismo).

Localmente, o relevo é classificado, em sua maior parte, como plano ondulado (0 até 20%) e fortemente ondulado (20 até 45%) nas bordas dos topos tabulares, mesas e Serra do Valentim.

Na All, a altimetria varia de 80 a 250 m, sendo a Serra do Valentim, a oeste do município de Timon/MA, aquela que apresenta as maiores altitudes (aprox. de 200 a 250 m) em forma de mesas e grupamento de mesas.

Na sua porção leste, o Pediplano Central do Maranhão serve de linha de cumeada para os cursos d'água que desembocam no rio Parnaíba, ao fim desta unidade geomorfológica, que está em contato com o Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão/Planalto da Ibiapaba. Nesse contato, o rio Parnaíba (Figura 6.60) impõe uma considerável planície fluvial, relacionada com seu regime hidrológico, caracterizando-se como uma superfície de deposição (agradação) de sedimentos recentes (aluvionares).



**Figura 6.60. Registro fotográfico do Rio Parnaíba a partir da sua margem esquerda. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Com relação aos processos erosivos, o relevo não apresenta condições para definir grande energia de transporte, dada à baixa declividade das encostas e o ajuste ao nível de base, no entanto, o uso do solo mal planejado pode desencadear a instalação de processos erosivos com efeito *offsites* nos cursos d'água (assoreamento, obstrução). Quedas de blocos associadas ao intemperismo físico, predominante nesta região e a irregularidade pluviométrica anual, tornam as áreas inundáveis passíveis de maior análise na fase de elaboração do projeto executivo do empreendimento. No item 6.2.5.2.1 são abordados os processos erosivos de forma sistemática para a área de estudo.

#### **6.2.5.1.1.2 Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão/Planalto da Ibiapaba**

Esta unidade geomorfológica foi mapeada inicialmente por Barbosa e Pinto no projeto RADAMBRASIL (1973), com a nomenclatura de Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão, abrangendo toda a área da bacia sedimentar fanerozoica do Parnaíba. No mapeamento apresentado na Folha SA.24 FORTALEZA (1981) esta unidade foi chamada de Planalto da Ibiapaba, buscando evitar a dominância de termos geológicos na titulação de unidades geomorfológicas.

Em termos gerais, esta unidade geomorfológica é representada por um conjunto de relevo de formas predominantemente tabulares, sendo mapeada para leste do rio Parnaíba até a escarpa da Serra da Ibiapaba. Apresenta desdobramento decorrente de formações sedimentares, gerando um rebaixamento gradual por erosão até o rio Parnaíba.

São comuns nesta unidade chapadas e relevos residuais em formas de mesas, com rebordos em *glint*. Este conjunto é seccionado por amplos vales como o dos rios Parnaíba, Poti, Piracuruca, Longá e Jenipapo. Os vales destes rios apresentam pedimentos que se estendem desde os rebordos dos divisores de água até suas respectivas calhas. O material removido por processos de pedimentação nestes vales funde-se com aluviões, geralmente inumando-os.

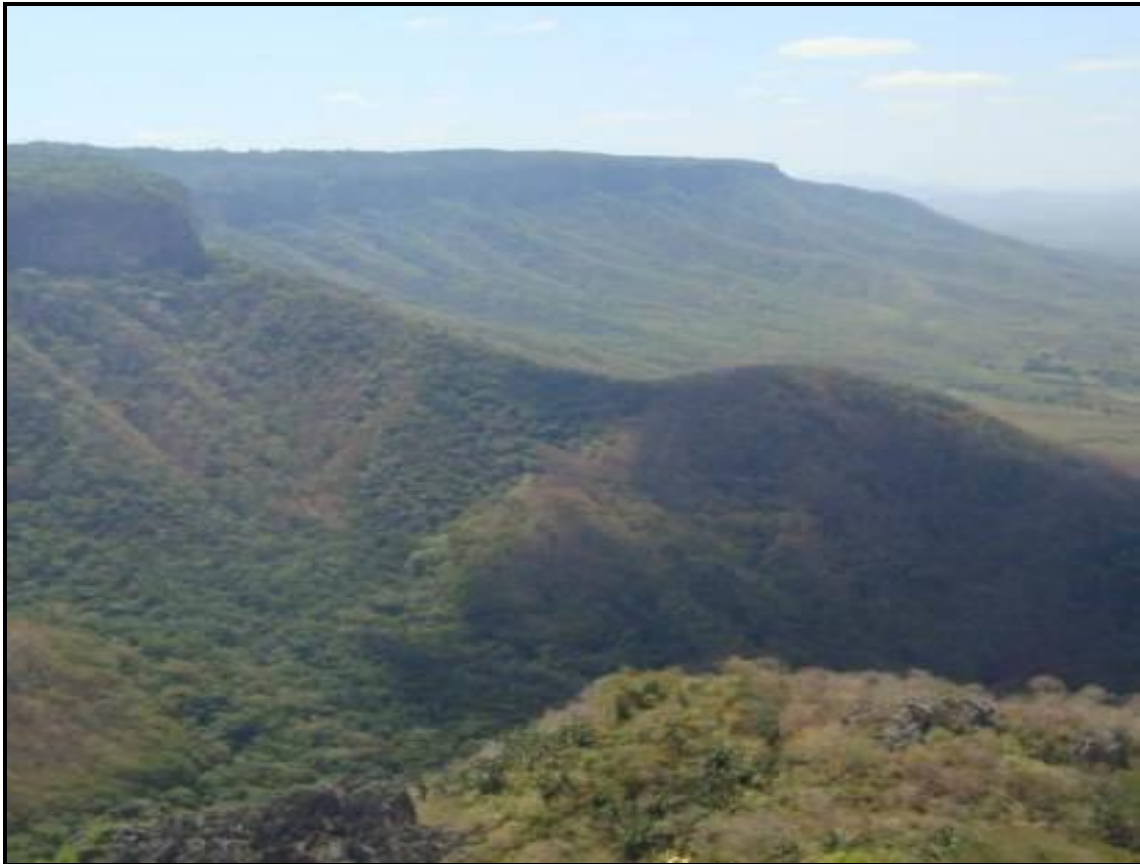


A Serra da Ibiapaba forma a *cuesta* festonada com orientação leste, caracterizada por drenagem acompanhando as camadas com mergulho para oeste da bacia, ressaltando a presença do rio Poti, afluente do rio Parnaíba, responsável pela elaboração de um *percée* (boqueirão) mais ao sul das áreas de influência, mas ainda na Serra da Ibiapaba/Grande.

Para tornar mais clara a descrição geomorfológica e devido às diferenças altimétricas marcantes nessa unidade, foram identificados dois subcompartimentos de relevo: o planalto oriental, com altitudes de 700 m, que constitui a Serra da Ibiapaba propriamente dita, e a área ocidental, drenada pelo rio Longá, também afluente do rio Parnaíba, com altitude média de 120 m.

### **Serra da Ibiapaba - Planalto Oriental**

Corresponde a um relevo assimétrico com feição *questiforme* apresentando reverso suave em direção oeste e um *front* escarpado com orientação N-S, apontado para leste, expressando o trabalho da erosão diferencial guiada pela resistência desigual das rochas em face aos processos denudacionais (Figura 6.61). A ocorrência de chuvas orográficas potencializa a existência de um verdadeiro enclave de mata úmida no meio semiárido (RADAMBRASIL, 1981).



**Figura 6.61. Vista do escarpamento festonado do Planalto da Ibiapaba, no contato com a depressão periférica (Superfície Sertaneja). Fonte: SANTOS (2010).**

Nota: Nota-se o desdobramento em patamares e a cornija arenítica produto de erosão diferencial.

A superimposição hidrográfica condiciona a evolução da paisagem a partir do entalhamento da drenagem obsequente (anaclinal), proporcionando a existência desta escarpa festonada, que é oriunda do ataque de erosão remontante, resultando no recuo do *front* por circundenudação e a ocorrência de morros testemunhos (*inselbergs*) na área da depressão periférica (Superfície Sertaneja).

Nesse contexto, temos a comprovação que o *front* se dispôs em uma abrangência bem maior no passado, antes do recuo por circundenudação, já que a área situa-se adiante da vertente, mantida por rochas que foram mais resistentes à erosão, possuindo a mesma litologia arenítica da *cuesta*.

Segundo Ab' Saber (1949), "tal fenômeno refere-se ao processo de formação de patamares de erosão deprimidos e periféricos na borda de bacias sedimentares". Nesse caso, a incisão desses processos no Planalto Cuestiforme da Ibiapaba possibilitou o surgimento de depressões periféricas resultantes do recuo

pronunciado do *front*, exumando as rochas pertencentes ao embasamento cristalino que estavam recobertas pelos pacotes sedimentares do Grupo Serra Grande. Segundo Souza (1988), estas rochas têm feições morfológicas dissecadas com cristas perpendiculares à escarpa.

A faixa oeste, intimamente relacionada com a escarpa arenítica e o mergulho das camadas do Grupo Serra Grande (que não ultrapassa 5° W), é marcada pela presença de uma série de pequenos relevos tabulares estruturais com escarpas erosivas (oeste do núcleo urbano de Piripiri/PI) e ressaltos topográficos que marcam desníveis de pequena amplitude.

Seu limite está marcado pelo forte entalhamento dos cursos-d'água que seguem a direção do mergulho das camadas, tais como o rio do Pejuaba, rio Jaburu e rio Árabe para a All. As altitudes variam em torno de 950 m para 250 m, limitadas por escarpa erosiva com o planalto ocidental que apresenta altitudes bem menores. Correspondem às áreas da All com maiores declividades, classificadas como relevo montanhoso (45 a 75% de declividade).

### **Planalto Ocidental**

A unidade geomorfológica do Planalto da Ibiapaba em sua maior parte é caracterizada pela superfície arrasada, pediplanada, correspondendo ao Pediplano Central do Maranhão em termos litológicos e estruturais, por ser o setor oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

As altitudes variam de 80 m, nas proximidades do rio Parnaíba, até 950 m no reverso imediato da Ibiapaba, com uma inclinação aproximada entre 11° e 8° decrescendo rumo ao centro da bacia (RADAM BRASIL, 1973), evidenciando sulcos por consequência da incisão dos cursos d'água de padrão do tipo consequente, que correm segundo a inclinação da camada.

A drenagem é cataclinal, de direção E-O, orientando-se no sentido dos rios Longá e Parnaíba, que possuem estrutura ortoclinal em relação à estrutura da bacia sedimentar. As áreas de acumulação, inundáveis no período chuvoso, desenvolvem-se às margens destes rios e seus afluentes (rio Piracuruca, rio

Maratoã, rio Corrente, rio dos Matos), dando a falsa ideia da existência de planícies fluviais.

A considerável amplitude altimétrica e consequentes valores elevados para a declividade nesta unidade estão associados com as superfícies tabulares estruturais, que de algum modo foram mais resistentes ao intemperismo, porém também submetidas ao intenso processo de pedimentação. Abaixo temos o exemplo da borda leste da chapada arenítica limitada por rebordo festonado da Serra das Cangalhas (Figura 6.62).



**Figura 6.62. Aspecto tabular ruiniforme das camadas areníticas da Serra das Cangalhas (município de Piripiri/PI, comunidade Pé de Serra). Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nas proximidades do rio Longá, verifica-se a ocorrência de superfície pediplanada, rebaixada, com cerca de 60 m de altitude, prolongando-se ao longo de vales de rios cataclinais.

Destas superfícies rebaixadas sobressaem relevos residuais (formas tabulares estruturais, chapadas, *inselbergs* esporadicamente em formas colinosas) com

aproximadamente 200 m de altitude, claramente percebidos através do mapa altimétrico da região, recortado para a All deste projeto.

As formas tabulares em grupamento (Figura 6.63) ou isoladas estão distribuídas por toda a unidade, sendo caracterizadas como relevos residuais proeminentes em superfícies intensamente aplainadas.



**Figura 6.63. Registro fotográfico efetuado nas proximidades da obra de construção do Rodoanel de Teresina/PI (em evidência pelo maquinário operando) das formas de relevo residuais em grupamentos de mesas. Foto: CARUSO JR., 2013.**

## **Lagos de *playa***

No processo de pedimentação ocorre o entulhamento dos vales (com elevação do nível de base local), formando uma bacia intermontana. Nessas bacias comumente se acumulam espessuras de centenas de metros de aluviões, sendo denominados de *bolson* (CASSETI, 2005). A superfície da bacia consiste em leques aluviais coalescentes e é conhecida como *bajada*, proporcionando o mascaramento de toda irregularidade topográfica. Na parte mais baixa da *bajada* pode se originar um lago após chuva pesada e ao contexto pluvial associado ao clima seco (lago de *playa*).

No entorno do município de Campo Maior/PI, temos a existência desta forma de acumulação, conforme Figura 6.64, sendo caracterizada por concentração de lagoas temporárias e depósitos inconsolidados de pedimentos. Possivelmente esta formação está associada à dissecação relacionada à drenagem do rio Longá e seus

afluentes (rio Jenipapo e rio Surubim), responsáveis pelo mascaramento da irregularidade topográfica e formando lagos de *playa* nas partes mais baixas da *bajada*.



**Figura 6.64. Vasta área composta por grupamentos de lagos de *playa* nas proximidades de Campo Maior/PI (All, 1 km a noroeste do traçado da LT). Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Registro da concentração de lagoas temporárias e depósitos inconsolidados de pedimentos relacionados ao entulhamento do *bolson*, formando a *bajada* em evidência.

### 6.2.5.1.1.3 Superfície Sertaneja

A proposta desta denominação foi criada por Ab'Saber (1969) e também é chamada de superfície periférica pleistocênica pediplanada

De forma geral, representam formas aplainadas bem conservadas e elaboradas em rochas pré-cambrianas da depressão periférica (Figura 6.65). São extensas áreas recobertas por depósitos superficiais inconsolidados com muitas lagoas temporárias e drenagem intermitente.



**Figura 6.65. Aspecto geral da unidade geomorfológica Superfície Sertaneja. Registro obtido nas margens da Rodovia CE-321. Foto: CARUSO JR., 2013.**

A área conservada apresenta topografia plana (superfície pediplanada), com a densidade de drenagem fraca e à medida que vai se intensificando, surgem setores de relevos dissecados que interrompem a continuidade espacial da superfície conservada. Nessa superfície, os processos erosivos truncaram indistintamente os mais variados tipos de rochas, tanto do complexo cristalino, como rochas sedimentares.

Nesta unidade geomorfológica há a presença de várias áreas inundáveis, compreendidas por depressões de pequenos desníveis, possibilitando na estação chuvosa, a permanência da água em superfície e o aparecimento da cobertura de gramíneas. As elevadas taxas de evaporação conduzem a diminuições progressivas destas reservas de água, tendo, como consequência, o desaparecimento do tapete herbáceo de gramíneas, restando apenas arbustos esparsos.

Na Superfície Sertaneja, o padrão de drenagem é subdentritico e os cursos d' água não tem competência para promover um entalhe de maior significado, por ocasião da intermitência dos regimes fluviais intrinsecamente relacionados às condições climáticas de semiaridez.

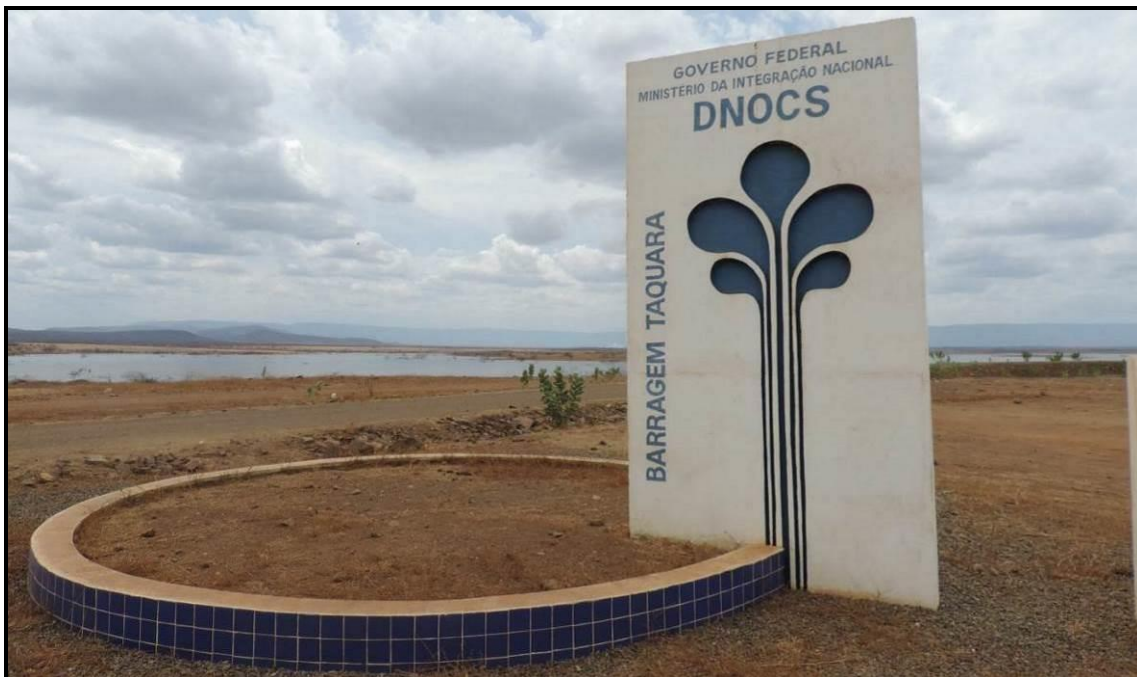
Destaca-se como centro regional, o município de Sobral no estado do Ceará, onde está localizada a Subestação Sobral III, situada em baixos níveis de terraços do rio Acaraú (Figura 6.66), próximo à confluência com o Riacho/Rio Jaibaras.



**Figura 6.66. Registro fotográfico do Rio Acaraú e sua planície fluvial, nas proximidades do núcleo urbano de Sobral. Foto: CARUSO JR., 2013.**

A peculiaridade do regime pluviométrico desta unidade, aliada a problemática das secas periódicas, levou a construção de grandes reservatórios públicos de água pelo órgão responsável (Departamento Nacional de Obras Contrás as Secas - DNOCS). Tem-se como exemplo a Barragem Taquara, evidenciada na Figura 6.67.





**Figura 6.67. Barragem Taquara no Riacho/Rio Jaibaras, construída pelo DNOCS na tentativa de solucionar o problema da falta de disponibilidade de recursos hídricos para a população na região. Foto: CARUSO JR., 2013.**

O relevo é predominantemente plano a suave ondulado (0 até 20% de declividades) com altitudes que variam de 280 m logo após a escarpa da Serra da Ibiapaba, decaindo até aproximadamente 60 m nos terraços fluviais do rio Acaraú, nos arredores do núcleo urbano de Sobral.

As maiores declividades e ressaltos topográficos estão associados aos relevos residuais de forma arredondada do pré-cambriano, os *inselbergs*, destacados no item 6.2.5.1.2.8.

### **6.2.5.1.2 Unidades de Relevo**

Considerando a escala de trabalho compatível com os objetivos propostos nesta abordagem geomorfológica para a LT 500 kV Presidente Dutra-Teresina II-Sobral III C3 e Subestações Associadas foi possível, por meio da integração/fotointerpretação de dados de sensoriamento remoto (declividade, hipsometria, rugosidade, textura), abordar as unidades de relevo mapeadas para as áreas de influência direta e indireta. Estes dados de sensoriamento remoto foram obtidos através do mapeamento realizado pela CPRM no Mapa Geoambiental dos

estados interceptados pelo empreendimento e disponibilizados pela NASA (Missão SRTM).

O mapeamento das unidades de relevo feito para o Mapa de Geodiversidade do Brasil (CPRM, 2006) levou em consideração:

- Parâmetros morfológicos e morfométricos que pudessem ser avaliados pelo instrumental tecnológico disponível - imagens LandSat GeoCover e Modelo Digital de Terreno e Relevo Sombreado (missão *SRTM*); além dos mapas de classes altimétricas; mapas de classes de declividade;
- Reinterpretação das informações existentes nos mapas geomorfológicos produzidos por instituições diversas, em especial, os mapas desenvolvidos no âmbito do Projeto RADAMBRASIL, em escala 1:1.000.000;
- Execução de uma série de perfis de campo, com o objetivo de aferir a classificação executada. Para cada um dos atributos de relevo, com suas respectivas bibliotecas, há uma legenda explicativa que agrupou características morfológicas e morfométricas gerais, assim como informações muito elementares e generalizadas quanto à sua gênese e vulnerabilidade frente aos processos geomorfológicos (intempéricos, erosivos e deposicionais).

A seguir serão descritas, sucintamente, as unidades de relevo mapeadas por CPRM (2006) para a área de influência indireta (AII) da LT, em consonância com as unidades geomorfológicas, seguindo a orientação de oeste para leste, partindo da Subestação Presidente Dutra em direção a Subestação Teresina II, até a Subestação Sobral III.

#### **6.2.5.1.2.1 Superfícies Aplainadas Degradadas (R3a2)**

São as superfícies suavemente onduladas, promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos e posterior retomada erosiva, proporcionadas pela incisão suave de uma rede de drenagem incipiente.

Caracteriza-se por extenso e monótono relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, pois apresenta amplitudes de relevo muito baixas e

longas rampas de muito baixa declividade, sendo considerada uma superfície de pouca relevância para o desencadeamento de processos erosivos.

Esta unidade está presente por toda a All, sendo a classe mais representativa com 24,61% de toda a All.

#### **6.2.5.1.2.2 Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos (R4a2)**

Relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com moderada suscetibilidade à erosão).

Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes. Esta unidade representa 10,02% da All.

#### **6.2.5.1.2.3 Vales Encaixados (R4f)**

Relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, fortemente sulcadas, declivosas, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus.

Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Consistem em feições de relevo fortemente entalhadas pela incisão vertical da drenagem, formando vales encaixados e incisos sobre planaltos e chapadas, estes, em geral, pouco dissecados.

Assim como as escarpas e os rebordos erosivos, os vales encaixados apresentam quebras de relevo abruptas em contraste com o relevo plano adjacente. Em geral, essas formas de relevo indicam uma retomada erosiva recente em processo de reajuste ao nível de base regional. Predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos, em geral, com alta suscetibilidade à erosão).

Esta classe está associada com o entalhamento do rio Pucumã e rio Itapecuru e apresenta o valor de 5,11% do total da All.

#### **6.2.5.1.2.4 Tabuleiros Dissecados (R2a2)**

Formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com relativa alta densidade de drenagem, apresentando relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados, vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes de dissecação fluvial recente.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrência de processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

A All deste empreendimento está intimamente relacionada com a unidade Vales Encaixados, ocorrendo sob a influência do rio Pucumã e rio Itapecuru e seus afluentes. Representa apenas 0,66% da área total da All, sendo pouco representativa.

#### **6.2.5.1.2.5 Tabuleiros (R2a1)**

Formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de "U", resultantes de dissecação fluvial recente. Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa ou moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas). Ocorre por vários trechos da All, sendo representada por 17,36% da All.

#### **6.2.5.1.2.6 Domínio de Colinas Amplas e Suaves (R4a1)**

Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas. Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

Esta unidade de relevo ocorre por vários trechos da LT, sendo representada por 17,49% da All.

#### **6.2.5.1.2.7 Planícies Fluviais ou flúvio-lacustres (R1a)**

Esta unidade de relevo corresponde ao domínio das unidades agradacionais, ou seja, é uma zona de deposição de sedimentos atual. As planícies fluviais são caracterizadas por serem superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais (Figura 6.66). Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis e bem drenados nos terraços. Os abaciamentos (ou suaves depressões em solos arenosos) em áreas planas ou em baixos interflúvios, denominados Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai) mapeadas pelo projeto RADAMBRASIL (1973 e 1981).

Associada localmente com o rio Parnaíba na Bacia Sedimentar do Parnaíba e riacho/rio Jaibaras e rio Acaraú na Superfície Sertaneja. Apresenta apenas 1,44% do total da All mapeada.

#### **6.2.5.1.2.8 Inselbergs (R3b)**

Relevos residuais isolados destacados na paisagem aplainada (Figura 6.68), remanescentes do arrasamento geral dos terrenos, típicas do domínio morfoclimático do semiárido. Ordinariamente sua evolução está associada ao intemperismo de climas secos, através de esfoliação esferoidal. Este termo, *Inselberg*, é originado do alemão onde: *insel* - ilha, *berg* - montanha. Foi proposto pelo alemão Friedrich Bornhardt em 1900 para caracterizar montanhas pré-cambrianas, geralmente monolíticas de gnaiss e granito. Assim, o *inselberg* é uma forma escultural, mas que reflete influências da estrutura e da litologia. Está mapeado na All, representando apenas 0,20% da sua área total.



**Figura 6.68. Relevo aplainado por pedimentação no semiárido com relevo residual (*inselbergs*) ao fundo. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Registro fotográfico efetuado no noroeste do município de Cariré, Al do empreendimento em questão.

#### **6.2.5.1.2.9 Superfícies Aplainadas Conservadas (R3a1)**

Relevo plano a levemente ondulado, gerado pelo arrasamento geral dos terrenos, representando, em linhas gerais, grandes extensões das depressões interplanálticas do território brasileiro.

Há o equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (a despeito das baixas declividades, prevalece o desenvolvimento de solos rasos e pedregosos e os processos de erosão laminar são significativos).

Mapeada localmente para as áreas que tem relação com os rios Longá e Piracuruca, na borda oriental da Bacia do Parnaíba, ocupando 10,96% da All.

#### **6.2.5.1.2.10 Domínio de Morros e Serras Baixas (R4b)**

Relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados. Também se insere nessa unidade o relevo de morros de topo tabular, característico das chapadas intensamente dissecadas e desfeitas em conjunto de morros de topo plano. Sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais.

Há o predomínio de processos de morfogênese (formação de solos pouco espessos em terrenos declivosos, em geral, com moderada a alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Geração

de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes e ocupa apenas 2,39% da All.

#### **6.2.5.1.2.11 Planaltos e Baixos Platôs (R2b)**

Esta unidade de relevo é caracterizada pela presença de superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares ou colinas muito amplas. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento e deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.

Há predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

A unidade Planaltos e Baixos Platôs representa apenas 0,41% do total da All.

#### **6.2.5.1.2.12 Escarpas Serranas (R4d)**

Esta unidade caracteriza-se como um relevo montanhoso e acidentado, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas, topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Representam um relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

Relevo associado com a Serra da Ibiapaba, sua cuesta festonada e seu reverso. Representa 1,64% do total da All.

#### **6.2.5.1.2.13 Chapadas e Platôs (R2c)**

São superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados. Os rebordos dessas superfícies, posicionados em cotas elevadas, são delimitados, em geral, por vertentes íngremes a escarpadas. Representam algumas das principais

ocorrências das superfícies cimeiras do território brasileiro. Franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Processos de morfogênese significativos nos rebordos das escarpas erosivas via recuo lateral das vertentes. Frequente atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

Relacionada com o relevo nas proximidades da Serra da Ibiapaba, sendo caracterizada como proposta limítrofe para o relevo, onde representa 5,65% da área total da All.

#### **6.2.5.1.2.14 Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta (R1c)**

Os cones de depósitos de tálus consistem em superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito mal selecionados. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos (Serra da Ibiapaba). Apresentam baixa capacidade de suporte e declividades que variam de 5° a 45° com alta suscetibilidade à erosão. Representa apenas 1,46% da All.

#### **6.2.5.2 Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Direta (AID)**

Para a AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, verificou-se que as unidades geomorfológicas ocorrentes são as mesmas que foram mapeadas para a All. Deste modo, temos as unidades do Pediplano Central do Maranhão, Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão (Planalto Ibiapaba) e a Superfície Sertaneja ao final da LT.

O Pediplano Central do Maranhão caracteriza-se pelo domínio de formas dissecadas pela superimposição da drenagem, formando topos tabulares com bordas abruptas que decaem para colinas amplas com declives suaves. Essa unidade ocorre por toda parte do traçado que atravessa o estado do Maranhão.

O Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão ocorre por todo segmento do traçado que corta o estado do Piauí, bem como no início do estado do Ceará. É representado por um conjunto de relevos de formas predominantemente tabulares. Apresenta desdobramento decorrente de formações sedimentares,



gerando um rebaixamento gradual por erosão até o rio Parnaíba. Nesta unidade, são comuns chapadas e relevos residuais em formas de mesas, com rebordos em *glint*.

De oeste para leste, a unidade geomorfológica da Superfície Sertaneja modela a parte final do traçado da LT, no estado do Ceará. De forma geral, representam formas aplainadas bem conservadas, elaboradas em rochas pré-cambrianas da depressão periférica. São extensas áreas recobertas por depósitos superficiais inconsolidados com muitas lagoas temporárias e drenagem intermitente.

No que tange as unidades de relevo que configuram a paisagem da AID, verificou-se que são praticamente as mesmas existentes para a AII, com a exceção dos Planaltos e Baixos Platôs (R2b). Sendo assim, há 13 unidades de relevo: Superfícies Aplainadas Degradadas, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados, Tabuleiros, Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Planícies Fluviais, Inselbergs, Superfícies Aplainadas Conservadas, Domínio de Morros e Serras Baixas, Escarpas Serranas, Chapadas e Platôs e Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta.

As Superfícies Aplainadas Degradadas estão presentes em 25,32% da AID. Caracterizam-se por um extenso e monótono relevo suave ondulado, sendo considerada uma superfície de pouca relevância para o desencadeamento de processos erosivos.

O Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos representam 10,60% da AID. Esta unidade possui um relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexas e côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sofre atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas).

A unidade Vales Encaixados configura-se por ter um relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, fortemente sulcadas, declivosas, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Ocorrem em 6,07% da AID, e possui alta susceptibilidade à erosão.

Os Tabuleiros Dissecados modelam 0,01% da AID. Apresentam formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com relativa alta densidade de drenagem, onde apresenta relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados, vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes de dissecação fluvial recente. Possui baixa a moderada suscetibilidade à erosão.

Os Tabuleiros apresentam formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de "U". Ocupam 16,38% da AID e possuem baixa a moderada suscetibilidade à erosão.

O Domínio de Colinas Amplas e Suaves possui um relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Está presente em 17,28% da AID.

As Planícies Fluviais estão mapeadas em 0,86% da AID. São caracterizadas por serem superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Apresentam terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis e bem drenados nos terraços.

Os *Inselbergs* referem-se a formas de relevos residuais isolados, destacados na paisagem aplainada. Esta unidade foi designada para caracterizar montanhas pré-cambrianas, geralmente monolíticas de gnaiss e granito. Ocorrem em 0,14% da AID.

As Superfícies Aplainadas Conservadas estão presentes em 12,01% da AID. Caracterizam-se pelo relevo plano a levemente ondulado, gerado pelo arrasamento geral dos terrenos, onde há o equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese.

O Domínio de Morros e Serras Baixas apresenta um relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados. Também ocorrem morros

de topo tabular, característico das chapadas intensamente dissecadas. É encontrado em 2,66% da AID e possui moderada a alta suscetibilidade à erosão.

As Escarpas Serranas caracterizam-se pelo relevo montanhoso e acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas, topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Representam 2,16% da AID.

As Chapadas e Platôs configuram 5,36% da AID. Possuem superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados. Os rebordos dessas superfícies, posicionados em cotas elevadas, são delimitados, em geral, por vertentes íngremes a escarpadas.

A última unidade de relevo presente na AID, Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta (0,95% da AID), apresenta declividades que variam de 5° a 45° com alta suscetibilidade à erosão. Os cones de depósitos de tálus consistem em superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito mal selecionados.

### **6.2.5.2.1 Processos Erosivos**

A paisagem é a natureza integrada e deve ser compreendida como síntese dos aspectos físicos e sociais, sendo importante conhecer a dinâmica, aleatoriedade e atuação em diferentes escalas, espaciais e temporais (GUERRA e MARÇAL, 2010).

Partindo desse pressuposto, temos a erosão como um fenômeno natural importante na dinâmica dos aspectos físicos, através do qual a superfície terrestre é desgastada e afeiçoada por processos físicos, químicos e biológicos de remoção, que modelam a paisagem (SUGUIO, 2003). Na região atravessada pela LT, as chuvas ocorrem com grande intensidade e são concentradas em um curto período de tempo, o que agrava ainda mais o processo erosivo, devido ao forte impacto das gotas de chuva (MARTINS *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2010).

No decorrer dos estudos e trabalhos de campo executados pelos técnicos da CARUSO JR., foi possível notar mudanças nos padrões de relevo, conforme o traçado da linha de transmissão avança em direção à calha do rio Parnaíba e

posteriormente atinge a borda leste da Bacia Sedimentar do Parnaíba (Serra da Ibiapaba), culminando no relevo periférico arrasado da Superfície Sertaneja de rochas cristalinas.

Tendo em vista a instalação da LT, se fazem notáveis os pontos de passagem na Serra da Ibiapaba e a presença de formas tabulares, onde encostas abruptas (geralmente cornijas areníticas) podem desencadear o processo de queda de blocos por termoclastia.

Relacionado com o clima atuante na região, temos depósitos de tálus, erosão linear (sulcos como na Figura 6.69, ravinas e voçorocas) e erosão laminar, processo de escoamento superficial uniforme, muito comum nos períodos chuvosos.



**Figura 6.69. Processo de erosão linear - sulcos no município de Teresina/PI - AID da LT. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Somando-se aos processos naturais provenientes da própria dinâmica do relevo, encontram-se os processos erosivos provocados pela ação antrópica. Esta ação antrópica está associada ao mau uso do solo, capaz de iniciar o desencadeamento e aceleração das mesmas feições erosivas pela supressão indiscriminada da vegetação, movimentação de terra sem as devidas medidas de controle e ocupação urbana desordenada.

Goudie *apud* Guerra e Marçal (2010) aponta para o risco da ocorrência dos processos erosivos (Figura 6.70), quando há mudança substancial da cobertura do

solo, sendo importante avaliar os processos de erosão acelerada relacionadas ao período chuvoso.



**Figura 6.70. Ravinamento diagnosticado na estrada de acesso para área de influência direta (AID), nas proximidades de Ibiapina/CE. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Por conta dessas características, devem-se observar as especificidades das etapas de construção da LT, bem como levar em conta desníveis abruptos em tabuleiros, chapadas e na passagem pela Serra da Ibiapaba para a Superfície Sertaneja.

### **6.2.6 Paleontologia**

Neste item consta o levantamento paleontológico realizado para a Área de Influência Direta - AID do meio físico, faixa de 500 m para cada lado do eixo do traçado, referente à área onde se pretende instalar a Linha de Transmissão 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas.

Este estudo técnico científico visa atender às legislações ambientais pertinentes, bem como ao item 6.2.5 do TR/IBAMA.

As áreas de alto potencial paleontológico encontram-se inseridas na Província do Parnaíba e abrange a maior parte dos estados do Piauí e Maranhão, assim como pequenas porções do Ceará, Tocantins e Pará, possuindo um potencial fossilífero bem conhecido, embora pouco explorado. Esta província documenta vários períodos da Era Paleozoica e têm aportado fósseis que constituem importantes registros da vida na Terra, tais como invertebrados marinhos do Período Devoniano e árvores petrificadas do Período Permiano, alguns dos quais não ocorrem em outras partes do planeta. Por este motivo, o estudo e a proteção deste patrimônio se faz necessário. Tendo isto em consideração, juntamente com vistas a avaliar os possíveis impactos das atividades dos empreendimentos citados na área em questão, tornou-se necessária a execução da presente investigação na área objeto de estudo.

Nesse contexto, foi realizada uma prospecção sistemática em toda a área de potencial fossilífero abarcada na AID, definida posteriormente, para a possível identificação de fósseis e estabelecimento de meios de mitigação de impactos ao patrimônio paleontológico local.

As atividades de consolidação do diagnóstico paleontológico foram executadas em duas etapas, a saber:

- **Trabalhos de campo**

Após o levantamento da literatura geológica e paleontológica disponível, procedeu-se a avaliar as áreas de maior potencial paleontológico, informações disponibilizadas por meio do Mapa de Potencial Paleontológico, apresentado no Caderno de Mapas. O critério utilizado foi a presença de rochas sedimentares no local, as quais se formam em condições que geralmente possibilitam a preservação de organismos no seu interior, que, ao serem recobertos por sedimento, podem passar pelo processo de fossilização. Estas ocorrem em grande parte da área do empreendimento, com destaque especial à Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Para localizar alvos de prospecção, foram analisadas imagens de satélite, através do programa Google Earth®, por meio das quais foram prospectadas áreas onde a erosão estivesse expondo as rochas sedimentares da Província do Parnaíba. Também se buscou localizar tanques e “cacimbas”, pequenos corpos de água, acumulados em depressões localizadas no escudo cristalino da Província de Borborema. Estes depósitos, bastante pontuais, podem albergar vestígios da Megafauna do Período Quaternário. Durante as atividades de campo procedeu-se a percorrer, por caminhamento, os diferentes alvos escolhidos. Uma vez localizados fósseis de importância em um determinado local, procedeu-se a estabelecer uma “estação de coleta” nesse ponto, tomando coordenadas geográficas (Datum: SIRGAS 2000), coletando e/ou fotografando os fósseis mais significantes próximos dessa estação.

- **Trabalhos em laboratório**

Na etapa de laboratório procedeu-se à limpeza e conservação das amostras. A limpeza foi realizada utilizando-se de escovas e pincéis finos, agulhas e, em alguns casos, água corrida. Espécimes fragmentários foram colados usando-se o polímero Acriloid-B72 diluído 20% em acetona. Após a etapa de limpeza e conservação, procedeu-se a documentar fotograficamente os fósseis, e a realizar identificações taxonômicas, por comparação com a literatura científica disponível e com espécimes armazenados na coleção do Laboratório de Paleontologia da UFPI/CCN, em Teresina/PI.

### **6.2.6.1 Contexto paleontológico da área de estudo**

#### **6.2.6.1.1 Bacia do Parnaíba**

A área de estudo compreende na sua maior parte a Bacia do Parnaíba e uma pequena porção de terrenos de rochas ígneas e metamórficas da Província de Borborema. A Bacia do Parnaíba *strictu sensu* possui um rico registro fossilífero que cobre boa parte da Era Paleozoica, com evidências paleontológicas desde o Siluriano até o Permiano (SANTOS & CARVALHO, 2009).

### 6.2.6.1.2 Bacias de Grajaú e Alpercatas

As rochas destas bacias, localizadas na sua quase totalidade no estado do Maranhão, compreendem deposições pós-Triássicas relacionadas com o evento de rifte que separou a América do Sul da África, culminando no surgimento e expansão do Oceano Atlântico. Seu conteúdo fossilífero é escasso ou pouco conhecido.

#### 6.2.6.1.3 Depósitos de tanques

Na região Nordeste, alguns fósseis da Época Pleistocena (2,58 Ma - 11 mil anos) ficaram preservados em depósitos de tanques. Estes tanques formaram-se em pequenas depressões, bastante pontuais, do embasamento cristalino (Idade Pré-Cambriana, mais de 541 Ma) da Província de Borborema. São estruturas de formato arredondado, que acumulam água pluvial. No seu interior são encontrados sedimentos quaternários e, frequentemente, ossos de megafauna pleistocênica, além de restos de pequenos mamíferos, répteis, aves, conchas de gastrópodes e vegetais (XIMENES, 2008).

### 6.2.6.2 Ocorrência de vestígio fósseis

Durante o decorrer das prospecções paleontológicas realizadas na AID do empreendimento foram reconhecidas quatro áreas fossilíferas, as quais são descritas neste item. Dez estações de coleta foram estabelecidas (Tabela 6.7).

**Tabela 6.7. Conteúdo fossilífero das áreas paleontológicas (APs) reconhecidas e estações de coleta (ECs).**

AP	EC	Latitude	Longitude	Altitude	Geologia e Idade	Fósseis	Observações
1	1	5°16'20.50"S	44°28'35.93"O	118 m	Formação Codó, Período Cretáceo	icnofóssil <i>Planolites</i>	Dois pequenos blocos foram coletados.
	2	5°15'27.06"S	42°47'31.79"O	108 m		esteiras bacterianas	Quatro níveis de esteiras <i>in situ</i> .
2	3	5°15'28.79"S	42°47'30.94"O	90 m	Formações Pedra de Fogo e Motuca, Período Permiano	planta vascular	Pequeno caule, <i>ex situ</i> .
	4	5°15'31.33"S	42°47'33.78"O	88 m		oólitos	Camada de rochas oolíticas.
	5	5°15'32.65"S	42°47'30.61"O	93 m		samambaia e estromatólito	Porção de caule de samambaia arborescente. Estromatólito.
	6	5°15'31.61"S	42°47'28.39"O	91 m		plantas vasculares	Pequenos caules em abundância, provavelmente samambaias.



AP	EC	Latitude	Longitude	Altitude	Geologia e Idade	Fósseis	Observações
	7	5°15'35.64"S	42°47'23.86"O	85 m		estromatólitos	Estromatólitos colunares, de tamanhos variados.
	8	5°15'34.81"S	42°47'23.02"O	90 m		plantas vasculares	Alguns fragmentos de caules.
3	9	4°59'3.18"S	42°27'41.73"O	171 m	Formação Piauí, Período Carbonífero	icnofóssil <i>Arenicolites</i>	Vários icnofósseis na Formação Piauí. Algumas rochas da F. Pedra de Fogo aflorantes, portadoras de oólitos.
4	10	4° 7'4.20"S	41°24'49.70"O	112 m	Formação Itaim, Período Devoniano	icnofósseis	<i>Planolites</i> e icnofósseis não-identificados.

**Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

A seguir são apresentados os resultados obtidos por meio do levantamento paleontológico realizado na AID do empreendimento.

#### 6.2.6.2.1 Área Paleontológica 1 (AP1)

Está localizada no município de Presidente Dutra/MA (Figura 6.71). Trata-se de uma pequena área no entorno da Subestação de Presidente Dutra. Encontra-se 250 m ao sudeste da referida subestação, e o acesso é efetuado por estrada carroçal, denominada Av. Idalgo Martins de Silveira. Esta estrada divide o afloramento ao meio, e um açude delimita a margem sudeste do sítio. No local afloram pelitos, cobertos por uma fina camada laterítica. Devido ao tamanho reduzido do afloramento na AP1 é difícil reconhecer características sedimentares que permitam classificá-lo como uma formação geológica específica. Contudo, as rochas portadoras de fósseis exibem folhelhos, pelos quais são atribuíveis à Formação Codó, a qual tem sido mapeada nesta região (IBGE, 2011).

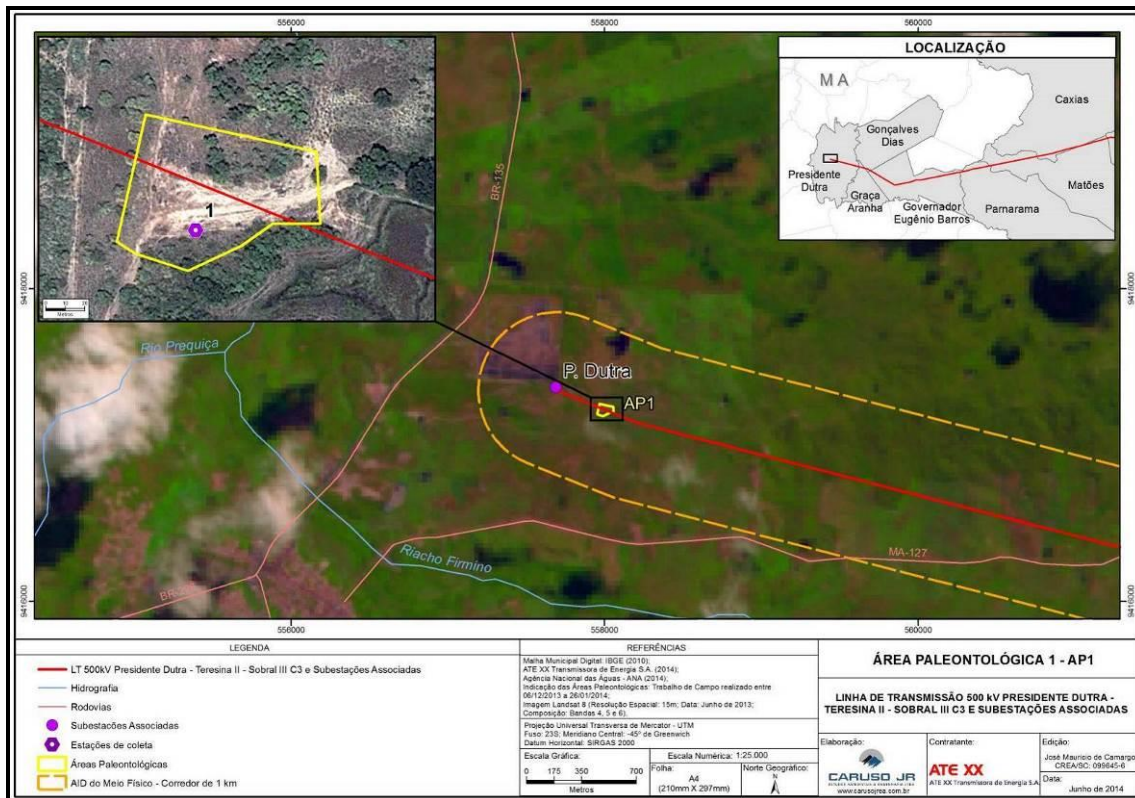


Figura 6.71. Localização da AP1 (polígono amarelo), e a Estação de Coleta 1, em Presidente Dutra/MA. Elaboração: CARUSO JR, 2014.

### 6.2.6.2.1.1 Icnogênero *Planolites*

O icnofóssil *Planolites* é caracterizado por escavações com formato meandrante, com orientação horizontal ou ligeiramente oblíqua em relação ao estrato (FERNANDES *et al.*, 2002). Este atribuído ao resultado de atividades de alimentação de invertebrados aquáticos com formato de verme. *Planolites* é um icnofóssil de porte reduzido, seus tubos não são bifurcados, e podem se entrecruzar, embora isto seja considerado raro, sua secção transversal é oval e com preenchimento de material diferente da rocha matriz (FERNANDES *et al.*, 2002). Foi reconhecida uma pequena concentração destes icnofósseis, os quais possuem em média 1 mm de largura e comprimentos de 2 mm a 10 mm. Foram coletados dois pequenos blocos de rocha contendo numerosos espécimes, na Estação de Coleta 1 (Figura 6.72). Não se conhecem registros na literatura para a ocorrência deste icnofóssil na Bacia de Grajaú, embora existam reportes para a Bacia do Parnaíba *sensu stricto* (FERNANDES *et al.*, 2002).

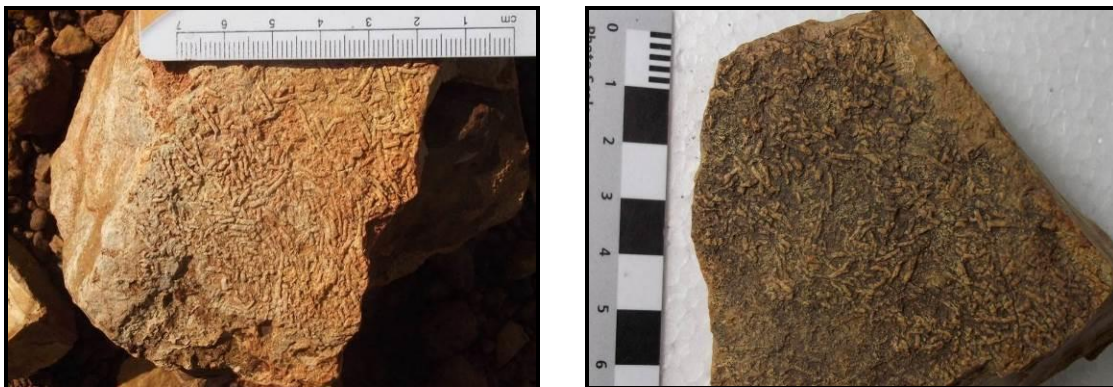
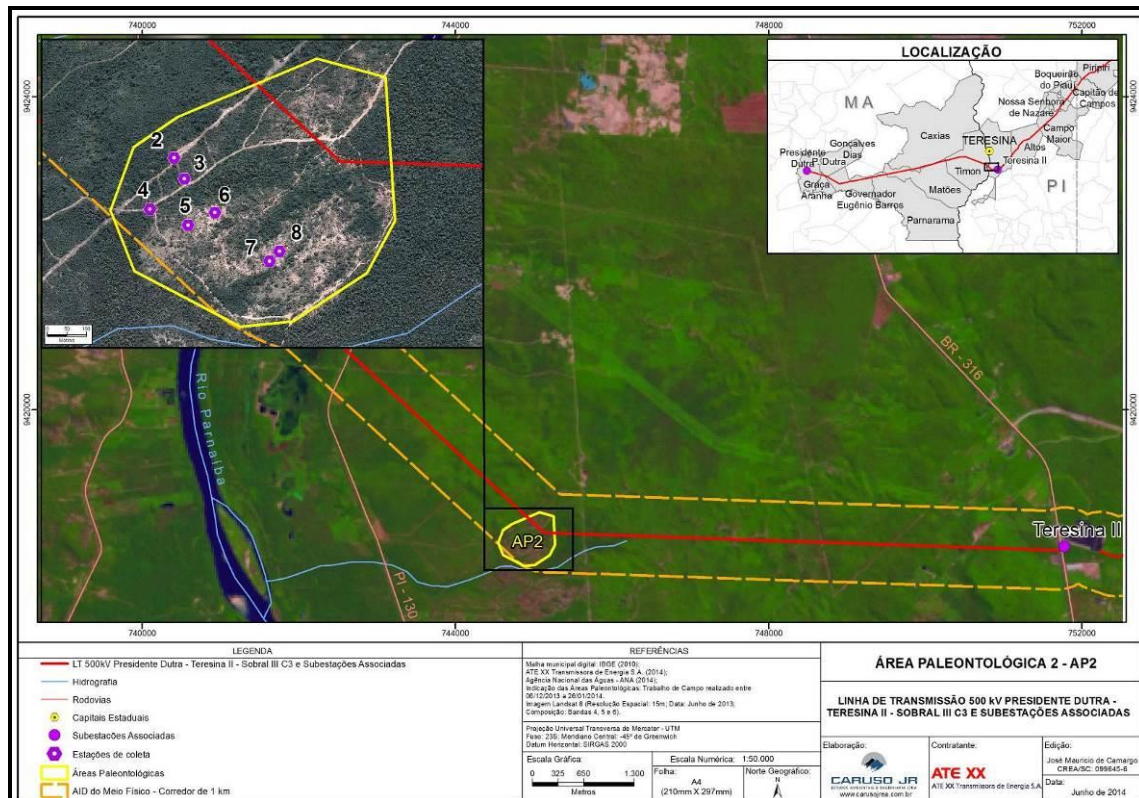


Figura 6.72. Icnofóssil *Planolites* (à esquerda) e Icnofóssil *Planolites* (à direita), ambos encontrados na Estação de Coleta 1, AP1, Presidente Dutra/MA. Fotos: CARUSO JR., 2013.

#### 6.2.6.2.2 Área Paleontológica 2 (AP2)

Esta localidade é a mais rica dentre as áreas paleontológicas reconhecidas dentro da AID do empreendimento. A área paleontológica está situada no município de Teresina/PI, apenas 18 km ao sul da sede do município e capital do estado. O acesso é feito pela PI-130, prosseguindo 1,5 km em direção leste através de uma estrada de terra. No local afloram as formações Pedra de Fogo e Motuca, ambas consideradas de idade Permiana (250-300 Ma). A primeira pode ser reconhecida pela extensa presença de rochas oolíticas e pisolíticas, além de camadas de sílex (PLUMMER, 1948; SANTOS & CARVALHO, 2009), enquanto que a segunda, é representada por arenitos fluviais com coloração laranja tijolo e concreções de sílex (PLUMMER, 1948). No total, foram reconhecidos fósseis em sete estações de coleta (Figura 6.73).



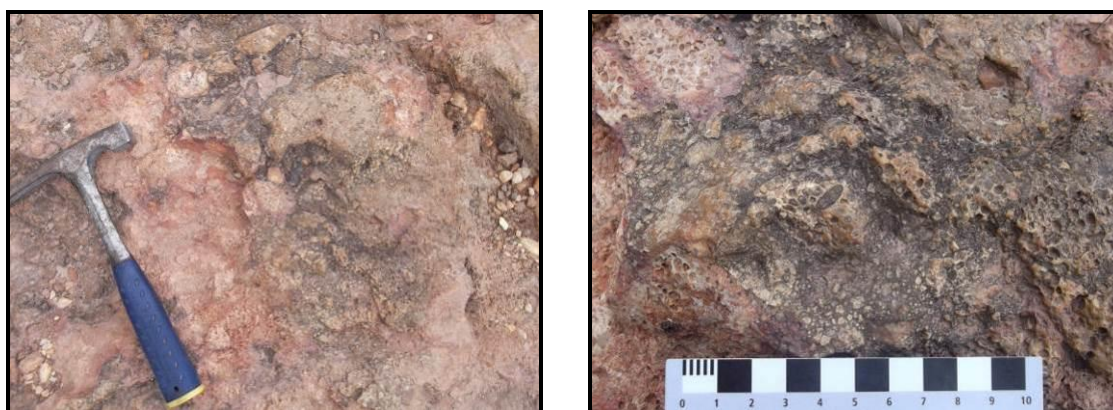
**Figura 6.73. Localização da AP2 e estações de coleta associadas, Teresina/PI. Elaboração: CARUSO JR., 2013.**

### 6.2.6.2.2.1 Microbialitos: Oólitos e pisólitos

Os oólitos e pisólitos podem ser definidos como pequenos elementos de formato elíptico, compostos predominantemente por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), cujo agrupamento forma rochas sedimentares. O termo oólito é usado para grãos entre 0,2-2 mm, enquanto os elementos com maiores dimensões, entre 2-10 mm, são conhecidos como pisólitos. Tradicionalmente, oólitos e pisólitos têm sido considerados como estruturas resultantes de processos meramente químicos, produzidos pela deposição espontânea de sais minerais no fundo de ambientes aquáticos rasos, supersaturados e turbulentos, tendo adquirido o seu formato ovoide devido ao vaivém das ondas. Contudo, teorias recentes (BREHM *et al.*, 2004; PACTON *et al.*, 2012) têm proposto uma origem biológica para os oólitos, por meio da participação de microrganismos fotossintetizantes, os quais seriam responsáveis pela deposição de carbonatos, em ambientes aquáticos não necessariamente turbulentos. Nesse sentido, os oólitos e pisólitos podem ser

interpretados como um tipo de *microbialito*. Este termo é geralmente usado para denominar depósitos organo-sedimentares formados pelo acúmulo de minerais por parte de microrganismos que habitam o fundo de corpos de água. Exemplos de microbialitos são os estromatólitos e as esteiras bacterianas (ver itens 6.2.6.2.2.2 e 6.2.6.2.2.3).

As rochas oolíticas e pisolíticas são características da Formação Pedra de Fogo, com depósitos ocorrendo em abundância nos estados do Maranhão e Piauí. Esta rocha é muito utilizada localmente na indústria da construção, em ruas, calçamentos e usos ornamentais, sendo popularmente conhecida como “cabeça de jacaré”. Oólitos e pisólitos foram identificados em outras áreas ao longo deste estudo dentro da AID do empreendimento, contudo, devido à sua abundância na Bacia do Parnaíba, e importância científica relativamente menor, esses locais não foram considerados como áreas paleontológicas significantes. Na AP2, contudo, os oolíticas e pisolíticas ocorrem próximos a outros fósseis de maior significância e raridade. Eles foram observados ao longo de grande parte da AP2, ocorrendo em maior abundância na Estação de Coleta 4 (Figura 6.74).



**Figura 6.74. Oólitos e pisólitos (à esquerda) e detalhe da ocorrência de Oólitos e pisólitos (à direita). Estação de Coleta 4, AP2, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014.**

#### **6.2.6.2.2.2 Microbialitos: Esteiras bacterianas**

Estes fósseis são o resultado da progressiva acumulação de carbonato de cálcio por cianobactérias (“algas azuis”), as quais formam tapetes de até alguns centímetros de espessura no fundo de corpos de água. Estas estruturas podem ser também conhecidas como “esteiras algálicas”, embora o termo esteja caindo em desuso.

As esteiras ou tapetes bacterianos correspondem ao estágio inicial de desenvolvimento de estruturas mais complexas denominadas estromatólitos (SILVA *et al.*, 2007a). Tanto as esteiras bacterianas quanto os estromatólitos (ver item 6.2.6.2.2.3) constituem os fósseis mais antigos conhecidos no planeta. Como os organismos produtores destas estruturas são fotossintetizantes, a sua presença é indicadora de ambientes aquáticos rasos durante a deposição sedimentar desta unidade, podendo evidenciar lagoas ou eventos de transgressão marinha. A presença de esteiras bacterianas está documentada para a Formação Pedra de Fogo (SANTOS & CARVALHO, 2009). Na AP2, foram observadas esteiras bacterianas na Estação de Coleta 2 (Figura 6.75), em níveis próximos ao contato entre as Formações Pedra de Fogo e Motuca. Pelo menos quatro camadas de esteiras bacterianas foram reconhecidas (Figura 6.75), com espessuras de aproximadamente 10 mm, possuindo coloração cinza claro, contrastando com os pelitos arroxeados da Formação Pedra de Fogo neste local.



**Figura 6.75.** À esquerda, esteiras bacterianas na Formação Pedra de Fogo (pelito arroxeadado), próximas ao contato com a Formação Motuca (arenito laranja) e à direita, detalhe da ocorrência de esteiras bacterianas. Estação de Coleta 2, AP2, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.6.2.2.3 Microbialitos: Estromatólitos

Os estromatólitos são formados principalmente pela atividade biológica de comunidades de cianobactérias, a partir da precipitação de carbonato de cálcio sobre esteiras bacterianas (ver item 6.2.6.2.2.2). As cianobactérias capturam o carbonato de cálcio dissolvido na água durante a fotossíntese, provocando a precipitação de sais, que ficam aderidas ao muco que forma as colônias de

bactérias (SILVA *et al.*, 2007b). Os estromatólitos são estruturas mais complexas que as esteiras bacterianas, podendo assumir arquiteturas colunares, nodulares, cônicos, ramificados e estratiformes, constituindo, assim, verdadeiros recifes formados por microrganismos. Embora formadas inicialmente por cianobactérias, as colônias maduras de estromatólitos podem abrigar outros organismos no seu interior, tais como organismos anaeróbios. Os estromatólitos constituem as mais antigas evidências de vida no planeta, sendo reportados com antiguidades de até 3,5 bilhões de anos, na Austrália e na África do Sul (SILVA *et al.*, 2007b). O auge de predominância dos estromatólitos deu-se nos períodos Arqueano e Proterozoico, nos quais são frequentes em águas marinhas rasas. Após o Proterozoico (541 Ma) tornam-se muito mais restritos, por sofrerem pressão pelos organismos multicelulares formadores de recifes que surgiram no final do Proterozoico.

Estromatólitos modernos podem ser observados em diversas partes do mundo, na Austrália, México, Belize, Canadá, Turquia, e outro países, principalmente em lagoas de origem marinha e lagos hiper-salgados, porém, nas Bahamas, há o único caso conhecido de estromatólitos em ambiente marinho aberto. No Brasil, estromatólitos atuais são encontrados em lagoas salgadas no estado do Rio de Janeiro (SRIVASTAVA, 2002; SILVA, *op. cit.*). Devido aos ambientes atuais de ocorrência de estromatólitos, eles são interpretados no registro fóssil pós-Proterozoico como indicadores de ambientes extremos, especialmente de lagoas hipersalinas e hiperalkalinas. Na Formação Pedra de Fogo, a presença de estromatólitos fósseis tem sido notada por Faria & Truckenbrodt (1980), para o Membro Sílex Basal e o Membro Médio desta unidade geológica. Estes estromatólitos foram descritos como sendo colunares e levemente ondulados. No presente estudo, foram reconhecidos estromatólitos nas Estações de Coleta 5 e 7 (Figura 6.76). Estes se encontram silicificados, possuindo aproximadamente 4 cm de altura, e mostrando uma estrutura levemente ondulada, colunar, comparável com os reportados previamente para esta formação geológica (FARIA & TRUCKENBRODT, 1980).



**Figura 6.76. Estromatólito da Formação Pedra de Fogo, Período Permiano. Proveniente da Estação de Coleta 7, AP2, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014.**

#### 6.2.6.2.2.4 Reino Plantae, Divisão Tracheophyta, Classe Filicopsida

Esta classe compreende as espécies conhecidas popularmente como samambaias. É um grupo de plantas cujos registros mais antigos datam do Devoniano Inferior (410 Ma) e se mantém bastante diversificado até os dias de hoje (IANNUZZI & VIEIRA, 2005). As samambaias são plantas vasculares, possuem folhas simples ou compostas, e caules revestidos com raízes adventícias, as quais contribuem a sustentar a sua estrutura. As suas folhas estão divididas em vários eixos, sendo que os eixos terminais sustentam as pínulas, ou folíolos de última ordem (IANNUZZI & VIEIRA, 2005). Diferentemente das plantas lenhosas, as quais constituem a maioria das plantas de grande porte na atualidade, as filicópsidas ou samambaias não possuem anéis de crescimento. As samambaias podem viver em uma grande variedade de habitats, porém, têm uma preferência por ambientes marginais, úmidos.

Na AP2 foram observadas numerosas plantas fósseis (Figura 6.77), tendo sido coletadas amostras nas Estações 3, 5, 6 e 8. Todos os espécimes consistem de pequenos caules (troncos) com larguras aproximadas entre 1 cm e 7 cm. A Estação de Coleta 6 é a que mostra a maior concentração destes fósseis. Estes pequenos troncos encontram-se no geral preservados pelo processo de silicificação. Devido a danos produzidos pela ação do intemperismo, as características anatômicas que permitiriam a melhor identificação destes fósseis são de difícil visualização. Contudo, em alguns espécimes é possível observar, em corte, a presença de feixes de raízes adventícias, através do qual é possível estabelecer que correspondem a



samambaias. Muitos destes fósseis estão presentes, *ex situ*, ou seja, rolados, sobre camadas pertencentes à Formação Pedra de Fogo. Contudo, eles ocorrem em maior número nos arenitos da Formação Motuca, pelo qual se infere que sejam provenientes desta unidade geológica. O registro de plantas fósseis no Permiano da Bacia do Parnaíba é rico, sendo conhecido desde as primeiras pesquisas na região, quando foi identificada a samambaia arborescente *Psaronius* (LISBOA, 1914; PLUMMER, 1948) às margens do rio Poti, em Teresina/PI, e em diversas localidades no Piauí e no Maranhão. Entre os sítios com plantas fósseis desta idade na bacia, cabe destacar o Monumento das Árvores Fossilizadas do Tocantins (DIAS-BRITO *et al.*, 2007), no município de Filadélfia, com predominância de samambaias; e a Floresta Fóssil do Rio Poti em Teresina/PI (CALDAS *et al.*, 1989), na qual ocorrem muitos troncos de gimnospermas (o grupo de plantas que inclui os pinheiros e as araucárias) em posição de vida (na vertical), e no qual foi descoberta uma espécie que recebeu o nome de *Teresinoxylon* em homenagem à cidade de Teresina. Ambos os sítios estão protegidos em nível federal, o primeiro tendo sido declarado Monumento Natural, e o segundo tendo sido tombado pelo IPHAN.

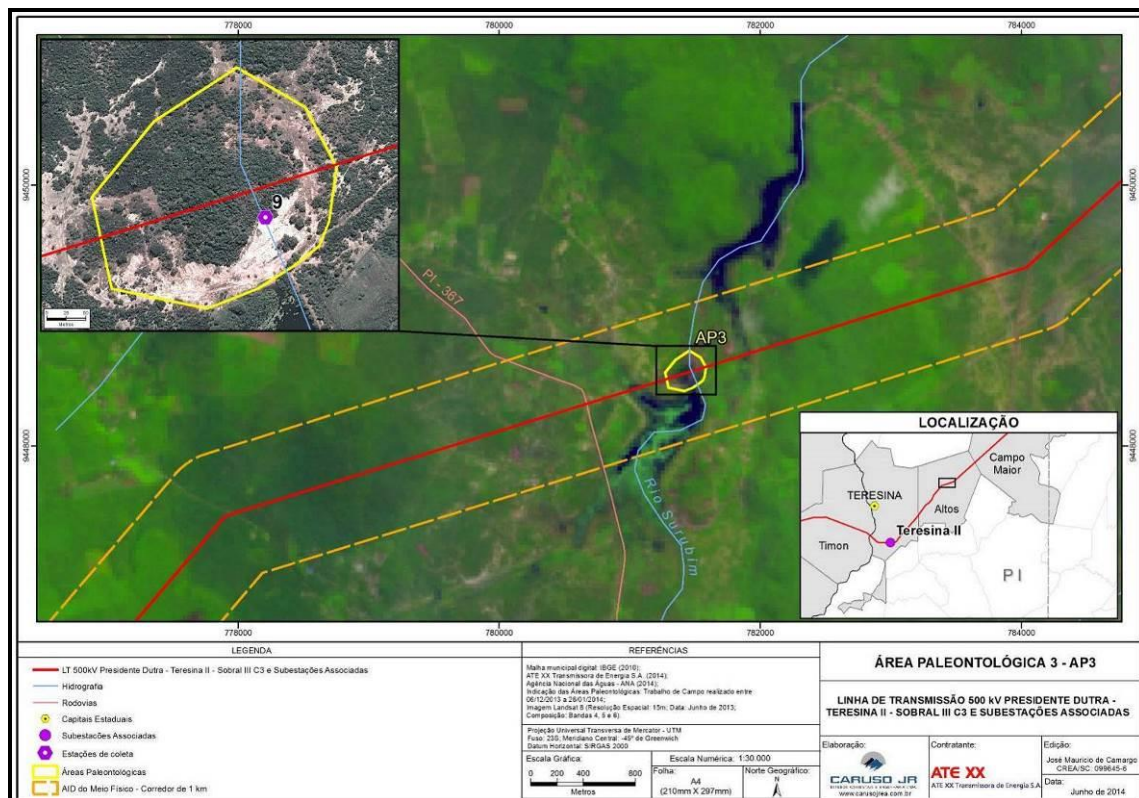


**Figura 6.77. Vista geral da Estação de Coleta 6 (à esquerda) e caules fósseis, localizado na AP2. Formação Motuca, Período Permiano, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014.**

### 6.2.6.2.3 Área Paleontológica 3 (AP3)

Esta área paleontológica (Figura 6.78) está situada no município de Altos/PI, 6 km ao norte da sede do município. O acesso é feito pela PI-223, prosseguindo 1,8 km NE por estradas vicinais. O sítio está localizado nas encostas de um pequeno

morro, sendo delimitado ao sul por um açude e ao norte por mata e cocais. No local aflora a Formação Piauí, de idade carbonífera (SANTOS & CARVALHO, 2009). Esta pode ser identificada pela presença de arenitos de cor laranja claro/róseos, e estratificação cruzada acanalada, os quais são atribuídos à parte mais basal desta unidade geológica (SANTOS & CARVALHO, 2009). Na parte superior do pacote é observado um pequeno intervalo com oólitos e silexitos, indicando fácies características da Formação Pedra de Fogo. No topo do morro em questão há uma cobertura laterítica, que retrabalhou clastos de oólitos e silexito da Formação Pedra de Fogo. Os fósseis reconhecidos no local estão representados pelo icnogênero *Arenicolites* e em menor medida, pelos oólitos.



**Figura 6.78. AP3, e Estação de Coleta 9, Formação Piauí, Período Carbonífero, Altos/PI. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

### 6.2.6.2.3.1 Icnogênero *Arenicolites*

O registro paleontológico está representado principalmente pela presença dos icnofósseis *Arenicolites* (Figura 6.79). Estes estão presentes nos arenitos da Formação Piauí, e foram observados em grande número, sendo isto considerado

como um fenômeno comum nesta formação geológica, na qual *Arenicolites* é visto comumente associado a sua fácies eólica (SANTOS & CARVALHO, 2009), e pode ser reconhecido pela presença de aberturas pares, que evidenciam as duas saídas de um pequeno tubo em forma de U. Os *Arenicolites* podem representar um registro de habitação de pequenos organismos, provavelmente crustáceos (FERNANDES *et al.*, 2002), que se refugiavam em ambientes de interdunas.

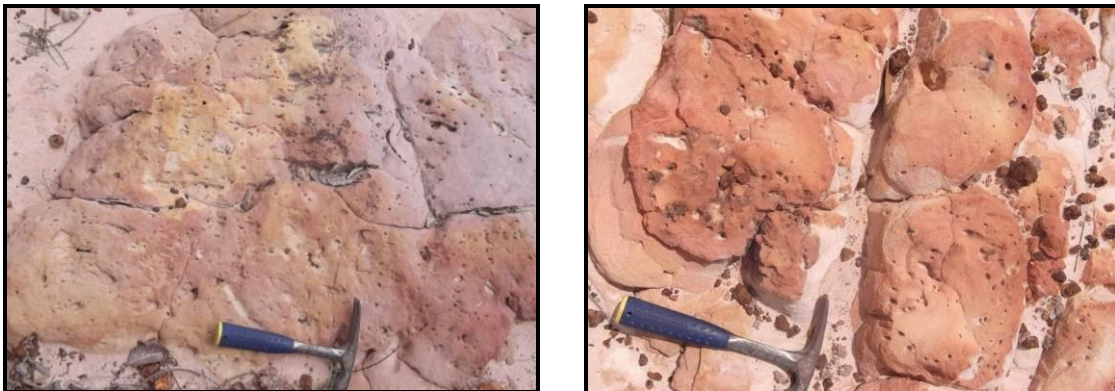


Figura 6.79. Icnogênero *Arenicolites*, na Estação de Coleta 9, AP4, Formação Piauí, Período Carbonífero, Teresina/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014.

#### 6.2.6.2.3.2 Microbialitos: Oólitos

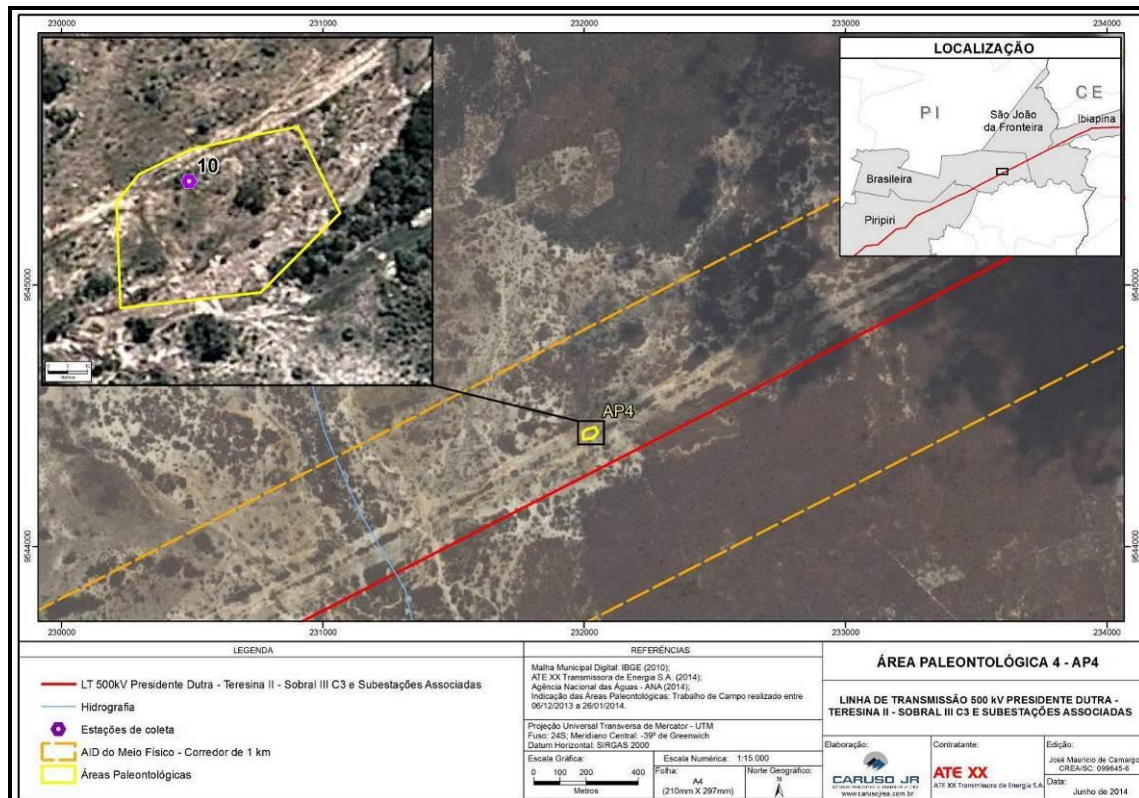
Os oólitos foram caracterizados no item 6.2.6.2.2.1. Na AP3, eles ocorrem na Formação Pedra de Fogo (Figura 6.80), e em clastos retrabalhados pela cobertura detrito-laterítica que está presente nas partes mais altas do local. Como mencionado anteriormente, estes microbialitos ocorrem em superabundância na Formação Pedra de Fogo e constituem um registro de menor importância científica.



**Figura 6.80. Oólitos, 75 m ao leste da Estação de Coleta 9, AP3, Formação Pedra de Fogo, Período Permiano, Altos/PI. Foto: CARUSO JR., 2014.**

#### **6.2.6.2.4 Área Paleontológica 4 (AP4)**

Este pequeno sítio (Figura 6.81) localiza-se no município de Brasileira/PI. O acesso é realizado pela BR-222, prosseguindo aproximadamente 15 km por estradas vicinais. No local afloram arenitos amarelados/cinzentos, com lobos sigmoidais, que podem ser atribuídos à Formação Itaim (Devoniano Inferior). Aqui foram reconhecidos alguns icnofósseis, os quais ocorrem em número moderado.



**Figura 6.81. AP4, Estação de Coleta 10, Formação Itaim, Período Devoniano, Brasileira/PI. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

### 6.2.6.2.4.1 Icnogênero Planolites

O registro deste icnofóssil foi observado em uma laje de arenito próxima à estrada de acesso ao sítio, na Estação de Coleta 10 (Figura 6.82). A superfície exposta desta laje encontra-se recoberta por este icnogênero. As estruturas são sinuosas, e possuem, ao máximo, 15 mm de comprimento e 2 mm de largura, sendo, portanto, de maiores dimensões que os exemplares de Planolites observados na AP1, em Presidente Dutra/MA, e ocorrem de maneira mais esparsa, apresentando consideravelmente menor densidade por área. Para uma caracterização deste icnofóssil, ver a descrição da referida área paleontológica (item 6.2.6.2.1.1).



Figura 6.82. À esquerda, laje contendo exemplares do icnogênero *Planolites*, e à direita, detalhe de *Planolites*, Estação de Coleta 10, AP4, Formação Itaim, Período Devoniano, Brasileira/PI. Fotos: CARUSO JR., 2014.

#### 6.2.6.2.4.2 Icnogênero não identificado

Observou-se a presença de numerosas escavações (Figura 6.83) nas fácies de arenitos com lobos sigmoidais, que ocorrem 50 m ao sudoeste da Estação de Coleta 10. Estas escavações são verticais, levemente recurvadas, sem preenchimento, e em alguns casos assemelham-se ao icnofóssil *Arenicolites*. Contudo, não foi observada a conexão em forma de U entre as duas aberturas do tubo, que é característica de *Arenicolites*.



**Figura 6.83. Icnofóssil não identificado, AP4, Formação Itaim, Período Devoniano, Brasileira/PI. Foto: CARUSO JR., 2014.**

### 6.2.6.3 Considerações Finais

Os trabalhos de prospecção revelaram a existência de quatro áreas paleontológicas dentro da AID do empreendimento (AP1, AP2, AP3 e AP4) e, ainda, uma quinta área, que pode ser denominada AP5, a poucos quilômetros da AID. A AP5 localiza-se no município de Timon/MA, e compreende uma área de aproximadamente 122 km<sup>2</sup> (Coordenada X: 727832.90 m E; Coordenada Y: 9434908.25 m S - Fuso 23S), a 5,7 km ao norte da AID e a 1,5 km da All. Ela, portanto, não será impactada pelo presente empreendimento. O acesso é feito pela BR-226, posteriormente prosseguindo 700 m ao sul por um caminho vicinal. O sítio já é atravessado por uma linha de transmissão. Nesta área paleontológica há uma grande concentração de troncos fósseis, constituindo uma verdadeira floresta petrificada. O número aproximado de 100 exemplares foi observado em campo. Os troncos (Figura 6.84) jazem sobre rochas da Formação Piauí, constituídas por arenitos eólicos de cor laranja claro, com abundantes icnofósseis do gênero *Arenicolites*. Embora estejam

sobre a formação supracitada, os troncos fósseis encontram-se dentro da Cobertura Laterito-Detrítica Paleogênica (CPRM, 2011), para a qual é atribuída a referida idade (66-23 Ma). Estes troncos pertencem a plantas vasculares de grande porte, e mostram evidências de terem sofrido um amplo processo de oxidação. Este processo tem ofuscado detalhes anatômicos que poderiam auxiliar na identificação das espécies às quais pertencem estes fósseis. Contudo, é imprescindível ressaltar que a área está localizada fora da AID do empreendimento.



**Figura 6.84. Troncos petrificados do Paleógeno, AP5, Timon/MA. Fotos: CARUSO JR., 2014.**

Em suma, as quatro áreas paleontológicas localizadas na AID, encontram-se inseridas na Bacia Sedimentar do Parnaíba *latu sensu*. O sítio AP2, localizado em Teresina/PI, mostra considerável diversidade, tendo aportado vários fósseis de idade Permiana (270-250 Ma), entre eles estromatólitos, esteiras bacterianas, oólitos, samambaias e outras plantas de pequeno e médio porte. Este sítio pode ser contemporâneo com a Floresta Fóssil do Rio Poti (CALDAS *et al.*, 1989), a qual encontra-se em relativa proximidade, menos de 18 km ao norte, sendo um sítio tombado pelo IPHAN. O sítio AP3 consiste de uma ocorrência de pequenos icnofósseis do tipo *Arenicolites*, os quais são comuns na bacia, dentro da Formação Piauí (Carbonífero). Já os sítios AP1 e AP4, nas formações Codó (Cretáceo) e Itaim (Devoniano), respectivamente, são pequenas localidades com registros de icnofósseis (Planolites).

No Anexo 6.2.12.1 é apresentado o diagnóstico de paleontologia, na íntegra, para a AID do empreendimento.



### 6.2.7 Pedologia

O território brasileiro é caracterizado por uma grande diversidade de tipos de solos, correspondendo diretamente à intensidade de manifestação das diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados, os quais, por sua vez, condicionam diferentes processos formadores de solos.

Na região Nordeste observam-se tipos climáticos que variam do quente e úmido ao quente e seco (semiárido), passando por uma faixa de transição semiúmida. Ocorrem, em grande parte dessa região, solos de média a alta fertilidade natural, geralmente pouco profundo, em decorrência do seu baixo grau de intemperismo.

Considerando a grande extensão territorial do Maranhão, é possível perceber o quanto é significativa a variedade de solos desse estado. Por sua posição geográfica, predominam solos tropicais. Pelo predomínio de rochas sedimentares, são grandes as extensões cobertas por Latossolos (34,96%), Argissolos (26,26%), Plintossolos (15,19%) e Neossolos (13,51%). Em menor escala, ainda são encontrados os Gleissolos, os Nitossolos e os Solos Indiscriminados de Mangue.

Com relação aos solos do Piauí, estes são na sua maioria extremamente intemperizados. Comumente são ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes, dentre os quais, a subordem dos Latossolos Amarelos representa aproximadamente 50% da área total.

No que tange à ocorrência dos principais tipos de solos do Ceará, este apresenta três tipos preponderantes, sendo que a classe de maior ocorrência refere-se aos Neossolos, com cerca de 53.525,5 km<sup>2</sup> ou 35,96% da área do estado. A segunda tipologia de maior ocorrência aponta para os Argissolos com 36.720,6 km<sup>2</sup> ou 24,67% e a terceira, para os Luvisolos, com 16,72% da área total do estado ou 24.885,6 km<sup>2</sup>.

Analisando o traçado da LT, que intercepta esses três estados, verificou-se a ocorrência de seis classes de solos: Argissolos, Latossolos, Neossolos, Planossolos, Plintossolos e Luvisolos. Para a confecção deste relatório, foram consultadas bibliografias publicadas como EMBRAPA, IBGE, Projeto RADAM, entre outros.

Aliado a isso, este estudo também foi subsidiado por incursões de campo, visando o reconhecimento *in loco* das classes de solos existentes no transcorrer do traçado da LT. O mapa pedológico das áreas de influência (AII e AID) da LT é apresentado abaixo em formato A3 (Figura 6.85 e Figura 6.86) e também está presente no Caderno de Mapas em formato A0, em escala 1:200.000. Para sua elaboração, foram utilizadas as informações contidas no Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Maranhão, Piauí e Ceará (1986, 1983 e 1973, respectivamente).

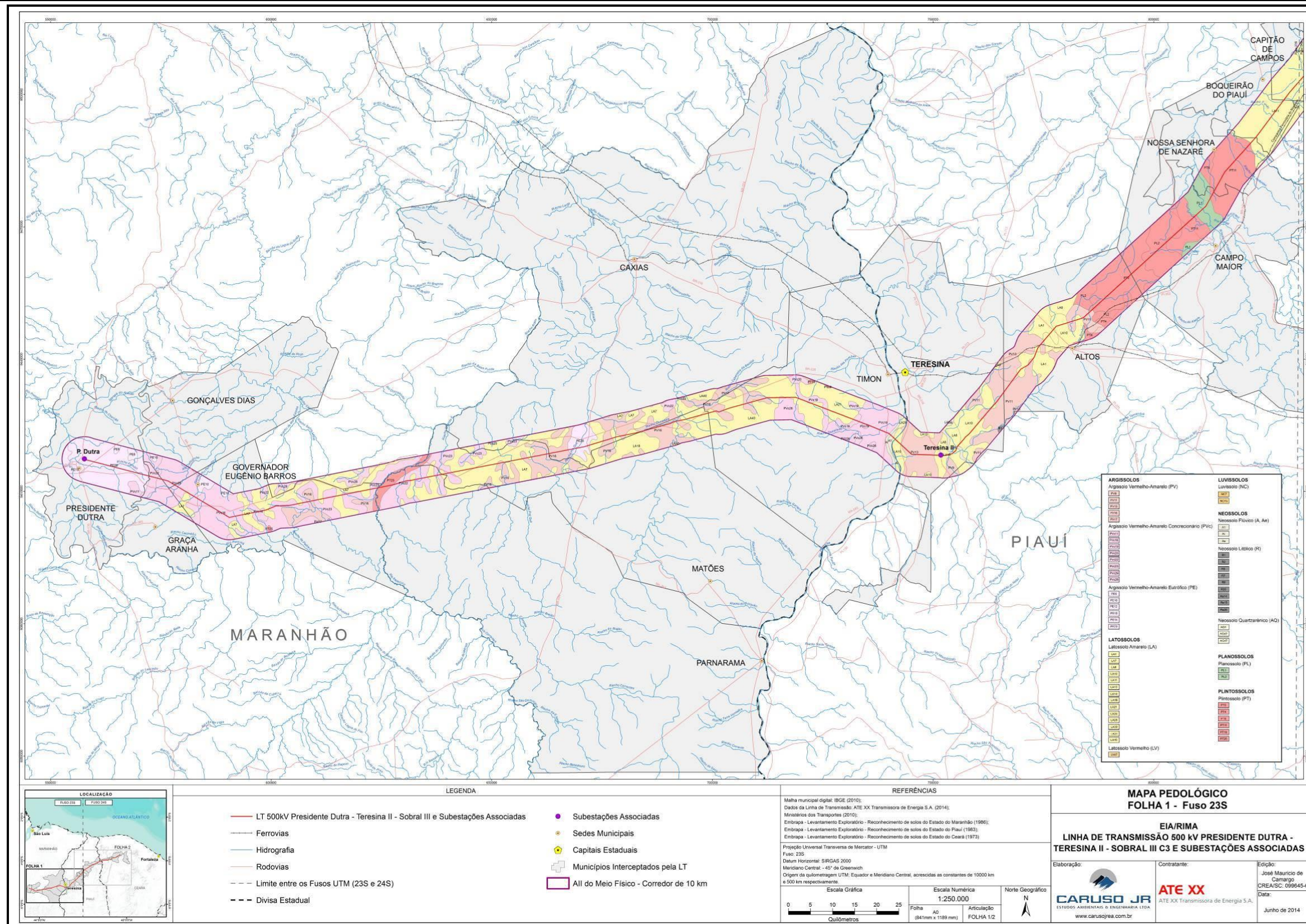


Figura 6.85. Mapa pedológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

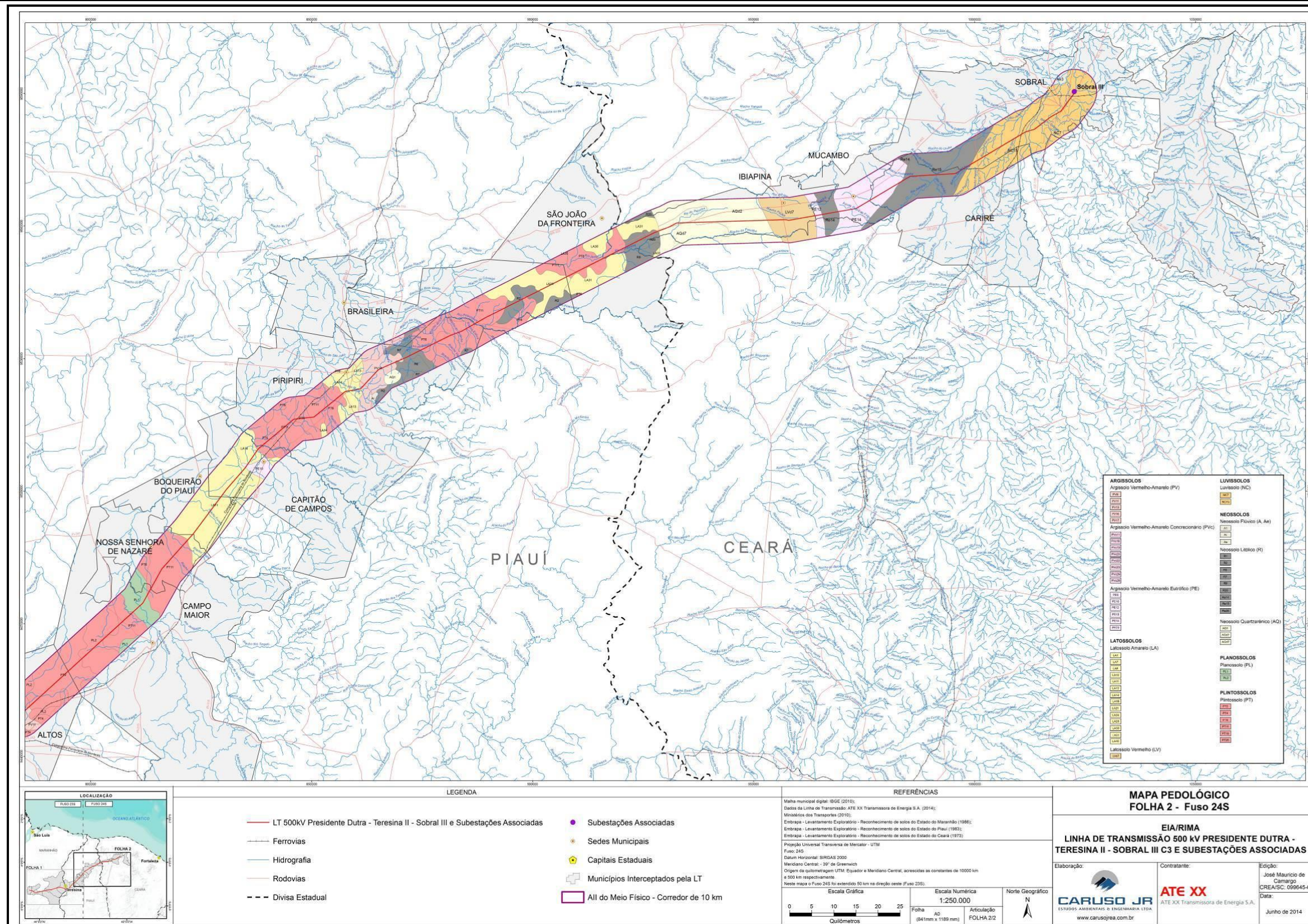


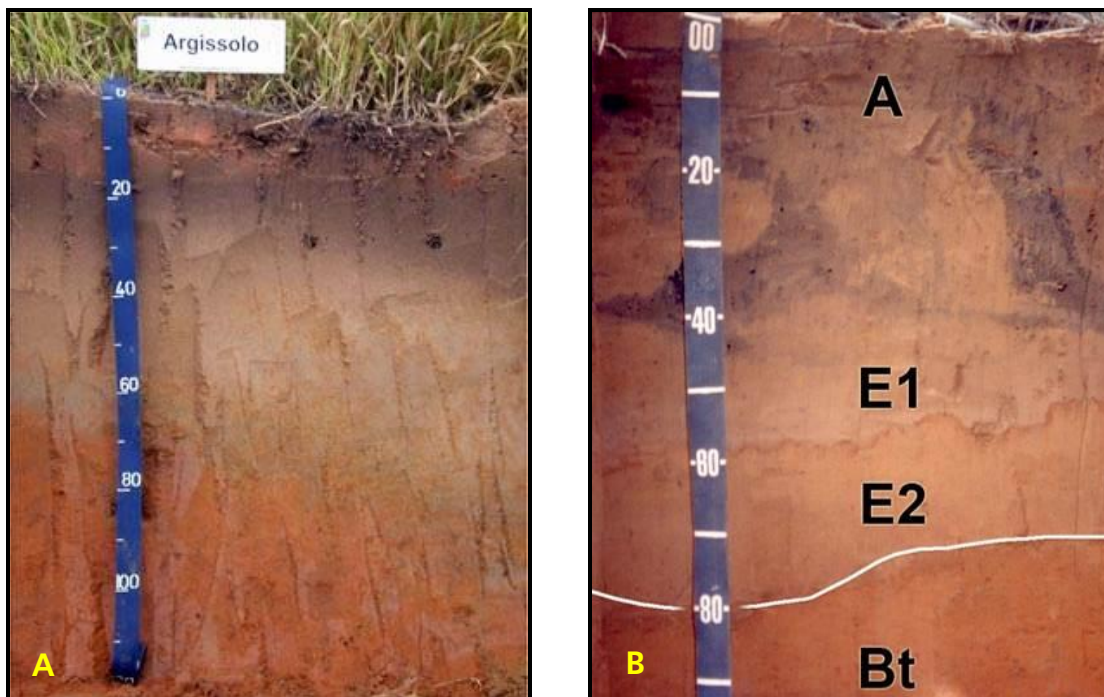
Figura 6.86. Mapa pedológico das áreas de influência do empreendimento - Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### 6.2.7.1 Aspectos pedológicos da Área de Influência Indireta (AII)

#### 6.2.7.1.1 Argissolos

Compreende solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E, com argila de atividade baixa ou alta, conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda os seguintes requisitos: horizonte plíntico, se presente, não satisfaz os critérios para Plintossolos; e horizonte glei, se presente, não satisfaz os critérios para Gleissolos (EMBRAPA, 2006).

Os solos desta classe têm como característica marcante, um aumento do teor de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação de cores e outras características. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas, e as do horizonte A, são sempre mais escuras (IBGE, 2007) (Figura 6.87). De acordo com Ferreira (2009), os Argissolos possuem profundidade variável, são forte a moderadamente ácidos, bem a imperfeitamente drenados e normalmente são encontrados assentados sobre relevo suave a fortemente ondulado.



**Figura 6.87. Perfis pedológicos da classe dos Argissolos Fotos: Hélio do Prado, 2014.**

Nota: Observa-se nas imagens a coloração vermelha-amarelada dos perfis, sua textura argilosa, bem como a transição gradual entre os horizontes.

Considerando o traçado da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, verificou a ocorrência dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PV). Segundo a Embrapa (2000), esta subordem apresenta as características gerais da classe dos Argissolos, mas individualizados em um nível hierárquico imediatamente abaixo por critério de cor. Apresentam horizonte B textural (Bt) com cores na faixa do vermelho-amarelado, podendo conter também partes vermelhas e, ou, bruno forte, devido à mistura de óxidos de ferro (hematita + goethita) cujos teores variam, em geral, de 10 a 80 g.kg<sup>-1</sup> de solo. As cores típicas dos Argissolos Vermelho-Amarelos, apresentam matiz mais vermelho que 7,5YR e mais amarelo que 2,5YR ou com matiz 5YR e valor e croma superiores a 4, excluindo os de cores acinzentadas.

No transcorrer de todo o traçado da LT, foram identificadas 19 (dezenove) tipologias distintas para essa subordem: PV<sub>9</sub>, PV<sub>11</sub>, PV<sub>13</sub>, PV<sub>16</sub>, PV<sub>17</sub>, PVC<sub>11</sub>, PVC<sub>16</sub>, PVC<sub>19</sub>, PVC<sub>20</sub>, PVC<sub>22</sub>, PVC<sub>23</sub>, PVC<sub>26</sub>, PVC<sub>28</sub>, PE<sub>6</sub>, PE<sub>10</sub>, PE<sub>12</sub>, PE<sub>13</sub>, PE<sub>14</sub>, PE<sub>20</sub>.

As tipologias (PV<sub>9</sub>, PV<sub>11</sub>, PV<sub>13</sub>, PV<sub>16</sub>, PV<sub>17</sub>) correspondem aos Argissolos Vermelho-Amarelos (Figura 6.88). Estas apresentam as principais características que diagnosticam essa subordem, entretanto, apresentam algumas peculiaridades que as distinguem entre si, como associação com outras classes de solos, textura e o tipo de relevo onde estão inseridos. Na área de estudo, ocorrem principalmente no trecho onde a LT intercepta o estado do Maranhão, sendo encontrado nos municípios de Governador Eugênio Barros (PV<sub>16</sub>), Parnarama (PV<sub>16</sub>), Matões (PV<sub>16</sub>), Caxias (PV<sub>16</sub>, PV<sub>17</sub>) e Timon (PV<sub>17</sub>). Também são encontrados em alguns municípios do Piauí, tais como: Teresina (PV<sub>9</sub>, PV<sub>11</sub>, PV<sub>13</sub>), Altos (PV<sub>11</sub>, PV<sub>13</sub>) e Piripiri (PV<sub>16</sub>).

As tipologias (PVC<sub>11</sub>, PVC<sub>16</sub>, PVC<sub>19</sub>, PVC<sub>20</sub>, PVC<sub>22</sub>, PVC<sub>23</sub>, PVC<sub>26</sub>, PVC<sub>28</sub>) tratam-se dos Argissolos Vermelho-Amarelos concrecionários (Figura 6.89). Como característica marcante, destaca-se a presença de materiais concrecionários, como a plintita e a petroplintita ao longo do perfil do solo. De acordo com Embrapa (2013), a plintita é uma formação constituída da mistura de material de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro (ou ferro e alumínio), com grãos de quartzo e outros minerais. Apresenta consistência dura a muito dura, quando seca, e firme quando úmida. Estes solos são encontrados basicamente no estado do Maranhão, junto

aos municípios de Presidente Dutra (PVC<sub>11</sub>), Graça Aranha (PVC<sub>22</sub>, PVC<sub>28</sub>), Gonçalves Dias (PVC<sub>22</sub>, PVC<sub>28</sub>), Governador Eugênio Barros (PVC<sub>16</sub>, PVC<sub>22</sub>, PVC<sub>23</sub>), Parnarama (PVC<sub>22</sub>), Matões (PVC<sub>16</sub>, PVC<sub>23</sub>), Caxias (PVC<sub>16</sub>, PVC<sub>22</sub>) e Timon (PVC<sub>16</sub>, PVC<sub>19</sub>, PVC<sub>20</sub>, PVC<sub>26</sub>).



**Figura 6.88. Argissolos Vermelho-Amarelos ocorrentes na região sul de Caxias/MA (à esquerda) e a oeste de Altos/PI (à direita), na All da LT. Fotos: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Observa-se nas imagens a textura argilosa do perfil e sua coloração vermelho amarelada em função da proporção dos óxidos de ferro (hematita+goethita) presentes nessa subordem.



**Figura 6.89. Argissolo Vermelho-Amarelo localizado na parte leste de Governador Eugênio Barros/MA. Fotos: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Na imagem o perfil intemperizado desta tipologia, que se diferencia dos demais Argissolos encontrados ao longo da LT, pela presença e precipitação de materiais concrecionários (plintita e petroplintita) no solo.

As tipologias (PE<sub>6</sub>, PE<sub>10</sub>, PE<sub>12</sub>, PE<sub>13</sub>, PE<sub>14</sub>, PE<sub>20</sub>) referem-se aos Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (Figura 6.90). De um modo geral, estas se apresentam associadas a outras classes de solos (Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Gleissolos, Vertissolos), onde a textura varia de média a argilosa. O horizonte superficial A moderado é predominante e recebem a designação “Eutrófico” por possuir um elevado potencial nutricional abaixo da camada arável do solo. Estes solos são encontrados nos municípios de Presidente Dutra/MA (PE<sub>6</sub>, PE<sub>20</sub>), Gonçalves Dias/MA (PE<sub>10</sub>), Governador Eugênio Barros/MA (PE<sub>10</sub>), Caxias/MA (PE<sub>20</sub>), Campo Maior/PI (PE<sub>13</sub>), Capitão de Campos/PI (PE<sub>10</sub>), Ibiapina/CE (PE<sub>12</sub>), Mucambo/CE (PE<sub>14</sub>).



**Figura 6.90. Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico ocorrente na região oeste de Presidente Dutra/MA. Foto: CARUSO JR., 2013**

Nota: Esta tipologia caracteriza-se pelo aspecto lustroso dos agregados (cerosidade) e pelo seu elevado potencial nutricional abaixo da camada arável do solo, que lhe confere a designação eutrófico.

Com relação à susceptibilidade a processos erosivos, cabe mencionar que os Argissolos tendem a ser suscetíveis devido principalmente à relação textural



presente nestes solos, que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais. No entanto, os de textura mais leve ou de textura média e de menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, sendo, portanto, menos suscetíveis a erosão. De acordo com as limitações relacionadas a esta classe, sua utilização exige um manejo adequado com a adoção de correção, adubação e de práticas conservacionistas para o controle da erosão.

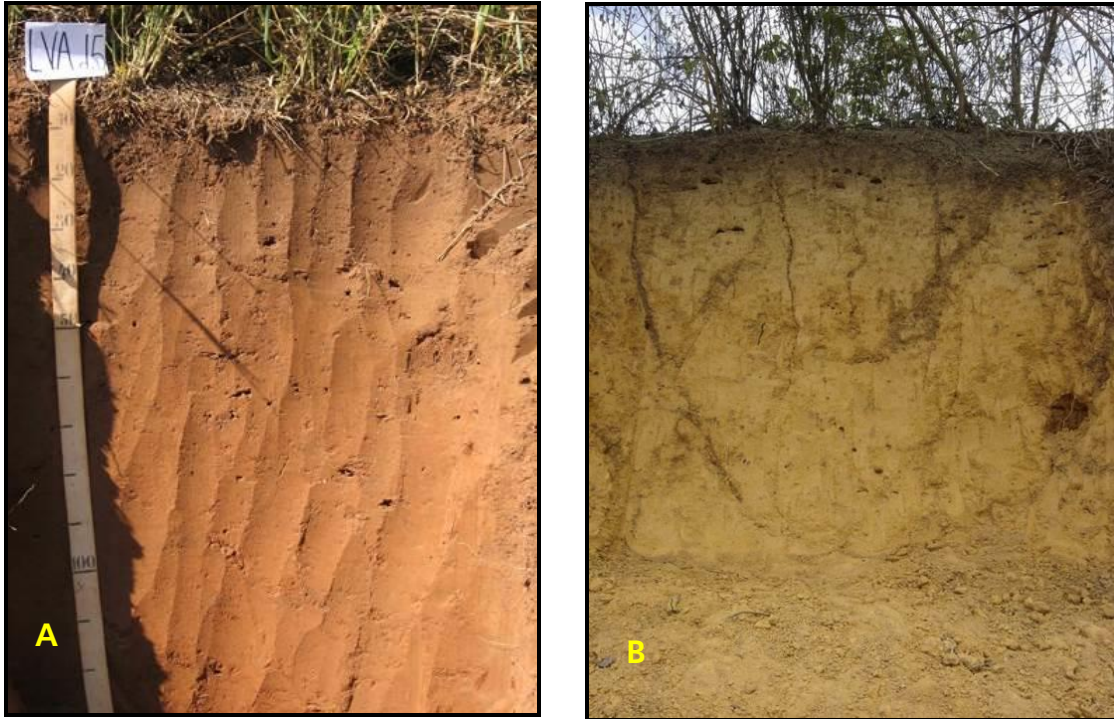
#### **6.2.1.1.1. Latossolos**

De acordo com a Embrapa (2006), os Latossolos são classificados como solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura.

Em geral são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem. Caracterizam-se por grande homogeneidade de características ao longo do perfil, mineralogia da fração argila predominantemente caulinítica ou caulinítica-oxídica, que se reflete em valores de relação  $K_i$  baixos, inferiores a 2,2, e praticamente ausência de minerais primários de fácil intemperização (IBGE, 2007). Segundo Ferreira (2009), ocorrem em regiões equatoriais ou tropicais, geralmente sobre relevos planos e suave ondulados. São considerados solos muito ácidos e com baixa saturação por bases (V), incremento pouco expressivo de argila do horizonte A para o B, apresentando ainda baixa atividade de argila, microagregação muito estável e normalmente, transição difusa entre horizontes (Figura 6.91).

O horizonte A mais comum é o proeminente. A cor predominante é brunovermelhado escuro com espessura variável, atingindo 1,00 m ou mais no caso dos húmicos. Nos solos de textura argilosa e muito argilosa, a estrutura geralmente é granular, de tamanho pequeno a médio e fraca a moderadamente desenvolvida. O horizonte diagnóstico B Latossólico apresenta uma espessura mínima de 50 cm e não deve apresentar mais do que 4% de minerais primários alteráveis. Sua estrutura é pequena granular com aspecto de maciça porosa "in situ", contudo, é

comum a ocorrência de estrutura em blocos subangulares fraca ou moderada, encontrada normalmente no topo deste horizonte (IBGE, 2003).



**Figura 6.91. Perfis pedológicos da classe dos Latossolos. Fotos: A - Adami (2012), e B - Embrapa (2014).**

Nota: Em (A), observa-se um solo intemperizado, de coloração vermelho-amarelada apresentando o horizonte B latossólico de textura média/arenosa (Latossolo Vermelho-Amarelo). Em (B), de forma análoga, também se observa um solo antigo, de textura média arenosa, transição difusa entre os horizontes e coloração amarelada na maior parte do horizonte B latossólico (Latossolo Amarelo).

Os Latossolos distribuem-se por amplas superfícies no País, ocorrendo em praticamente todas as regiões (aproximadamente 50% do território nacional). Na região nordeste, os Latossolos ocorrem com frequência, especialmente a subordem dos Latossolos Amarelos. Considerando o traçado da LT, verificou-se a ocorrência dos Latossolos Amarelos (LA) e os Latossolos Vermelho-Amarelos (LV).

Os Latossolos Amarelos são solos profundos, de coloração amarelada (matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B), perfis muito homogêneos, com boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria. Ocorrem em grande parte da All, e configuram-se como um dos solos mais expressivos que interceptam a LT (Figura 6.92 e Figura 6.93).

Foram mapeadas 14 tipologias distintas para essa subordem: LA<sub>1</sub>, LA<sub>7</sub>, LA<sub>8</sub>, LA<sub>10</sub>, LA<sub>11</sub>, LA<sub>13</sub>, LA<sub>14</sub>, LA<sub>18</sub>, LA<sub>21</sub>, LA<sub>24</sub>, LA<sub>28</sub>, LA<sub>30</sub>, LA<sub>31</sub>, LA<sub>40</sub>. De um modo geral, apresentam horizonte superficial A moderado e/ou A proeminente, e em alguns casos A fraco. A textura é média e/ou médio-argilosa, estando assentados sobre relevo plano ou suave ondulado. Diferenciam-se entre si em decorrência da associação com outros tipos de solos, textura e a presença ou não de materiais concrecionários.



**Figura 6.92. Latossolos Amarelos ocorrentes na All. Fotos: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Observa-se sua textura médio-arenosa, transição difusa entre horizontes e sua coloração amarelada em função da proporção e predominância de goethita (óxido de ferro) no perfil do solo.



**Figura 6.93. Latossolo Amarelo encontrado na região central de Piripiri/PI. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Observa-se na imagem um perfil relativamente profundo, de coloração amarelada, estrutura subangular e microagregação estável, que lhe confere um aspecto arenoso.

No trecho onde a LT intercepta o estado do Maranhão, os Latossolos Amarelos ocorrem com frequência, sendo encontrados junto aos municípios de Graça Aranha (LA<sub>7</sub>), Governador Eugênio Barros (LA<sub>7</sub>), Parnarama (LA<sub>7</sub>), Matões (LA<sub>7</sub>, LA<sub>18</sub>, LA<sub>40</sub>), Caxias (LA<sub>7</sub>, LA<sub>18</sub>, LA<sub>40</sub>) e Timon (LA<sub>21</sub>, LA<sub>40</sub>).

No segmento que corta o Piauí, também são encontrados com regularidade. Estão mapeados nos municípios de Teresina (LA<sub>8</sub>, LA<sub>10</sub>, LA<sub>13</sub>), Altos (LA<sub>1</sub>, LA<sub>8</sub>, LA<sub>10</sub>), Nossa Senhora de Nazaré (LA<sub>11</sub>), Cocal de Telha (LA<sub>11</sub>), Capitão de Campos (LA<sub>11</sub>, LA<sub>14</sub>), Piripiri (LA<sub>13</sub>, LA<sub>14</sub>), Brasileira (LA<sub>24</sub>) e São João da Fronteira (LA<sub>30</sub>, LA<sub>31</sub>).

Na seção que corta o Ceará, verifica-se essa subordem apenas no extremo oeste do município de Ibiapina (LA<sub>31</sub>).

Os Latossolos Vermelho-Amarelos também estão presentes na All do empreendimento. Segundo IBGE (2007), possuem cores vermelho-amareladas, são profundos, apresentam boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural. Este tipo de solo possui pouca representatividade ao longo da LT, onde se constatou apenas uma tipologia para esta subordem (LVd<sub>7</sub>), na região leste de Ibiapina/CE. Essa tipologia refere-se a um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, que apresenta um horizonte superficial A moderado e textura média. Este, por sua vez, encontra-se associado a outro tipo de Latossolo Vermelho-Amarelo, que possui o horizonte superficial A proeminente e textura médio-argilosa. De acordo com Prado (2008), a designação "distrófico" lhe é atribuído em função dos baixos valores de soma de bases (SB) e saturação por bases (V).

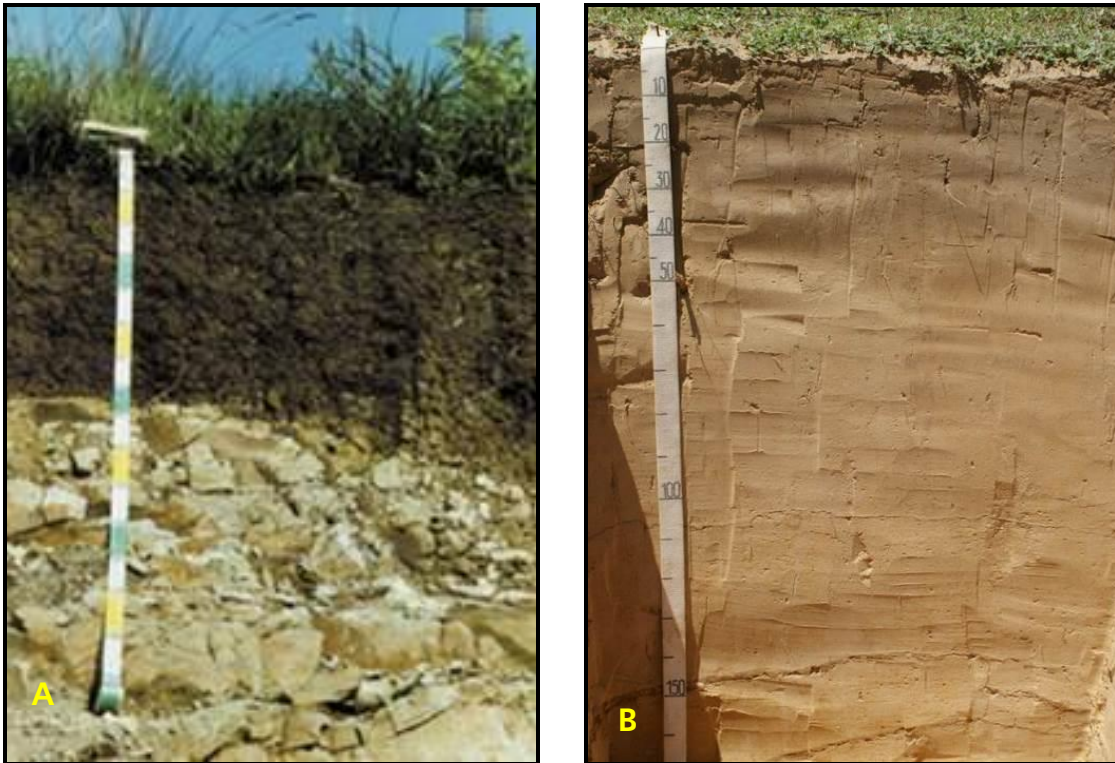
No que se refere à vulnerabilidade à erosão, os Latossolos de textura média, com teores elevados de areia são muito suscetíveis à erosão, requerendo tratamentos conservacionistas e manejo cuidadoso. Nos Latossolos argilosos, o cuidado com a erosão não é menos importante. Em locais e momentos onde os solos encontram-se expostos, por exemplo, depois do preparo do plantio, o risco de erosão é muito grande, pois a chuva encontra o solo totalmente desprotegido. Práticas conservacionistas do solo são sugeridas para evitar tais adversidades.

#### **6.2.1.1.2. Neossolos**

Segundo Oliveira (2008), os neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos, não apresentando qualquer tipo de horizonte B.

Ocorrentes em regiões de clima muito frio ou muito quente interferem na disponibilidade e na duração de infiltração de água, afetando conseqüentemente o intemperismo e a resistência do material de origem. São caracterizados por serem solos pouco desenvolvidos, não hidromórficos, profundos a muito profundos, excessivamente drenados, com menos de 15% de argila. São derivados de qualquer tipo de material (rochas ou sedimentos inconsolidados), com predomínio de características herdadas do material originário (mineralogia, textura e V%) e com diferentes tipos de horizonte A (fraco, moderado, proeminente, chernozêmicos - sem carbonatos). Os horizontes glei, vértico, plíntico e chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condições diagnósticas (FERREIRA, 2009).

Esta classe apresenta quatro subordens. Congregam solos rasos, como os Neossolos Litólicos; ou profundos e arenosos como o Neossolos Quartzarênicos; ou profundos e arenosos com presença considerável de minerais primários de fácil intemperização, Neossolos Regolíticos; ou ainda, solos constituídos por sucessão de camadas de natureza aluvionar, sem relação pedogenética entre si, Neossolos Flúvicos (IBGE, 2007) (Figura 6.94).



**Figura 6.94. Perfis pedológicos da classe dos Neossolos. Fotos: A - Ferreira (2009), B - Embrapa (2014).**

Nota: Em (A), observa-se um solo pouco desenvolvido com contato lítico dentro de 50 cm da superfície (Neossolo Litólico). Em (B) verifica-se a ausência de contato lítico e a textura areia/areia franca em todos os horizontes do perfil, a uma profundidade superior a 150 cm da superfície do solo (Neossolo Quartzarênico).

De acordo com Coelho *et al.* (2002) *apud* Ferreira (2009), no Brasil os neossolos ocupam 14,6% da sua área total, sendo encontrado em 27,5% da região Nordeste. No transcorrer da LT, verificou-se a ocorrência de três subordens dessa classe: Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos e os Neossolos Litólicos.

Os Neossolos Flúvicos (A) são considerados solos derivados de sedimentos aluviais e que apresentam distribuição irregular (errática) do conteúdo de carbono orgânico em profundidade e/ou camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo (EMBRAPA, 2006). Estes foram encontrados em apenas dois segmentos da All, em uma pequena faixa da região Leste de Timon/MA (A<sub>1</sub>) e na região nordeste de Sobral/CE (Ae<sub>3</sub>), bem ao final do traçado da LT. A tipologia encontrada em Timon/MA (A<sub>1</sub>) ocorre sobre relevo plano e refere-se a um Neossolos Flúvico de textura indiscriminada, que apresenta o horizonte superficial A moderado. A tipologia mapeada em Sobral/CE (Ae<sub>3</sub>) alude a uma associação de

um Neossolo Flúvico, com solos halomórficos (influência de sais) indiscriminados e um Planossolo de caráter sódico. Todos apresentam o horizonte superficial A moderado e estão assentados sobre uma parte do relevo plano de Sobral/CE.

Os Neossolos Quartzarênicos (AQ) também são poucos expressivos na All da LT. Estão mapeados apenas em alguns locais de Piripiri/PI (AQ<sub>1</sub>) e em boa parte do município Ibiapina/CE (AQd<sub>2</sub>, AQd<sub>7</sub>) (Figura 6.95 e Figura 6.96). De acordo com a Embrapa (2006), caracterizam-se por serem solos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, com sequência de horizontes A - C, porém apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes, até no mínimo 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico.



**Figura 6.95. Ambiente de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos na região central de Ibiapina/CE, na All do empreendimento. Fotos: CARUSO JR., 2013.**



**Figura 6.96. Textura areia/areia franca dos Neossolos Quartzarênicos encontrados em Ibiapina/CE. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Os Neossolos Litólicos (R) são encontrados com maior frequência junto a All da LT (Figura 6.97). Observa-se este tipo de solo em Teresina/PI (R<sub>1</sub>), Piri-piri/PI (R<sub>2</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub>), Brasileira/PI (R<sub>2</sub>), São João da Fronteira/PI (R<sub>9</sub>), Ibiapina/CE (R<sub>20</sub>), Mucambo/CE (Re<sub>14</sub>), Cariré/CE (Re<sub>15</sub>) e Sobral/CE (Re<sub>14</sub>, Re<sub>15</sub>). Configuram-se como solos com horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha ou sobre horizonte C ou Cr, ou ainda sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), apresentando um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

No que tange aos riscos de erosão, os Neossolos Flúvicos, em função da posição que ocupam na paisagem, ou seja, áreas de várzea são pouco ou não sujeitos à erosão, requerendo atenção quanto a problemas de compactação. Os Neossolos Litólicos apresentam alta erodibilidade devido à reduzida espessura, não permitindo a infiltração da água, além de geralmente ocorrerem em locais declivosos. Os Neossolos Quartzarênicos, que são muito ressecados devido a sua textura arenosa em todo o perfil, são muito lixiviados e suscetíveis a erosão, sendo



normalmente indicados para pastagem e reflorestamento (PRADO, 2008). Deste modo, práticas conservacionistas de solos são sugeridas para a subordem dos Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos.



**Figura 6.97. Neossolos Litólicos ocorrentes na AII da LT. Fotos: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Observa-se nas imagens o baixo grau de desenvolvimento dos perfis, não apresentando qualquer tipo de horizonte B e o contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo.

### 6.2.1.1.3. Planossolos

De acordo com IBGE (2007), compreendem solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente,

adensado e geralmente com acentuada concentração de argila. Podem apresentar qualquer tipo de horizonte A, horizonte E (nem sempre horizonte E álbico), seguidos de horizonte B plânico, tendo sequência de horizontes A, AB, ou A, E (álbico ou não) ou Eg, seguidos de Bt, Btg, Btm ou Btmg.

Ocorrem tipicamente em áreas de cotas baixas, planas e suave onduladas. São, geralmente, pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média (leve), seguido de um horizonte B plânico. O Horizonte B plânico comumente apresenta textura média, argilosa ou muito argilosa, é adensado, pouco permeável, com cores de redução, decorrente de drenagem imperfeita e responsável pela formação de lençol suspenso temporário. Normalmente, apresentam alta CTC, elevada saturação por bases e sorção de Na, com PST (percentagem de saturação total) entre 8% e 20%, nos horizontes B ou C (EMBRAPA, 2013).

Como características principais, destaca-se a diferenciação acentuada entre os horizontes A ou E e o B, devido a mudança textural normalmente abrupta, ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para o horizonte B (Figura 6.98). Decorrência bastante notável nos solos quando secos, é a exposição de um contato paralelo à disposição dos horizontes, formando limite drástico, que configura um fraturamento muito nítido entre o horizonte A ou E e o B. É típico do horizonte B, a presença de estrutura forte, grande em blocos angulares, frequentemente com aspecto cúbico, ou então estrutura prismática ou colunar, pelo menos na parte superior do referido horizonte (EMBRAPA, 2006).

De acordo com Coelho *et al.* (2002) *apud* Ferreira (2009), esta classe ocorre em 6,6% da Região Nordeste. Ao longo da LT, essa classe é pouco expressiva, sendo encontrada apenas em um pequeno segmento do traçado que corta o estado do Piauí. Analisando o mapeamento realizado, verificou-se a existência de duas tipologias para esta classe (PL<sub>1</sub> e PL<sub>2</sub>).

A primeira tipologia refere-se a um Planossolo de textura média argilosa e caráter solódico (saturação por sódio), e que está associada a um Neossolo Flúvico eutrófico. Estes estão assentados sobre parte do relevo plano de Campo Maior (PL<sub>1</sub>) e em uma pequena porção da região Sul de Nossa Senhora de Nazaré (PL<sub>1</sub>). A

segunda tipologia também se refere a um Planossolo de textura média argilosa e caráter solódico, contudo, está associado a outras classes de solos (argissolos e plintossolos) e apresenta a presença de algumas rochas e materiais concrecionários ao longo do perfil. São encontrados nos municípios de Altos (PL<sub>2</sub>) e Campo Maior (PL<sub>2</sub>) (Figura 6.99).



**Figura 6.98. Perfis pedológicos da classe dos Planossolos. Fotos: Embrapa (2014).**

Nota: Observa-se nas imagens solos de cor clara, textura arenosa no horizonte superficial A, seguido horizonte B plânico de textura média e caráter solódico (Planossolo Nátrico).



**Figura 6.99. Ambiente de ocorrência dos Planossolos na All do empreendimento. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Verifica-se na imagem o relevo plano da região nordeste de Altos/PI, onde está mapeada esta classe pedológica.

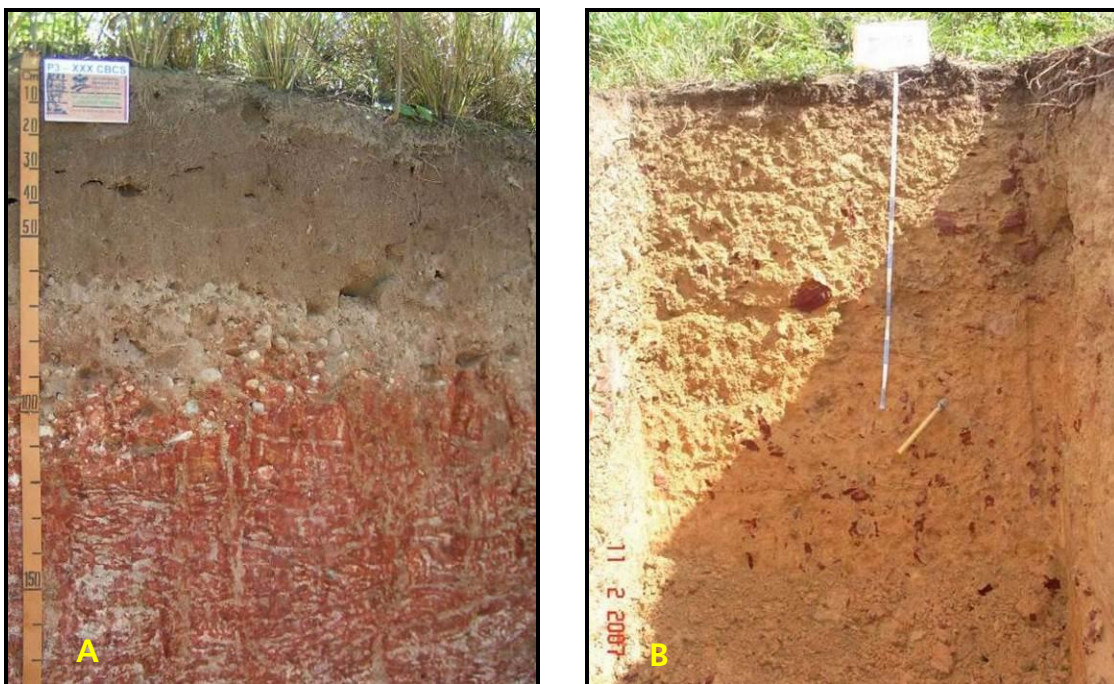
Com relação às limitações apresentadas por essa classe, os Planossolos apresentam sérias limitações de ordem física, relacionadas principalmente ao preparo do solo e à penetração de raízes devido ao adensamento. Em condições de adensamento e em função do contraste textural, estes solos são susceptíveis à erosão (EMBRAPA, 2014). Medidas e práticas para o controle de erosão são indicadas para este tipo de solo.

#### **6.2.1.1.4. Plintossolos**

São conceituados como solos minerais, formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade. Caracterizam-se fundamentalmente por apresentar horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, todos provenientes da segregação localizada de ferro, que atua como agente de cimentação (EMBRAPA, 2006).

São solos que apresentam muitas vezes o horizonte B textural sobre ou coincidente com o horizonte plântico ou com horizonte concrecionário, ocorrendo também, solos com horizonte B incipiente, B latossólico, horizonte glei e solos sem horizonte B.

Usualmente são solos bem diferenciados, podendo o horizonte A ser de qualquer tipo, tendo a sequência de horizontes A, AB, ou A, E seguidos de Bt, ou Bw, ou Bi, ou C ou F. Apesar da coloração bastante variável destes solos, verifica-se o predomínio de cores pálidas com ou sem mosqueados de cores alaranjadas e vermelhas, ou coloração variegada acima do horizonte diagnóstico (plântico, concrecionário ou litoplântico) (Figura 6.100). Alguns solos dessa classe, embora tenham sua gênese associada às condições de excesso de umidade ou restrição temporária à percolação d'água, ocorrem nos tempos atuais em condições de boa drenagem, podendo apresentar cores avermelhadas na maior parte do perfil (EMBRAPA, 2006).



**Figura 6.100. Perfis pedológicos da classe dos Plintossolos. Fotos: A - Embrapa (2014), B - [aguasolos.net](http://aguasolos.net).**

Nota: Em (A) observa-se um solo com precipitação de plintita no perfil e uma camada de acumulação de argila abaixo do horizonte superficial A. Em (B), nota-se um solo de coloração mais amarelada com a presença de materiais concrecionários (petroplintita) ao longo do perfil.

Predominantemente são solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa e atividade da fração argila baixa. Todavia, verifica-se a existência de solos com saturação por bases média a alta, ou argila de atividade alta, bem como solos com propriedades solódica e sódica (EMBRAPA, 2006).

Parte dos solos desta classe (solos com horizonte plíntico) tem ocorrência relacionada aos terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suave ondulado e menos frequentemente ondulado, em zonas geomorfológicas de depressão. Ocorrem também em terços inferiores de encostas ou áreas surgentes, sob condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água. A outra parte (solos com horizonte concrecionário principalmente) apresenta melhor drenagem e ocupa posições mais elevadas em relação aos primeiros. Encontram-se normalmente em bordos de platôs e áreas ligeiramente dissecadas de chapadas e chapadões das regiões central e norte do Brasil (EMBRAPA, 2006).

São típicos de zonas quentes e úmidas, normalmente com estação seca bem definida ou que, pelo menos, apresentem um período com decréscimo acentuado das chuvas. Ocorrem também na zona equatorial perúmida e mais esporadicamente em zona semiárida (EMBRAPA, 2006).

Quanto as suas restrições, a maioria dos Plintossolos apresentam sérios problemas de limitação de profundidade efetiva, interferindo negativamente no crescimento radicular. No preparo do solo há excessivo desgaste dos implementos agrícolas, especialmente nos Plintossolos (Pétricos e Háplicos). A erosão constitui outra limitação aos Plintossolos, principalmente quando ocorrem em locais declivosos (PRADO, 2014).

Segundo Pozza (2011), esta classe ocupa 6% do território brasileiro. As principais áreas de solos que apresentam plintita ou petroplintita no País ocorrem na região Amazônica (alto Amazonas), Amapá, Ilha de Marajó, Baixada Maranhense, Piauí setentrional, sudoeste de Tocantins, norte de Goiás, Pantanal Mato-grossense e Ilha do Bananal (EMBRAPA, 1981 *apud* ANJOS *et al.*, 2007).

Avaliando a LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, verificou-se a ocorrência dos Plintossolos nos trechos onde o traçado corta os estados do Maranhão e do Piauí, sendo identificadas 6 (seis) tipologias dessa classe: PT<sub>2</sub>, PT<sub>4</sub>, PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>, PT<sub>19</sub> e PT<sub>25</sub>.

As tipologias (PT<sub>2</sub>, PT<sub>4</sub>, PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>) são encontradas apenas no estado do Piauí, mais especificamente nos municípios de Altos (PT<sub>2</sub>, PT<sub>4</sub>), Campo Maior (PT<sub>2</sub>, PT<sub>11</sub>), Nossa Senhora do Nazaré (PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>), Piri-piri (PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>) Brasileira (PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>) e São João da Fronteira (PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>) (Figura 6.101). Estas tipologias apresentam horizonte A fraco ou A moderado, a textura varia de média a argilosa, verifica-se comumente a ocorrência de matérias concrecionários ao longo dos perfis, estão assentadas sobre relevo plano e suave ondulado, e de um modo geral, encontram-se associados aos outros tipos de solos (Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos e Planossolos), o que lhes confere em partes, características de cada classe.



**Figura 6.101. Plintossolo ocorrente na região sul de Nossa Senhora de Nazaré/PI, local onde faz divisa com o município de Campo Maior/PI. Foto: CARUSO JR., 2013**

Nota: Nota-se solo de coloração alaranjada, apresentando horizonte superficial A moderado e presença de materiais concrecionários (petroplintita) ao longo do perfil.

As tipologias (PT<sub>19</sub>, PT<sub>25</sub>) estão mapeadas em apenas dois segmentos do traçado, quando intercepta o estado do Maranhão. A primeira (PT<sub>19</sub>) refere-se a um Plintossolo que está associado a um Argissolo Vermelho-Amarelo e a um Planossolo. Apresenta o horizonte superficial A moderado e A fraco, textura média e médio-argilosa e estão localizados sobre parte do relevo plano de Timon/MA. A outra tipologia (PT<sub>25</sub>) trata-se de um Plintossolo associado a um Neossolo Flúvico. Sua textura varia de média a argilosa, apresenta os horizontes superficiais A moderado e proeminente e são encontrados no extremo noroeste de Parnarama/MA (Figura 6.102).



**Figura 6.102. Plintossolo encontrado na região noroeste de Parnarama/MA, na All da LT.**  
**Foto: CARUSO JR., 2013**

Nota: Observa-se sua estrutura forte, subangular e a precipitação de petroplintita no perfil.

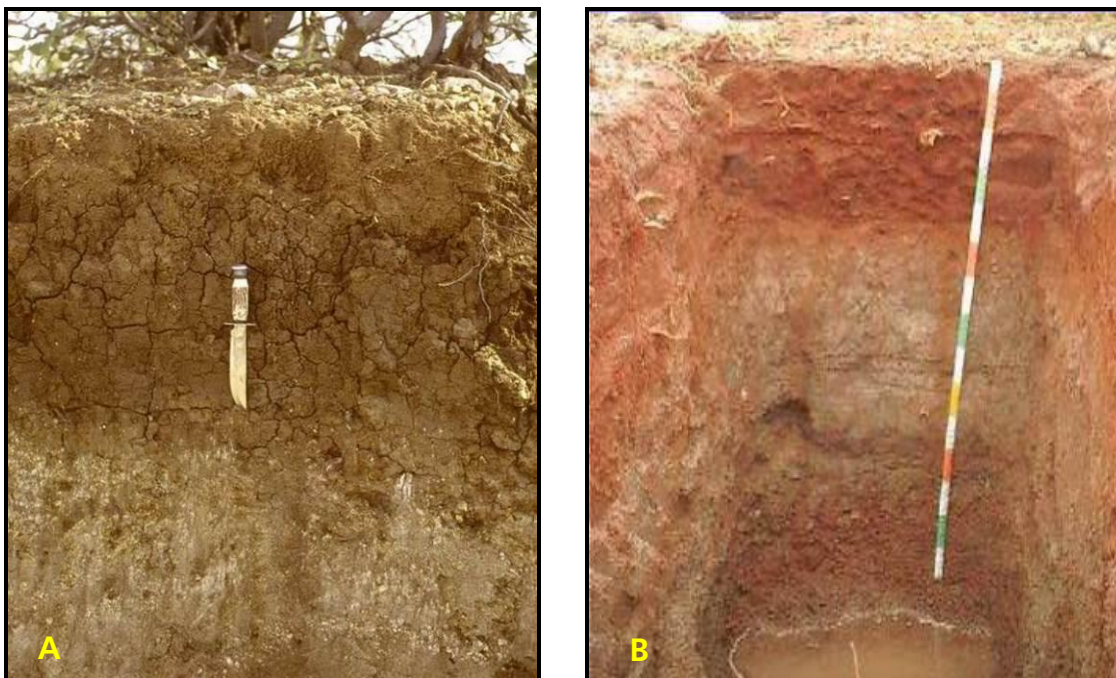
#### 6.2.1.1.5. Luvisolos

São definidos pela Embrapa (2006) como solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E.



Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 a 120 cm), com sequência de horizontes A, Bt e C, e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles. A transição para o horizonte B textural é clara e abrupta, e grande parte dos solos dessa classe possui mudança textural abrupta. Podem ou não apresentar pedregosidade na parte superficial e o caráter solódico ou sódico, na parte subsuperficial (EMBRAPA, 2006).

O horizonte Bt é de coloração avermelhada, amarelada e menos frequentemente, brunada ou acinzentada. A estrutura é usualmente em blocos, moderada ou fortemente desenvolvida, ou prismática, composta de blocos angulares e subangulares. São moderadamente ácidos e ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixo ou nulo, e com valores elevados para a relação molecular Ki no horizonte Bt, normalmente entre 2,4 e 4,0, denotando presença, em quantidade variável, mas expressiva, de argilominerais do tipo 2:1 (EMBRAPA, 2006). No que se refere ao 2º nível categórico de classificação, existem dois tipos de Luvisolos: Crômicos e Háplicos (Figura 6.103).



**Figura 6.103. Perfis pedológicos da classe dos Luvisolos. Fotos: A - Agrolink (2013) e B - Ferreira (2009)**

Nota: Em (A), observa-se um perfil que apresenta horizonte B textural e caráter crômico (Luvisolo Crômico), e em (B), um solo argiloso, de coloração avermelhada e pouco cromado na maior parte do horizonte B (Luvisolo Háptico).

As limitações de uso relacionam-se à quantidade de pedras no horizonte superficial que pode dificultar o uso de mecanização agrícola e a suscetibilidade à compactação. Devido à mudança textural abrupta, são suscetíveis à erosão. Há também a limitação quanto à água disponível no solo, sendo maior em locais mais secos (clima semiárido) (EMBRAPA, 2014).

De acordo com Coelho *et al.* (2002) *apud* Ferreira (2009), são encontrados em apenas 2,6% do território brasileiro. Segundo IBGE (2007), distribuem-se por boa parte do território nacional, com maior expressividade em regiões como o semiárido nordestino (antigos Bruno Não-Cálcicos), região Sul (antigos Podzólicos Bruno Acinzentados eutróficos) e mesmo na região Amazônica, estado do Acre (antigos Podzólicos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros eutróficos com argila de atividade alta).

Ao longo da All da LT, verifica-se apenas a ocorrência de duas tipologias (NC<sub>7</sub> e NC<sub>15</sub>) dessa classe no município de Sobral/CE (Figura 6.104). A primeira tipologia (NC<sub>7</sub>) refere-se a um Luvissole de textura argilosa que está associado a um Neossolo Litólico de textura arenosa e média, que por sua vez encontra-se associado a outro tipo de Luvissole de caráter vértico. Todos apresentam horizonte superficial A fraco e/ou moderado e estão assentados sobre uma pequena área de relevo suave ondulado e ondulado da região central de Sobral/CE. A segunda (NC<sub>15</sub>) apresenta maior expressividade em relação à primeira. Também está mapeada na região central de Sobral/CE, e trata-se da associação de um Luvissole de textura indiscriminada com um Neossolo Litólico de textura arenosa e média e um Planossolo de caráter solódico. Estão assentados sobre relevo plano e suave ondulado, apresentam o horizonte superficial A fraco, sendo comum a presença de alguma pedregosidade ou rochas ao longo do perfil.



**Figura 6.104. Ambiente de ocorrência dos Luvisolos na periferia de Sobral/CE, na All do empreendimento. Fotos: CARUSO JR., 2013.**

### **6.2.7.2 Aspectos pedológicos da Área de Influência Direta (AID)**

No que se refere aos solos ocorrentes junto à faixa de servidão da LT (AID), verificou-se a ocorrência de todas as classes que também estão mapeadas na All, ou seja, a classe dos Argissolos, Latossolos, Neossolos, Planossolos, Plintossolos e Luvisolos.

Na AID os Argissolos Vermelho-Amarelos são bastante expressivos e predominantes no segmento do traçado que corta o estado do Maranhão (Figura 6.105). Apresentam matiz mais vermelho que 7,5YR e mais amarelo que 2,5YR. Ocorrem também com matiz 5YR, valor e croma superiores a 4, sendo encontrados sob os modelados de dissecação dos municípios de Presidente Dutra/MA (PE<sub>20</sub>), Graça Aranha/MA (PVC<sub>22</sub>, PVC<sub>28</sub>), Gonçalves Dias/MA (PVC<sub>28</sub>), Governador Eugênio Barros/MA (PV<sub>16</sub>, PVC<sub>16</sub>, PVC<sub>23</sub>, PVC<sub>28</sub>), Parnarama/MA (PVC<sub>22</sub>), Matões/MA (PV<sub>16</sub>, PVC<sub>22</sub>), Caxias/MA (PV<sub>16</sub>, PE<sub>20</sub>) e Timon/MA (PV<sub>16</sub>, PV<sub>17</sub>, PVC<sub>19</sub>, PVC<sub>26</sub>). No estado do Piauí, são encontrados em Teresina (PV<sub>11</sub>, PV<sub>13</sub>), Altos (PV<sub>11</sub>, PV<sub>13</sub>), Capitão de Campos (PE<sub>10</sub>) e Piripiri (PV<sub>16</sub>). No trecho que corta o Ceará, observou-se a ocorrência desta subordem nos municípios de Mucambo (PE<sub>12</sub>, PE<sub>14</sub>) e Cariré (PE<sub>14</sub>).



**Figura 6.105. Argissolo Vermelho-Amarelo encontrado na AID da LT. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Percebe-se sua textura argilosa e o aspecto lustroso dos seus agregados (cerosidade), localizado na região noroeste de Cariré/CE.

Conforme já mencionado, de uma maneira geral, estas tipologias mapeadas na AID apresentam as características gerais dos argissolos, com a presença do horizonte diagnóstico B textural (Bt) e com nítida diferença de textura do horizonte A para o B. A maioria destas encontram-se associadas a outros tipos de solos o que lhes atribui características intermediárias das classes com as quais estão envolvidas.

No Maranhão é comum a presença de materiais concrecionários (Argissolos Vermelho-Amarelos concrecionários - PVC) nos perfis, o que já não é observado com frequência por onde o traçado intercepta os estados do Piauí e Ceará. Em alguns locais da AID também estão mapeados os Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (PE), por exemplo, em Presidente Dutra/MA, Caxias/MA, Capitão de

Campos/PI, Mucambo/CE e Cariré/CE. Estes recebem tal designação por possuir um elevado potencial nutricional abaixo da camada arável do solo.

Os Latossolos estão representados na AID pelas subordens dos Latossolos Vermelho-Amarelos (LVd<sub>7</sub>) e dos Latossolos Latossolos Amarelos (LA<sub>1</sub>, LA<sub>7</sub>, LA<sub>10</sub>, LA<sub>11</sub>, LA<sub>13</sub>, LA<sub>14</sub>, LA<sub>18</sub>, LA<sub>21</sub>, LA<sub>24</sub>, LA<sub>31</sub>, LA<sub>40</sub>). Em geral, são solos profundos, possuem o horizonte diagnóstico B latossólico, apresentam boa drenagem e são muito intemperizados.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos somente são encontrados na região leste de Ibiapina (LVd<sub>7</sub>) (Figura 6.106). Apresenta textura média e horizonte superficial A moderado. Segundo a Embrapa (2000), esta subordem possui horizonte B latossólico (Bw) de coloração típica no matiz 5YR na maior parte do horizonte B, inclusive BA. O teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> normalmente é igual ou inferior a 110 g.kg<sup>-1</sup> de solo e, em geral, maior que 70 g.kg<sup>-1</sup> de solo, quando apresenta textura argilosa e sem material concrecionário.



**Figura 6.106. Latossolo Vermelho-Amarelo da região leste de Ibiapina/CE, na AID. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Observa-se sua textura arenosa, transição difusa de horizontes e sua cor vermelho amarelada no matiz 5YR na maior parte do horizonte B.

Os Latossolos Amarelos são predominantes na LT. De acordo com a Embrapa (2000), possuem horizonte B latossólico (Bw) de coloração amarelada, fração argila, essencialmente, caulínica, e na maioria dos casos baixos teores de óxidos de ferro. A coloração amarelada, decorrente da presença da goethita, tem matiz variando na faixa de 10 YR a 7,5 YR com cromas maiores ou iguais a 4 e com valores, geralmente, maiores ou iguais a 5. São encontrados ao longo de toda AID, principalmente nos estados do Maranhão e Piauí. Verifica-se esta subordem nos municípios de Governador Eugênio Barros/MA (LA<sub>7</sub>), Parnarama/MA (LA<sub>7</sub>), Matões/MA (LA<sub>7</sub>, LA<sub>18</sub>, LA<sub>40</sub>), Caxias/MA (LA<sub>18</sub>), Timon/MA (LA<sub>10</sub>, LA<sub>21</sub>, LA<sub>40</sub>), Teresina/PI (LA<sub>8</sub>, LA<sub>10</sub>), Altos/PI (LA<sub>1</sub>, LA<sub>10</sub>), Nossa Senhora de Nazaré (LA<sub>11</sub>), Boqueirão do Piauí (LA<sub>11</sub>), Capitão de Campos/PI (LA<sub>11</sub>), Piri-piri/PI (LA<sub>13</sub>, LA<sub>14</sub>), Brasileira/PI (LA<sub>24</sub>) e São João da Fronteira/PI (LA<sub>24</sub>, LA<sub>31</sub>). Na região oeste de Ibiapina/CE também se verificou a ocorrência pontual dos Latossolos Amarelos dentro da AID da LT (LA<sub>31</sub>).

No que se refere à classe dos Neossolos, verificou-se a ocorrência dos Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos e dos Neossolos Quartzarênicos. Na AID, o Neossolo Litólico é encontrado com maior frequência em relação às outras duas subordens, e caracteriza-se por apresentar contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Podem ser encontrado junto à faixa de servidão nos municípios de Piri-piri/PI (R<sub>2</sub>, R<sub>7</sub>), Brasileira/PI (R<sub>2</sub>), Ibiapina/CE (R<sub>9</sub>, R<sub>20</sub>), Mucambo/CE (Re<sub>14</sub>), Cariré/CE (Re<sub>15</sub>) e Sobral/CE (Re<sub>15</sub>).

Os Neossolos Flúvicos ocorrem de maneira pouco expressiva ao longo da AID, estando mapeados apenas na região centro-leste de Timon/MA (A<sub>1</sub>).

Os Neossolos Quartzarênicos também ocorrem de maneira mais restrita na AID, sendo encontrados basicamente na região central de Ibiapina/CE (AQd<sub>2</sub>, AQd<sub>7</sub>) (Figura 6.107). Caracterizam-se por serem solos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade e por apresentar textura areia ou areia franca em todos os horizontes.



**Figura 6.107. Ambiente de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos em Ibiapina/CE, na AID. Fotos: CARUSO JR., 2013.**

Os Planossolos, na AID, estão mapeados apenas na região norte/noroeste de Campo Maior/PI (PL<sub>1</sub>, PL<sub>2</sub>) (Figura 6.108). Caracterizam-se pela ocorrência de mudança textural abrupta entre o horizonte ou horizontes superficiais (A e/ou E) e o subsuperficial B plânico. Apresentam caráter solódico, são imperfeitamente drenados e possuem baixa permeabilidade, requerendo práticas conservacionistas do solo.



**Figura 6.108. Ambiente de ocorrência da classe dos Planossolos, na AID. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Os Plintossolos estão restritos basicamente ao estado do Piauí. Pode ser encontrado em Altos/PI (PT<sub>2</sub>), Campo Maior/PI (PT<sub>2</sub>, PT<sub>11</sub>), Nossa Senhora do Nazaré/PI (PT<sub>11</sub>), Capitão dos Campos/PI (PT<sub>6</sub>), Piripiri/PI (PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>), Brasileira/PI (PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>) e São João da Fronteira/PI (PT<sub>6</sub>, PT<sub>11</sub>) (Figura 6.109). Esta classe também foi mapeada na AID da LT, junto à região noroeste de Parnarama/MA (PT<sub>25</sub>) e setor oeste de Ibiapina/CE (PT<sub>6</sub>). Este tipo de solo individualiza-se em relação às demais classes, por apresentar horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, todos provenientes da segregação localizada de ferro, que atua como agente de cimentação. Com relação aos fatores limitantes dessa classe, destaca-se a baixa profundidade efetiva do solo, que limita o crescimento radicular das plantas e a resistência a mecanização.





**Figura 6.109. Plintossolo encontrado em São João da Fronteira/PI, na AID. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Nota: Observa-se um solo de coloração avermelhada, profundidade relativamente rasa e precipitação de petroplintita no perfil.

E por fim os Luvisolos (NC<sub>15</sub>), que estão mapeados na AID na região sul e centro-sul de Sobral/CE. Caracteriza-se por exibir horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E. Por estar associado aos outros tipos de solo (Neossolo Litólico e Planossolo), sua textura é indiscriminada e apresenta características intermediárias dos solos com os quais está associado.

#### **6.2.7.2.1 Susceptibilidade erosiva dos solos da AID**

Conforme o mapeamento realizado para este estudo, foram identificadas seis classes de solos no transcorrer da AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas: Argissolos, Latossolos, Neossolos, Planossolos, Plintossolos e Luvisolos.

Em atendimento as exigências do TR do IBAMA, criou-se a necessidade de hierarquizar as classes de solos ocorrentes na AID com relação à susceptibilidade a instalação de processos erosivos, uma vez que será neste local a instalação das torres da LT. Assim sendo, adaptou-se a metodologia de Crepani *et al.* (1996), onde este classifica os solos quanto a sua vulnerabilidade a erosão em 3 níveis: estáveis, intermediários e instáveis.

Para os solos que são considerados bem desenvolvidos, intemperizados, friáveis, com grande profundidade e porosidade, apresentando boa permeabilidade ao ar e a água, sendo, portanto, solos cujos materiais de origem são os mais decompostos, enquadrou-se a classe dos Latossolos, que são considerados estáveis, em função de apresentar tais características.

Para os solos um pouco menos intemperizados que a classe dos Latossolos, localizados em topografias um pouco mais movimentadas, com menor profundidade e que apresentam mudança textural entre os horizontes superficiais (mais arenoso) e subsuperficiais (mais argiloso), características estas que favorecem o processo de erosão, estão enquadrados as classes de vulnerabilidade intermediária: os Argissolos, Luvisolos e Planossolos.

Para os solos jovens e pouco desenvolvidos, ainda em fase inicial de formação porque ainda estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados, ou então por estarem localizados em locais de alta declividade, onde a velocidade de erosão é igual ou superior a velocidade de transformação da rocha em solo, estão enquadradas as classes mais vulneráveis (instáveis): os Neossolos e Plintossolos.

De posse destas informações, foi possível a elaboração de um mapa de Susceptibilidade a Erosão dos solos da AID. Este mapa tem por finalidade sugerir os solos ocorrentes na AID que estão mais vulneráveis a escorregamentos e deslizamentos de terra, bem como indicar possíveis processos erosivos já instalados no decorrer do traçado da LT. O mapa de Susceptibilidade a Erosão foi elaborado a partir de uma adaptação da metodologia desenvolvida por Crepani *et al.* (1996), em escala 1:250.000 e pode ser visto no caderno de mapas deste estudo.

Diante do exposto e em conformidade com o mapa de Susceptibilidade apresentado no caderno de mapas, foi possível observar que na AID do empreendimento predominam solos de vulnerabilidade média (Argissolos, Luvisolos e Planossolos), ocorrendo em 41,01% da AID. Os Latossolos, considerados aqui como solos de baixa vulnerabilidade, ocupam 31,05% da AID, seguido pelas classes de alta vulnerabilidade (Neossolos e Plintossolos), que representam 27,94%.

Somado a este cenário, também foram identificados ao longo do traçado vários focos de solo exposto (sem vegetação). Considerando que a ausência de vegetação diminui a resistência da estrutura do solo, bem como prejudica a capacidade de absorção de água pelo mesmo, favorecendo o escoamento superficial, a denudação do solo o deixa mais vulnerável a velocidade e ao impacto que as gotas de chuva atingem o solo, podendo então acelerar o desencadeamento de processos erosivos nessas localidades.

As áreas de solo exposto encontradas na AID e que carecem de maior atenção estão situadas em alguns pontos onde o traçado intercepta as cidades de Altos/PI, Campo Maior/PI, Nossa Senhora do Nazaré/PI, Piripiri/PI, Brasileira/PI e Ibiapina/PI. Isto se deve ao fato de que em alguns locais desses municípios, foram identificados focos de solo exposto ocorrentes sobre classes pedológicas consideradas de alta vulnerabilidade, situação que pode representar risco as torres da LT.

Também foram observados processos erosivos já instalados na AID. Estes foram encontrados em apenas dois pontos do traçado, durante as atividades de campo, na região sul de Teresina/PI e na ala oeste de Ibiapina/CE, conforme já explicitado no item de geomorfologia (subitem - processos erosivos).

Em Teresina/PI, este foco está instalado sobre um Argissolo (vulnerabilidade média), indicando que apesar de não ser um solo de grande fragilidade, é um local que exige prudência em função das características intrínsecas desta classe. Em Ibiapina/CE, o solo onde está instalado o foco erosivo apresenta vulnerabilidade alta, configuração que agrava a situação, requerendo de mais estudos e cautela no momento do planejamento de alocação das torres. Os outros processos erosivos

instalados ao longo do traçado ocorrem apenas na All, localizados de maneira pontual, entretanto, também carecem de atenção.

Recomenda-se uma atenção especial para as áreas de solo exposto localizadas na região de Sobral/CE, onde existe um núcleo de desertificação. Sugere-se também a observância das classes de solos consideradas de alta vulnerabilidade ocorrentes na AID do empreendimento, como na região noroeste de Parnarama/MA, região oeste de Timon/MA, setor sul de Teresina/PI, ala noroeste de Altos/PI, sudoeste e centro de Campo Maior/PI e toda região sudoeste de Nossa Senhora do Nazaré/PI. A partir do município de Piri-piri/PI, de oeste para leste, constatou-se uma ocorrência mais significativa de solos susceptíveis a erosão na AID da LT, com destaque para os municípios de Brasileira/PI, São João da Fronteira/PI, Ibiapina/CE, Mucambo/CE e Cariré/CE.

Por fim, cabe salientar que com este subitem do diagnóstico, procurou-se apontar os locais que se mostraram mais sensíveis ao desenvolvimento de processos erosivos, estando estes associados ao tipo de solo e a cobertura vegetal existente (solo exposto). Contudo, ressalta-se que os estudos dos perfis do solo, através dos furos de sondagens, se fazem imprescindíveis para assegurar a estabilidade e segurança dos terrenos onde serão alocadas as torres da LT.

## 6.2.8 Espeleologia

Os estudos espeleológicos são necessários e exigidos pela legislação brasileira para o licenciamento ambiental de empreendimentos potencialmente lesivos ao patrimônio espeleológico nacional. A proteção desse patrimônio está definida pela Resolução CONAMA nº 347/2004 e suas alterações, e pelo Decreto nº 6.640/2008, instruído pela IN nº 02/2009 do Ministério do Meio Ambiente.

O diagnóstico de espeleologia contempla o estabelecido no TR emitido pelo IBAMA, bem como pelas "Orientações Básicas para Elaboração de Estudos Espeleológicos" do CECAV (2013). O Decreto nº 6.640/2008 define cavidade natural subterrânea como ***"todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido***

*como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante."*

Nesse diagnóstico espeleológico serão apresentados os estudos de Potencialidade Espeleológica Regional que serviram de base para a execução da Prospecção Espeleológica.

Nesse contexto, como resultado dos estudos espeleológicos, será apresentado o grau de favorabilidade à formação de cavidades naturais subterrâneas ao longo da LT (potencialidade espeleológica da área), o posicionamento geográfico da cavidade encontrada em relação ao empreendimento e a conclusão acerca da possibilidade de impactos do empreendimento sobre essa cavidade.

Destaca-se que no processo de elaboração do diagnóstico do meio físico, com ênfase à espeleologia, foram obedecidas as seguintes fases de estudo, com suas principais etapas de trabalho:

### ***FASE I - Definição do Potencial Espeleológico Regional (trabalho pré-campo)***

Para definição desta etapa do estudo foram definidas as sequências de atividades descritas a seguir:

- Pesquisa bibliográfica;
- Organização das informações e montagem de banco de dados cartográficos e de imagens para sensoriamento remoto (*Google*, *SRTM* e *LandSat*), além de cartas topográficas 1:100.000 (IBGE 1974, 1978, 1982, 1984, IPECE 2013);
- Montagem e confecção de mapas geológicos e geomorfológicos, em escala regional de 1:250.000;
- Estabelecimento dos domínios geológicos que a LT atravessa, de oeste para leste: Domínio I - Província Parnaíba e Domínio II -

Província Borborema, em função de suas características geológicas distintas;

- Execução de sensoriamento remoto sobre a LT e sua AID e All com base nas imagens *LandSat*, *SRTM* e *Google*, com abordagem e distinção de padrões de drenagens, padrões geomorfológicos e padrões estruturais, em busca de feições indicativas para a ocorrência de cavidades naturais subterrâneas;
- Montagem e confecção de mapa de classes de potencialidade espeleológica (com auxílio de *softwares*, como ArcGis);

## **FASE II - Prospecção Espeleológica (trabalho de campo)**

A execução dos trabalhos de campo foi realizada em duas etapas. A primeira campanha de campo foi desenvolvida no período de 18/11/2013 a 08/12/2013. Já a segunda ocorreu entre os dias 03/06/2014 a 08/06/2014, abrangendo as seguintes atividades:

- Coleta de informações geológicas e espeleológicas de campo através do rastreamento longitudinal e em “zig-zag” ao longo da LT e AID, em busca de cavidades naturais subterrâneas. Efetuou-se caminhamento direto de oeste para leste/nordeste de modo a descrever afloramentos rochosos, feições geomorfológicas, aspectos pedológicos e hidrográficos, coletar amostras e dados estruturais lineares e planares;
- Identificação e caracterização das cavidades presentes na AID do empreendimento, observando-se, para isso, os critérios estabelecidos nas “Orientações Básicas para Elaboração de Estudos Espeleológicos” do CECAV (2013) e Termo de Referência para os estudos ambientais do empreendimento;
- Cadastro de pontos de campo com GPS Garmin 76CSX, acurácia média +/- três metros, mínimo de quatro satélites, utilizando-se sistema de coordenadas UTM, datum SIRGAS 2000, zonas 23M e 24M.

Ressalta-se que durante o trabalho de campo a população também foi consultada, e não foi relatada ocorrência de cavidades por esta população.

### ***FASE III - Tratamento e interpretação de dados (trabalho pós-campo)***

Essa fase compreendeu as atividades apresentadas a seguir:

- Elaboração do mapa espeleométrico da cavidade encontrada e seu respectivo georreferenciamento;
- Confecção do relatório final, com apresentação de mapas diversos - contextualização regional, mapa de pontos e caminhamento da prospecção espeleológica na escala 1:250.000, resultados obtidos na escala 1:100.000 (geológico, geomorfológico e de classes de potencialidade espeleológica) e da cavidade encontrada na escala 1:100;
- Conclusão acerca dos impactos ambientais do empreendimento sobre o patrimônio espeleológico.

#### **6.2.8.1 Potencial Espeleológico Regional**

Neste item, tem-se a contextualização do empreendimento segundo o potencial espeleológico da área na qual ele está inserido. A partir da análise de artigos disponíveis na literatura, das informações da base de dados do CECAV (2013), dos contextos geológicos e geomorfológicos regionais e de estudos de sensoriamento remoto de imagens SRTM, *Google Earth*, *LandSat* e cartas topográficas (IBGE 1974, 1978, 1982, 1984, IPECE 2013), foi possível diferenciar, em escala de maior detalhe, os padrões de drenagens, geomorfológicos e estruturais, em busca da relação dessas características com a potencialidade para formação de cavidades.

Com a sobreposição de todas essas informações e associação com as feições típicas do carste ou de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas (LINO, 2001), foram delimitadas as áreas de muito alto, alto, médio, baixo e de ocorrência improvável de potencial espeleológico regional.

Abaixo apresenta-se em ordem cronológica cada etapa do método de trabalho utilizado (Quadro 6.3) para confecção do mapa de potencialidade espeleológica regional. Em seguida, será apresentado o mapa de potencial espeleológico

regional da área de estudo, o qual serviu como base de orientação para o trabalho de prospecção espeleológica realizado.

**Quadro 6.3. Etapas para confecção do mapa de potencial espeleológico regional.**

<b>Cronologia</b>	<b>Resumo</b>
1º	Análise de trabalhos anteriores;
2º	Análise da base de dados CECAV;
3º	Caracterização da Geologia e Geomorfologia Regional;
4º	Sensoriamento Remoto – Padrões de Drenagens, Padrões Estruturais e Padrões Geomorfológicos;
5º	Integração de Informações – Elaboração do Mapa de Potencial Espeleológico Regional

Elaboração: CARUSO JR., 2014.

A descrição de cada uma das etapas que compõem o método de trabalho para a definição do Potencial Espeleológico Regional é apresentada, na íntegra, no Anexo 6.2.12.1.

O Mapa de Potencial Espeleológico Regional com as áreas de Alto, Médio e Baixo Potencial Espeleológico é apresentado no Caderno de Mapas e no já citado Anexo 6.2.12.1 deste diagnóstico. A seguir são apresentadas as ilustrações do mapa supramencionado (Figura 6.110 e Figura 6.111).



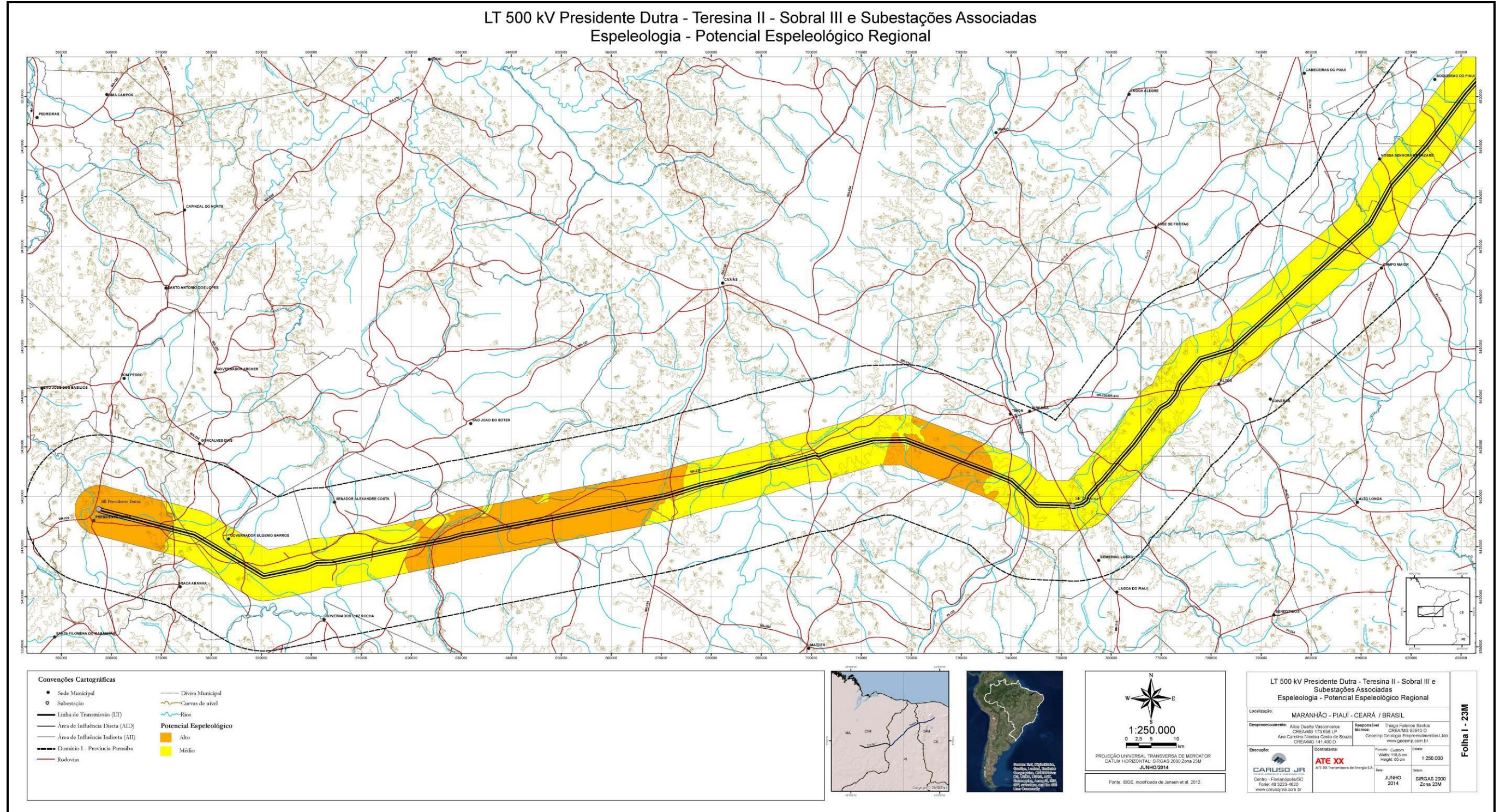


Figura 6.110. Mapa de Potencial Espeleológico Regional na escala 1:250.000 – Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

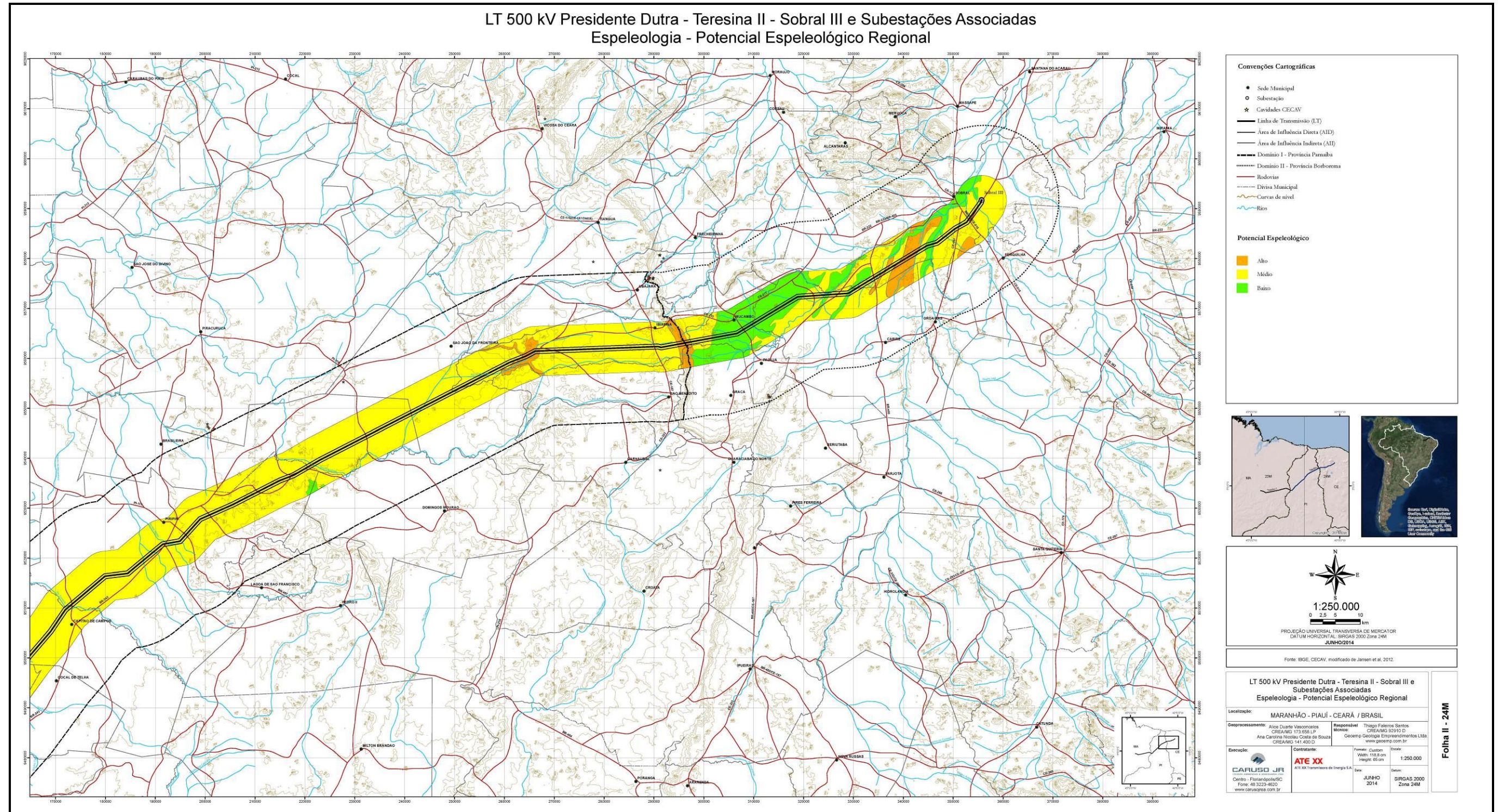


Figura 6.111. Mapa de Potencial Espeleológico Regional na escala 1:250.000 – Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### **6.2.8.2 Prospecção Espeleológica na AID**

Foram realizadas duas campanhas de campo para caracterização espeleológica da área e descrição quanto à favorabilidade de formação de cavidades na área de estudo (AID). Estas campanhas envolveram trabalhos sistemáticos de prospecção de cavidades naturais subterrâneas e contextualização geológica e geomorfológica, principalmente, bem como pedológica e hidrográfica, secundariamente.

Os trajetos realizados pelas equipes foram registrados em GPS e posteriormente transferidos para uma base cartográfica em plataforma GIS, bem como a descrição das condições geológicas e geomorfológicas visando encontrar áreas com feições cársticas ou de interesse espeleológico.

Ao todo, foram descritos 402 pontos de observações espeleológicas, dos quais apenas um é cavidade natural subterrânea tipo abrigo. Foram percorridos aproximadamente 6.100 km no caminhamento da prospecção espeleológica, entre estradas pavimentadas, estradas não pavimentadas e trilhas em meio a pastagens e vegetação nativa, preferencialmente em topo de morro, na meia encosta e fundo de drenagem.

O Mapa de Pontos e Caminhamento de Campo é apresentado no Caderno de Mapas. O mapa de localização do Abrigo encontra-se no item 4.2 do Relatório de Espeleologia (Anexo 6.2.12.1). A seguir são apresentadas as ilustrações dos mapas referentes aos pontos e caminhamento realizados na AID do empreendimento (Figura 6.112 e Figura 6.113).

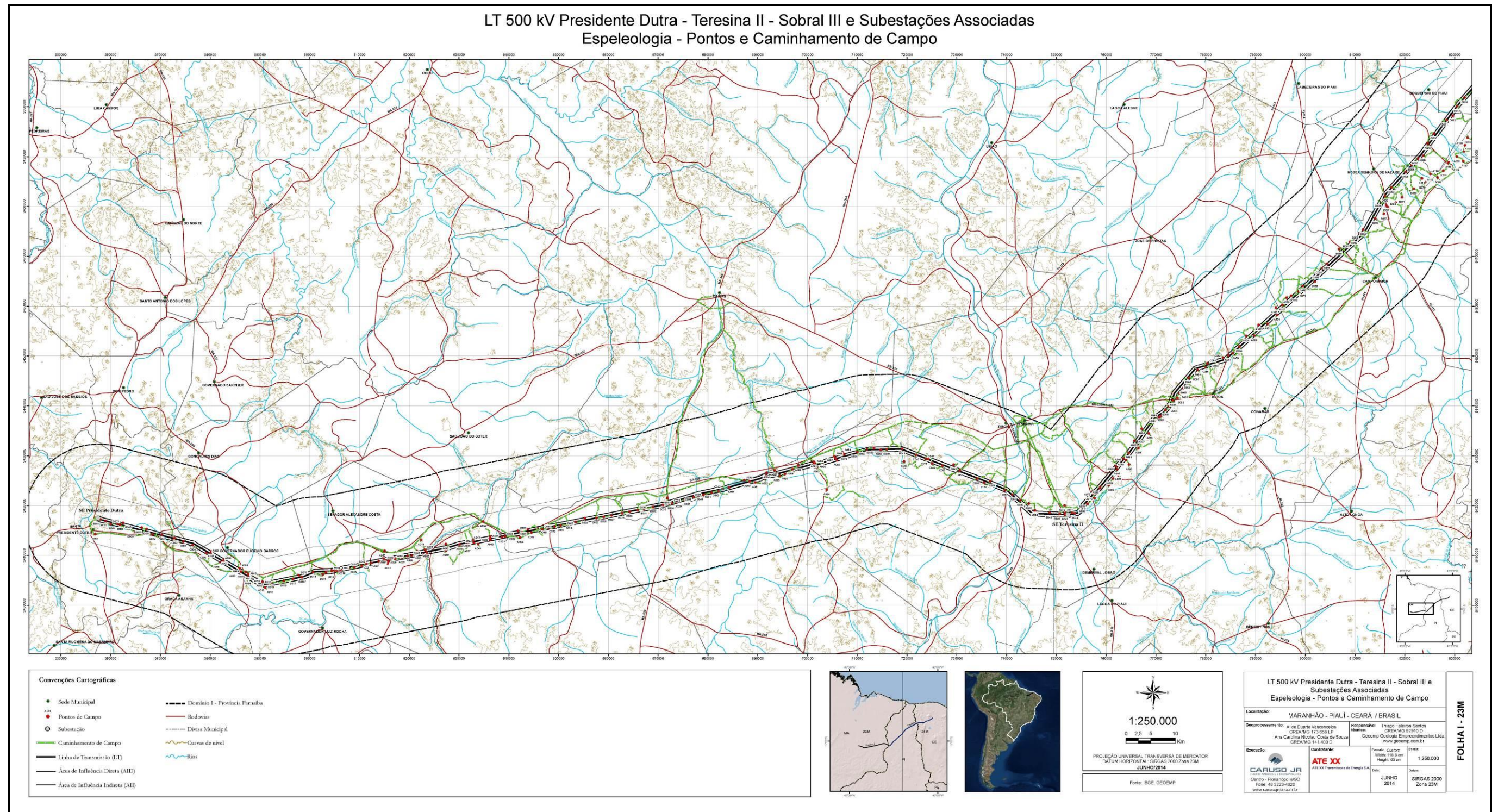


Figura 6.112. Mapa de Pontos e Caminhamento de Campo na escala 1:250.000 – Fuso 23S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

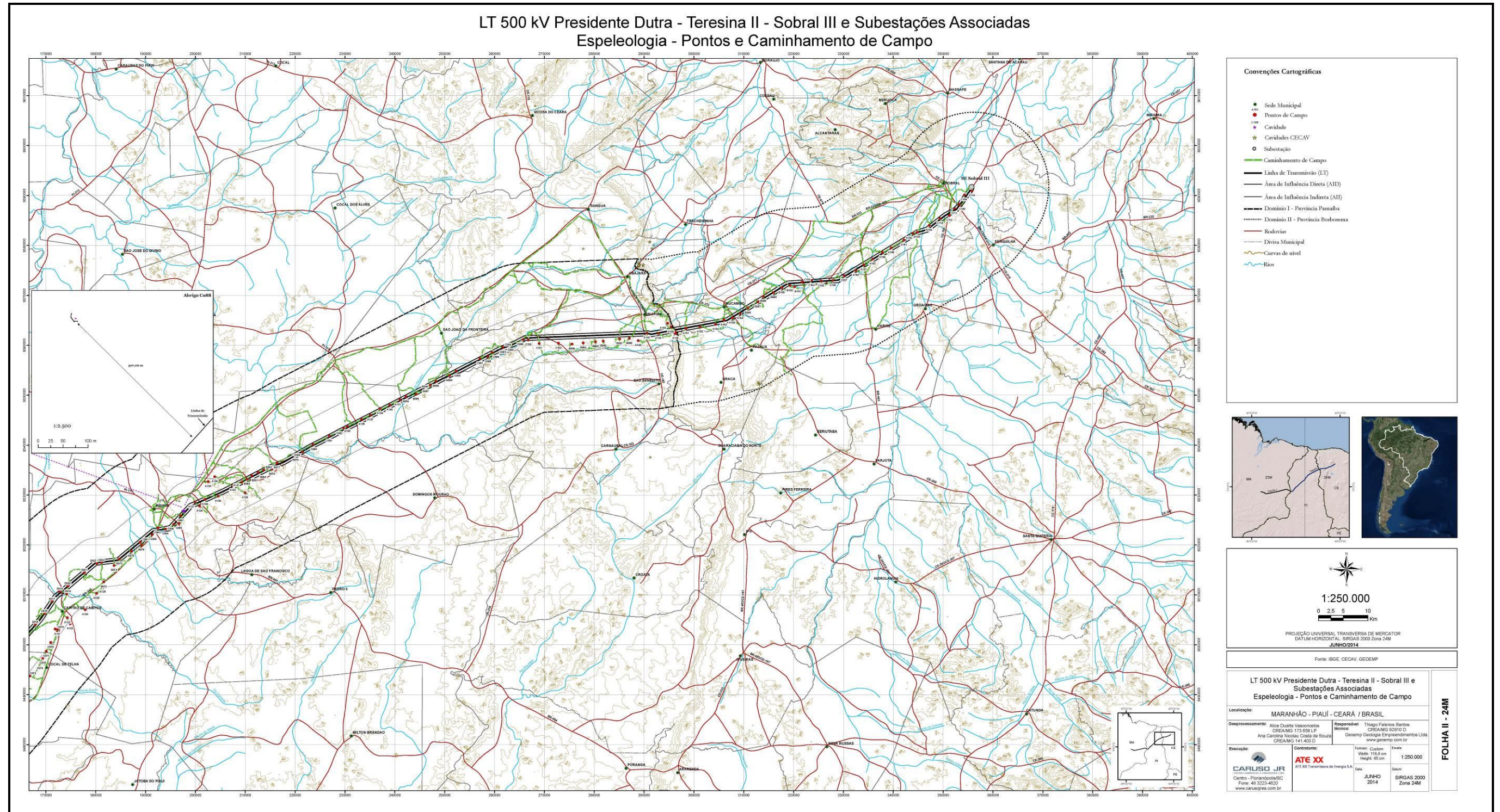


Figura 6.113. Mapa de Pontos e Caminhamento de Campo na escala 1:250.000 – Fuso 24S. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

### **6.2.8.3 Considerações Finais**

Os estudos espeleológicos integrantes do EIA do empreendimento LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III e Subestações Associadas foram realizados com foco na caracterização das áreas do empreendimento (AID e AII) quanto à potencialidade à formação de cavidades naturais subterrâneas e na identificação de cavidades na AID, a uma distância de 500 m para cada lado da diretriz da LT. Considerou-se para tal o princípio da precaução (CONAMA, 2004), o termo de referência para este estudo emitido pelo IBAMA, às orientações do CECAV (2013) e as legislações específicas relacionadas à proteção do patrimônio espeleológico brasileiro (BRASIL, 2008 e MMA, 2009).

Em função das características geológicas e geomorfológicas distintas da região por onde atravessa a LT, nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará, a apresentação dos resultados foi feita por domínios, segundo a divisão geológica e geomorfológica, a saber, de oeste para leste: Domínio I - Província Parnaíba e Domínio II - Província Borborema.

Durante a prospecção espeleológica foi caracterizada uma cavidade tipo abrigo (Abrigo C088), próxima à cidade de Piri-piri/PI. Esta cavidade se localiza dentro da AID, contudo, a mais de 300 m da diretriz da LT. O abrigo foi mapeado, georreferenciado em relação ao empreendimento e caracterizado preliminarmente segundo seus atributos físicos, biológicos e histórico-culturais. Não foi observada nenhuma relevância científica ou ambiental que possa impactar a implantação do projeto.

Como é possível observar nos mapas de Espeleologia - Geologia, Geomorfologia e Potencialidade Espeleológica Local, apresentados no Caderno de Mapas e no Anexo 8.6 do Relatório de Espeleologia (Anexo 6.2.12.1), o empreendimento está situado integralmente em zonas de improvável potencial espeleológico, pontualmente em áreas de baixo potencial.

Uma vez que não foi identificada a possibilidade de impactos na cavidade encontrada, o restante da área não apresenta feições cársticas ou de interesse espeleológico, bem como não foram detectados sistemas espeleológicos

complexos ou rede de drenagens subterrâneas ou cavidades que se projetassem para o interior da AID ou diretriz da LT, certifica-se que o projeto da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas não possui interferência com o patrimônio espeleológico brasileiro, sendo, portanto, um empreendimento espeleologicamente viável.

O diagnóstico de espeleologia encontra-se disponível, na íntegra, no Anexo 6.2.12.2 em atendimento ao item 6.2.7 do TR/IBAMA.

### 6.2.9 Recursos Minerais

Neste item são apresentados os dados referentes aos processos minerários instaurados na AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, que corresponde a um corredor de 1 km de largura - 500 m para cada lado em relação ao eixo da LT. As análises inerentes aos processos correspondem às informações levantadas em toda a extensão da AID, desta forma, a ocorrência de jazimentos poderá estar, ou não, interceptada pelo empreendimento.

O levantamento dos Direitos Minerários incidentes sobre a área do empreendimento em pauta foi realizado no sítio do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em 27/06/2014, por meio de consulta ao Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), que possibilita obter a localização georreferenciada dos títulos minerários, associada às informações do Cadastro Mineiro (SICOM), que reúne as informações sobre a situação dos processos de mineração com contínuas atualizações.

Foram obtidos os *shapefiles* e as informações dos títulos minerários, identificando os polígonos registrados, por substância requerida e por fase do processo. Após essa etapa, foi realizado cruzamento entre as poligonais de processos minerários obtidas na base de dados do DNPM e a AID do empreendimento. Com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento foi elaborado o Mapa de Títulos da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas.

## 6.2.9.1 Resultados

Ao todo foram identificados dentro dos limites da AID 61 processos minerários requeridos no DNPM.

A seguir, estão as possíveis fases de licenciamento em que uma lavra pode se encontrar, de acordo com o art. 2º do Código de Mineração, que define os regimes de aproveitamento econômico das substâncias minerais:

**Requerimento de Pesquisa:** Trata da elaboração de um plano de pesquisa em determinada área, sujeita à aprovação do DNPM (não existe titular na área requerida).

**Autorização de Pesquisa:** Após a análise técnica do Requerimento de Pesquisa no Distrito do DNPM, da qual poderá ou não resultar algum cumprimento de exigência da parte do requerente, é então aprovada a liberação do Alvará de Pesquisa (titularidade da área de pesquisa).

**Requerimento de Lavra:** Publicada a aprovação do Relatório Final de Pesquisa, o titular terá prazo determinado para requerer a Concessão de Lavra. O requerimento é acompanhado do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE), no qual se exige o projeto técnico e industrial que define o plano de exploração, bem como o estudo de viabilidade econômica do empreendimento, além de mapas e plantas das edificações.

**Concessão de Lavra:** Estando devidamente analisados e vistoriados, por técnico do Distrito do DNPM, o Estudo da Área e o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) e, cumpridas todas as exigências legais, a área torna-se passível de exploração.

**Disponibilidade:** Os processos em disponibilidade fazem referência àqueles que extrapolaram os prazos definidos pelo DNPM e encontram-se disponíveis para prosseguimento do processo através de Editais.

**Licenciamento:** Trata dos processos analisados pelo próprio município onde se localiza a área requerida. Tais processos são apenas informados ao DNPM, pois tratam de extrações de substâncias menos impactantes e em menor volume (areia,



argila, etc.). Não dependem de plano de pesquisa e relatório de pesquisa para iniciar a extração, apenas de registro (no DNPM) de licença específica emitida pelo município.

**Permissão de Lavra Garimpeira - (Mais complexa liberação):** Visa à lavra e aproveitamento imediato do recurso, que, em razão de sua localização, dimensão, natureza e utilização econômica, não depende de pesquisa, mas de permissão outorgada pelo DNPM.

Nesse contexto, a partir da base de dados disponibilizada por meio do SIGMINE e SICOM foram tabulados os números de processos, de modo a disponibilizar os seguintes dados: titular da área, substância, área em hectares, unidade da federação, município e situação legal (último evento). O Quadro 6.4 apresenta as informações dos processos ativos conforme registros disponibilizados por meio do banco de dados SIGMINE-DNPM.

Quadro 6.4. Situação dos processos de mineração localizados na faixa de servidão do empreendimento.

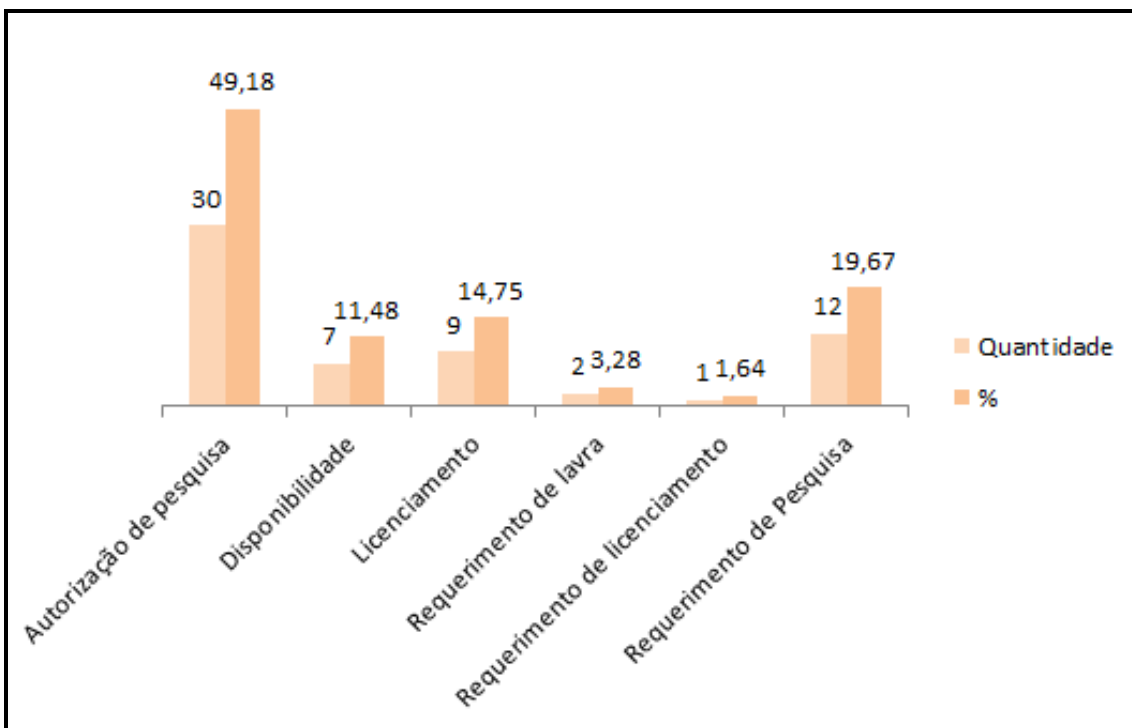
Processo	Área (ha)	Fase	Último evento	Requerente	Substância	Uso	UF	Município
806077/2008	50	Autorização de pesquisa	645 - Aut pesq/pagamento multa efetuado-rel pesq em 16/10/2012	Cbemi Construtora Brasileira E Mineradora Ltda	Basalto	Brita	MA	Caxias
806078/2008	50	Autorização de pesquisa	645 - Aut pesq/pagamento multa efetuado-rel pesq em 16/10/2012	Cbemi Construtora Brasileira e Mineradora Ltda	Basalto	Brita	MA	Caxias
806336/2008	949,16	Autorização de pesquisa	236 - Aut pesq/documento diverso protocolizado em 25/03/2013	Cbemi Construtora Brasileira e Mineradora Ltda	Minério de cobre	Industrial	MA	Caxias
806006/2009	671,02	Autorização de pesquisa	644 - Aut pesq/multa aplicada-relatório pesquisa em 05/06/2014	Gm Rocha Ind. Com. Serv. Ltda	Diabásio	Revestimento	MA	Caxias
806152/2010	50	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 20/01/2014	Cbemi Construtora Brasileira e Mineradora Ltda	Basalto	Brita	MA	Caxias
806328/2012	497,14	Requerimento de pesquisa	100 - Req pesq/requerimento pesquisa protocolizado em 14/09/2012	Nordeste Empreendimentos Comerciais Ltda	Diabásio	Revestimento	MA	Caxias
806318/2011	967,62	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 31/01/2014	Barro Forte Indústria de Cerâmica Ltda	Argila	Industrial	MA	Timon
806200/2013	44,56	Requerimento de pesquisa	100 - Req pesq/requerimento pesquisa protocolizado em 25/09/2013	Loguiminas Serviços e Mineração Ltda	Basalto	Brita	MA	Caxias
806252/2013	671,02	Requerimento de pesquisa	100 - Req pesq/requerimento pesquisa protocolizado em 13/11/2013	Geobem - Consultoria e Projetos Ltda	Diabásio	Revestimento	MA	Caxias
806129/2013	960,16	Requerimento de pesquisa	131 - Req pesq/exigência publicada em 13/03/2014	Apis Mel Ltda	Basalto	Revestimento	MA	Caxias
806254/2012	515,19	Autorização de pesquisa	209 - Aut pesq/início de pesquisa comunicado em 06/02/2014	Geomil - Geologia, Mineração e Lapidação Ltda	Diabásio	Revestimento	MA	Caxias
806347/2012	405,78	Requerimento de pesquisa	100 - req pesq/requerimento pesquisa protocolizado em 18/10/2012	Nordeste Empreendimentos Comerciais Ltda	Diabásio	Revestimento	MA	Caxias
806246/2012	949,16	Disponibilidade	312 - Disponib/habilit edital disponibi p/pesq em 19/05/2014	Hildebrando Karder de Oliveira Doudement	Diabásio	Revestimento	MA	Caxias
804408/2008	897,96	Autorização de pesquisa	662 - Notificação adm pgto débito multa em 25/07/2011	Pedro Ilgenfritz	Ilmenita	Industrial	PI	Teresina
803399/2010	49,57	Autorização de pesquisa	227 - Aut pesq/pagamento multa efetuado em 06/08/2012	Marlon Rômulo de Araújo Fortes	Areia	Construção civil	PI	Teresina
803398/2010	49,58	Autorização de pesquisa	280 - Aut pesq/baixa transcrição alvará em 07/12/2012	Construmax Indústria e Comercio Ltda	Areia	Construção civil	PI	Teresina
803400/2010	49,57	Autorização de pesquisa	224 - Aut pesq/auto infração multa publicada em 31/07/2012	Construmax Indústria e Comercio Ltda	Areia	Construção civil	PI	Teresina
803015/2011	3,97	Licenciamento	730 - Licen/licenciamento autorizado publicado em 28/03/2011	Cooperativa dos Oleiros e Artesãos em Cerâmica de Campo Maior	Argila	Cerâmica vermelha	PI	Campo Maior
803182/2011	949,1	Autorização de pesquisa	227 - Aut pesq/pagamento multa efetuado em 02/05/2014	Antonio Carlos Cerqueira Fortes	Argila	Industrial	PI	Teresina
803184/2011	697	Autorização de pesquisa	227 - Aut pesq/pagamento multa efetuado em 02/05/2014	Antonio Carlos Cerqueira Fortes	Argila	Industrial	PI	Teresina
803129/2011	520,6	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 29/01/2013	Mineração Salvador Ltda Me	Saibro	Construção civil	PI	Teresina
803180/2011	979,85	Autorização de pesquisa	227 - Aut pesq/pagamento multa efetuado em 02/05/2014	Antonio Carlos Cerqueira Fortes	Argila	Industrial	PI	Teresina
804496/2008	165,64	Autorização de pesquisa	227 - Aut pesq/pagamento multa efetuado em 10/12/2012	Camila Caldas Gonçalves	Argila	Industrial	PI	Teresina
803181/2011	966,9	Autorização de pesquisa	224 - Aut pesq/auto infração multa publicada em 07/05/2014	Antonio Carlos Cerqueira Fortes	Argila	Industrial	PI	Teresina
803239/2012	158,55	Requerimento de pesquisa	122 - Req pesq/indeferimento p/ não cumprimento exigência em 22/08/2013	Antonio Ney Ferraz	Argila	Industrial	PI	Teresina
803684/2011	40,46	Requerimento de pesquisa	122 - Req pesq/indeferimento p/ não cumprimento exigência em 04/06/2012	Sociedade Empresária Limitada Portseg Ltda Me	Areia	Construção civil	PI	Teresina
803559/2012	42,91	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 29/07/2013	Antonio José Ferreira Lima	Areia	Construção civil	PI	Teresina
803594/2012	16,78	Licenciamento	742 - Licen/prorrogação registro licença autorizada em 26/12/2013	Ferraz Agropecuária e Mineração Ltda Me	Saibro	Construção civil	PI	Teresina
803151/2013	984,17	Autorização de pesquisa	209 - Aut pesq/início de pesquisa comunicado em 18/06/2014	N R M Nordeste Recursos Mineraiis Ltda	Quartzo	Industrial	PI	Piripiri

Processo	Área (ha)	Fase	Último evento	Requerente	Substância	Uso	UF	Município
803565/2012	49,57	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 20/06/2014	Cooperativa de Mineradores de Areia da Grande Teresina	Areia	Construção civil	PI	Teresina
803162/2013	49,13	Licenciamento	742 - Licen/prorrogação registro licença autorizada em 25/02/2014	Mineradora JMDF Ltda	Cascalho	Construção civil	PI	Teresina
803300/2013	49,3	Licenciamento	742 - Licen/prorrogação registro licença autorizada em 28/05/2014	Mineradora JMDF Ltda	Cascalho	Construção civil	PI	Teresina
803287/2013	29,81	Licenciamento	742 - Licen/prorrogação registro licença autorizada em 30/12/2013	Ferraz Agropecuária e Mineração Ltda Me	Argila	Construção civil	PI	Teresina
803398/2013	49,57	Licenciamento	730 - Licen/licenciamento autorizado publicado em 20/12/2013	Marques e Bandeira Ltda Me	Areia	Construção civil	PI	Teresina
803045/2014	968,23	Requerimento de pesquisa	100 - Req pesq/requerimento pesquisa protocolizado em 13/02/2014	Maria Josely Santos do Nascimento	Quartzito	Revestimento	PI	Piripiri
803281/2013	109,04	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 13/01/2014	Roberto Pessôa Junior	Argila	Industrial	PI	Teresina
803283/2013	109,43	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 30/01/2014	Antonio Ney Ferraz	Argila	Industrial	PI	Teresina
803288/2013	260,82	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 31/01/2014	Raimundo Alves Cavalcanti Ferraz	Argila	Industrial	PI	Teresina
803286/2013	96,42	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 29/01/2014	José Ronald Cavalcante soares	Argila	Industrial	PI	Teresina
803284/2013	125,85	Autorização de pesquisa	545 - Aut pesq/transf direitos - cessão parcial protocolizada em 20/06/2014	Antonio Ney Ferraz	Argila	Industrial	PI	Teresina
803218/2008	1862,95	Disponibilidade	227 - Aut pesq/pagamento multa efetuado em 07/03/2012	Geomil - Geologia, Mineração E Lapidação Ltda	Minério de alumínio	Industrial	PI	Piripiri
800416/2007	890,14	Autorização de pesquisa	255 - Aut pesq/cumprimento exigência protocolo em 25/10/2010	Gransales Mineração Ltda.	Granito	Revestimento	CE	Cariré
800404/2006	286,36	Requerimento de lavra	1398 - Req lav/licença ambiental protocolizada em 13/01/2012	Milgran Indústria e Comércio de Granitos Ltda.	Conglomerado	Revestimento	CE	Cariré
800233/2006	401,04	Requerimento de lavra	362 - Req lav/prorrogação prazo exigência solicitado em 22/04/2014	Vermont Mineração Exportação e Importação Ltda.	Granito	Revestimento	CE	Cariré
800587/2010	1051,81	Requerimento de pesquisa	157 - Req pesq/desistência homologada pub em 19/03/2013	Terrativa Minerais S.A.	Minério de cobre	Industrial	CE	Cariré
800371/2011	7,09	Licenciamento	736 - Licen/documento diverso protocolizado em 29/01/2014	Francisco Damazio de Azevedo	Areia	Construção civil	CE	Sobral
800479/2011	1706,67	Requerimento de pesquisa	157 - Req pesq/desistência homologada pub em 22/03/2013	Terrativa Minerais S.A.	Minério de cobre	Industrial	CE	Cariré
800538/2012	970,9	Autorização de pesquisa	236 - Aut pesq/documento diverso protocolizado em 03/10/2013	Antolini, Exportação, Importação e Mineração Ltda.	Arenito	Revestimento	CE	Sobral
800295/2013	1813,77	Requerimento de pesquisa	157 - Req pesq/desistência homologada pub em 25/07/2013	Votorantim Metais Zinco S A	Fosfato	Fertilizantes	CE	Sobral
800411/2013	47,89	Licenciamento	730 - Licen/licenciamento autorizado publicado em 03/09/2013	Sonia Maria Ibiapina Gadelha	Areia	Construção civil	CE	Sobral
800410/2013	49,93	Licenciamento	730 - Licen/licenciamento autorizado publicado em 06/11/2013	Sonia Maria Ibiapina Gadelha	Areia	Construção civil	CE	Sobral
800513/2013	898,29	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 31/01/2014	Nova Aurora Marmores e Granitos Ltda	Granito	Revestimento	CE	Cariré
800287/2013	1876,15	Requerimento de pesquisa	157 - Req pesq/desistência homologada pub em 25/07/2013	Votorantim Metais Zinco S A	Fosfato	Fertilizantes	CE	Sobral
800765/2012	903,07	Autorização de pesquisa	687 - Notificação adm pagto débito vistoria em 13/02/2014	Milka Mineração Exportação e Importação Ltda me	Quartzito	Revestimento	CE	Cariré
800036/2014	36,68	Requerimento de licenciamento	1400 - req licen/licença ambiental protocolizada em 09/05/2014	Francisco Damazio de Azevedo	Areia	Construção civil	CE	Sobral
800361/2013	932,53	Autorização de pesquisa	264 - Aut pesq/pagamento tah efetuado em 20/01/2014	Thor Granitos e Mármore Ltda	Granito	Revestimento	CE	Cariré
800418/2006	984	Disponibilidade	99 - Disponib/área s/preten proc arq área livre em 14/04/2009	Antolini, Exportação, Importação e Mineração Ltda.	Riólito	Revestimento	CE	Sobral
800345/2006	930	Disponibilidade	315 - Disponib/documento diverso protocolizado em 03/10/2013	Antolini, Exportação, Importação e Mineração Ltda.	Conglomerado	Revestimento	CE	Cariré
800430/2009	1993,45	Disponibilidade	99 - Disponib/área s/preten proc arq área livre em	Terrativa Minerais S.A.	Minério de ferro	Industrial	CE	Mucambo

Processo	Área (ha)	Fase	Último evento	Requerente	Substância	Uso	UF	Município
			17/05/2011					
800522/2009	1493,06	Disponibilidade	99 - Disponib/área s/preten proc arq área livre em 24/04/2012	Terrativa Minerais S.A.	Minério de ferro	Industrial	CE	Cariré
800260/2012	738,61	Disponibilidade	1341 - Aut pesq/área disponibilidade para pesquisa - edital em 26/08/2013	Aurora Helena de Oliveira Martins	Quartzito	Industrial	CE	Sobral

Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2014.

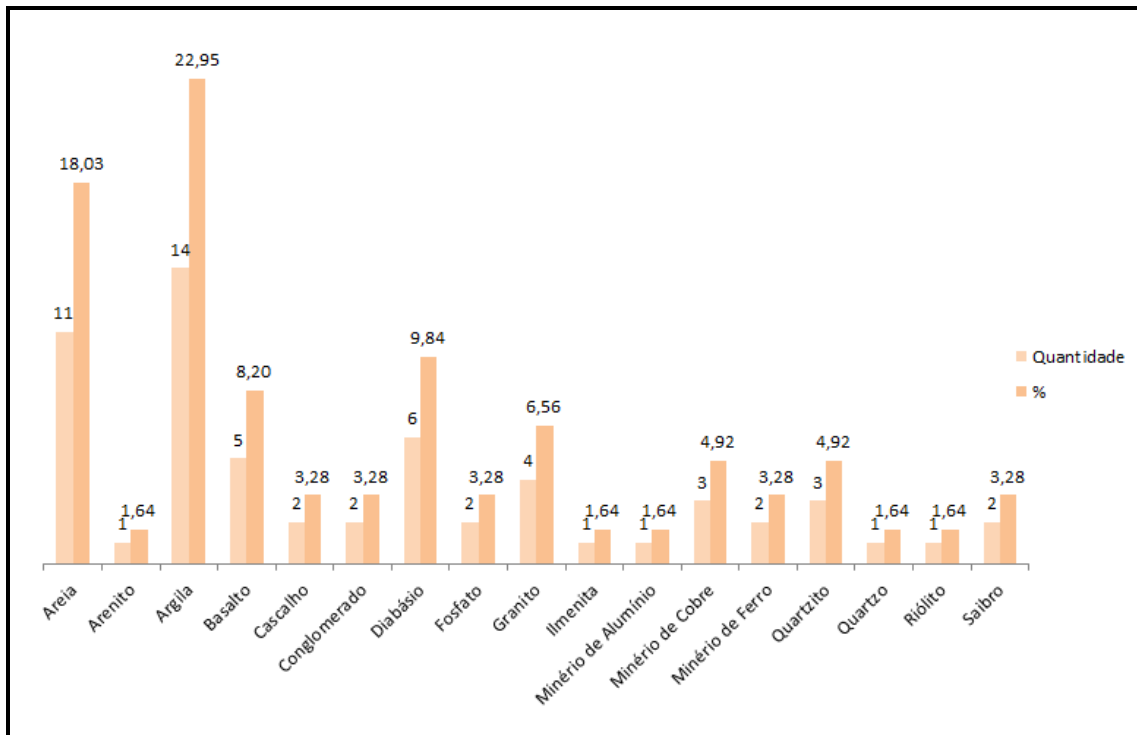
Dentre as áreas requeridas (Processos DNPM); 49,18% do total encontram-se na fase de autorização de pesquisa; 11,48% em disponibilidade; 14,75% em licenciamento; 3,28% em requerimento de lavra; 1,64% na fase de requerimento de licenciamento; e 19,67% na fase de requerimento de pesquisa, conforme apresentado na Figura 6.114.



**Figura 6.114. Distribuição dos processos minerários, em relação às fases, localizados na AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas.**

Fonte: Elaborado a partir SIGMINE/DNPM, acesso em junho de 2014.

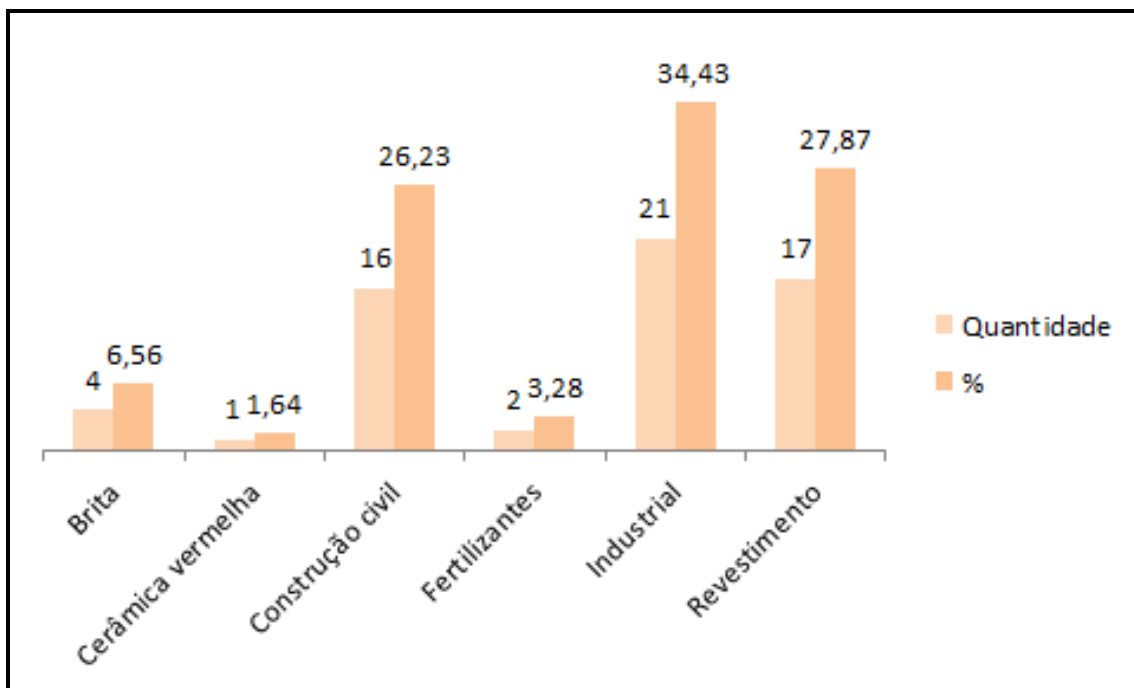
Há 17 tipologias de substâncias para a área de estudo, com predominância da argila, com 22,95% do total, seguida da areia - com 18,03%, e o diabásio com 9,84%. Com menor expressão destacam-se as substâncias como: ilmenita, minério de alumínio, quartzo e riólito - todos com 1,64%. A Figura 6.115 apresenta a distribuição dos processos considerando a AID do empreendimento.



**Figura 6.115. Distribuição dos processos minerários, em relação às substâncias, localizados na AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas.**

Fonte: Elaborado a partir de informações do SIGMINE/DNPM, 2014.

A maioria das substâncias requeridas é fonte de produção de material destinado ao uso industrial (34,43%) - com destaque para a argila, seguido do uso para revestimento (27,87%) - com destaque para o diabásio, e principalmente o uso da areia destinada à construção civil (26,23%). Com menor expressão está o basalto para uso como brita (6,56%), fosfato como fertilizante (3,28%) e argila para cerâmica vermelha (1,64%), conforme indicado na Figura 6.116.



**Figura 6.116. Distribuição dos processos minerários, em relação aos usos, localizados na AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas.**

Fonte: Elaborado a partir de informações do SIGMINE/DNPM, 2014.

A espacialização dos polígonos das jazidas minerais está representada no Mapa de Processos Minerários, disponível no Caderno de Mapas, em formato A1, na escala 1:250.000.

### 6.2.10 Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica

Para caracterização da Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, adaptou-se a metodologia desenvolvida por Crepani *et al.* (1996), que foi desenvolvida a partir do conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), que por sua vez baseia-se na relação de morfogênese/pedogênese, para a análise de unidades de paisagem natural.

De acordo com Crepani (*op. cit.*), para se analisar uma unidade de paisagem natural, é necessário conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo de vegetação que se desenvolve sobre ela. Estas informações são fornecidas pela Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitogeografia (uso e ocupação do solo), e precisam ser integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente a sua ocupação.

A climatologia também apresenta relevância de análise, pois fornece informações importantes a respeito das características climáticas da região, o que permite uma quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem.

De posse do conhecimento e dados a respeito desses fatores, é possível localizar e analisar pontos de vulnerabilidade geotécnica de um determinado local. Deste modo, para a caracterização da vulnerabilidade geológico-geotécnica da AID da LT, adaptou-se a metodologia desenvolvida por de Crepani *et al.* (1996) que propõe que cada um dos temas (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Fitogeografia e Climatologia) sejam avaliados quanto à relação de morfogênese/pedogênese. Segundo o referido autor, quando se predomina a morfogênese, prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e quando se predomina a pedogênese, prevalecem os processos formadores de solos. Partindo destes princípios, a classificação do grau de vulnerabilidade de cada tema foi expresso pela atribuição de valores de estabilidade (1 a 3), conforme observado no Quadro 6.5.

**Quadro 6.5. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais.**

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Modificada de Tricart (1977) *apud* Crepani *et al.* (2006).

Dentro desse contexto, serão explicitadas a seguir as classes e unidades geoambientais de cada tema, hierarquizando-as em relação ao grau de estabilidade geológico-geotécnica.

### **6.2.10.1 Geologia**

No que tange aos aspectos geológicos na definição das classes de vulnerabilidade geológico-geotécnica da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, as unidades geológicas, caracterizadas no diagnóstico de



**Geologia** (Item 6.2.4), foram divididas em três variáveis: embasamento rochoso, sedimentar e depósitos recentes.

O embasamento rochoso é representado pelas Formações Sardinha, Parapuí, Termometamorfito Mucambo, Corpo Mucambo, Unidade Ceará, Unidade Independência e Complexo Canindé do Ceará. Essa variável abrange as unidades geológicas com baixo grau de vulnerabilidade geológico-geotécnica, sendo atribuídos valores de estabilidade (1,0), pois a litologia dessas classes caracteriza-se, de modo geral, por rochas consolidadas e com alto grau de coesão.

A classe sedimentar reúne o Grupo Itapecuru, Grupo Serra Grande, e as Formações Codó, Grajaú, Corda, Motuca, Pedra de Fogo, Piauí, Poti, Longá, Cabeças, Pimenteiras, Aprazível, Pacujá e Trapiá. Essas foram hierarquizadas com grau de vulnerabilidade intermediária (2,0), pois representam, em diversos pontos das áreas de influência do empreendimento, rochas incoerentes apresentando características que podem acelerar processos erosivos, tais como voçorocamentos e ravinamentos.

Os depósitos recentes são representados pelos Depósitos Aluvionares das áreas de influência da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas. Essa variável apresenta alto grau de vulnerabilidade geotécnica, sendo atribuídos valores de instabilidade (3,0), pois os Depósitos Aluvionares são constituídos, de modo geral, por materiais inconsolidados a semiconsolidados.

O Quadro 6.6 apresenta as classes de vulnerabilidade geológico-geotécnica para as unidades geológicas localizadas na AID do empreendimento.

**Quadro 6.6. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema geologia.**

Variáveis	Unidades Geológicas	Vulnerabilidade	Valor
Embasamento rochoso	Fm. Sardinha, Fm. Parapuí, Termometamorfito Mucambo, Corpo Mucambo, Unidade Ceará, Unidade Independência, Complexo Canindé do Ceará	Estável	1,0
Sedimentar	Gr. Itapecuru, Fm. Codó, Fm. Grajaú, Fm. Corda, Fm. Motuca, Fm. Pedra de Fogo, Fm. Piauí, Fm. Poti, Fm. Longá, Fm. Cabeças, Fm. Pimenteiras, Gr. Serra Grande, Fm. Aprazível, Fm. Pacujá, Fm. Trapiá	Intermediária	2,0

Variáveis	Unidades Geológicas	Vulnerabilidade	Valor
Depósitos recentes	Depósitos Aluvionares	Instável	3,0

Fonte: Modificada de Tricart (1977) *apud* Crepani *et al.* (2006).

## 6.2.10.2 Geomorfologia

Considerando os aspectos geomorfológicos, as unidades também foram divididas em três variáveis: relevo aplainado, relevo de transição e relevo acidentado.

O relevo aplainado é representado pelo Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Superfícies Aplainadas Conservadas, Tabuleiros, Planaltos e Baixos Platôs, Chapadas e Platôs, Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres, Superfícies Aplainadas Degradadas e Tabuleiros Dissecados. Os critérios para o agrupamento destas classes foram: baixa amplitude topográfica, baixos valores para percentuais de declividade (0 a 10% aproximadamente) e a descrição das características morfométricas e os processos ecodinâmicos das próprias unidades ambientais (caracterizadas no item 6.2.5 de **Geomorfologia**). São unidades aplainadas, elevadas topograficamente em alguns casos, como chapadas e tabuleiros, arrasadas, representando os mais baixos níveis topográficos, gerando uma relação de relevo estabilizado, aplainado e pouco propenso para o desencadeamento de processos erosivos. Para essas unidades foram atribuídos valores de estabilidade (1,0).

Já o relevo de transição reúne basicamente as unidades: Domínio de Colinas Dissecadas/Morros Baixos e *Inselbergs*. Novamente foram observados os valores de declividade e amplitude topográfica, onde se sugeriu que estas unidades apresentam vulnerabilidade intermediária (2,0) para a instalação e desencadeamento de processos erosivos, conforme descritos no diagnóstico dos aspectos geomorfológicos. Os *inselbergs*, associados com a esfoliação esferoidal de climas secos, podem desencadear a queda de blocos nas suas encostas, mas como já são considerados relevos residuais, se encaixam adequadamente nesta classe.

Para o relevo acidentado, representado pelo agrupamento das unidades Escarpas Serranas, Domínio de Morros e de Serras Baixas, Vales Encaixados e Vertentes recobertas por depósitos de encosta, se considerou as áreas mapeadas

responsáveis pela maior parte dos processos erosivos instalados e que podem ser desencadeados, tais como erosão laminar, linear e queda de blocos e depósitos de tálus, em virtude dos elevados valores para os percentuais de declividade e amplitude altimétrica. São as unidades que se desenvolvem na Serra da Ibiapaba, Serra do Valentim, Serra das Cangalhas e entalhamentos de rios mais dissecados em relação às unidades de relevo adjacentes. Para este tipo de relevo foi aplicado o índice 3,0, sugerindo que estas unidades geomorfológicas configuram-se como formas de relevo instáveis e, por conseguinte, mais vulneráveis geotecnicamente.

O Quadro 6.7 apresenta as classes de vulnerabilidade geológico-geotécnica para as unidades geomorfológicas localizadas na AID do empreendimento.

**Quadro 6.7. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema geomorfologia.**

Variáveis	Unidades Geomorfológicas	Vulnerabilidade	Valor
Relevo aplainado	Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Superfícies Aplainadas Conservadas, Tabuleiros, Planaltos e Baixos Platôs, Chapadas e Platôs, Planícies Fluviais ou flúvio-lacustres, Superfícies Aplainadas Degradadas, Tabuleiros Dissecados	Estável	1,0
Relevo de transição	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos e <i>Inselbergs</i>	Intermediária	2,0
Relevo acidentado	Escarpas Serranas, Domínio de Morros e de Serras Baixas, Vales Encaixados, Vertentes recobertas por depósitos de encosta	Instável	3,0

Fonte: Modificada de Tricart (1977) *apud* Crepani *et al.* (2006).

### 6.2.10.3 Pedologia

Para a pedologia, os solos que são considerados bem desenvolvidos, intemperizados, friáveis, com grande profundidade e porosidade, apresentando boa permeabilidade ao ar e água, sendo, portanto, solos cujos materiais de origem são mais decompostos, atribuiu-se valores de estabilidade (1,0). Este agrupamento é representado pela classe dos Latossolos, em função desta apresentar tais características.

Para os solos menos intemperizados que a classe dos Latossolos, localizados em topografias um pouco mais movimentadas (superfície de relevo suavemente ondulado a ondulado), com menor profundidade e que apresentam mudança de textura entre os horizontes superficiais (mais arenosos) e subsuperficiais (mais argilosos), atribuiu-se valores intermediários (2,0), pois estas características

favorecem o desenvolvimento de processos erosivos. Dessa forma, estão enquadradas as classes dos Argissolos, Luvisolos e Planossolos.

Para os solos jovens e/ou pouco desenvolvidos, que se apresentam em fase inicial de formação, uma vez que ainda estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados, ou por estarem localizados em locais de alta declividade, onde a velocidade de erosão é igual ou superior à velocidade de transformação da rocha em solo, foram atribuídos valores de instabilidade (3,0). Para esse agrupamento estão enquadradas as classes dos Neossolos e Plintossolos.

O Quadro 6.7 apresenta as classes de vulnerabilidade geológico-geotécnica para as unidades pedológicas localizadas na AID do empreendimento.

**Quadro 6.8. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema pedologia.**

Variáveis	Classes Pedológicas	Vulnerabilidade	Valor
Solos desenvolvidos	Latossolos	Estável	1,0
Solos intermediários	Argissolos, Luvisolos e Planossolos	Intermediária	2,0
Solos pouco desenvolvidos	Neossolos e Plintossolos	Instável	3,0

Fonte: Modificada de Tricart (1977) *apud* Crepani *et al.* (2006).

#### 6.2.10.4 Fitogeografia (Uso e Ocupação do Solo)

Para a fitogeografia, de modo análogo aos demais temas, estabeleceu-se um grau de estabilidade ou vulnerabilidade (1 a 3) para as unidades ambientais de acordo com a densidade de cobertura do solo.

As classes de uso e cobertura do solo existentes em determinado local influenciam diretamente na sua capacidade de resistir ou não à erosão, pois se constituem de um instrumento de defesa contra os efeitos dos processos modificadores do relevo. Essa defesa está associada à proteção do solo aos agentes causadores de erosão, como água e vento. É sabido que a cobertura do solo, por exemplo, a vegetação, evita, em um primeiro momento, o impacto da gota de chuva, que tem como principal efeito a desagregação das partículas de solo e, posteriormente, a selagem da superfície (fato que favorece o escoamento superficial e consequente carreamento de partículas). Além disso, a presença da cobertura protege o solo contra a compactação, que reduz a sua capacidade de absorção e que também favorece o escoamento superficial. Desse modo, as áreas cobertas por tipologias

vegetais também contribuem na infiltração da água no solo, devido à presença de componentes bióticos que trabalham na estruturação do solo, como as raízes, microrganismos e animais, aumentando, assim, a sua porosidade e permeabilidade. Assim, solos cobertos por classes vegetais mais densas conferem maior proteção e conseqüentemente maior estabilidade ao solo.

Considerando o exposto, bem como analisando a cobertura vegetal e uso do solo da AID da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, estão explicitadas a seguir as classes de uso do solo utilizadas para a análise da vulnerabilidade geotécnica.

Para locais onde a cobertura favorece a estabilidade do solo, ou seja, nos locais da AID onde a cobertura do solo se apresenta com maior densidade, oferecendo maior proteção, atribuiu-se valores de estabilidade (1,0). Podem ser consideradas nessa classe as tipologias: Floresta Ombrófila Aberta, Contato Savana Florestada/Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Semidecidual Antropizada.

Para locais onde a cobertura favorece medianamente a estabilidade do solo (menos densa), apresentando cobertura do solo, porém não de forma uniforme, sendo mais densa em determinados locais que em outros, sugeriu-se valores intermediários de vulnerabilidade geotécnica (2,0). Nesta classe enquadram-se as tipologias: Savana Estépica Florestada, Savana Estépica Florestada Inicial, Savana Florestada Inicial, Savana Florestada, Contato Savana Florestada/Savana Estépica Florestada, Contato Savana Florestada/Savana Estépica Florestada Antropizada.

Em lugares onde a cobertura não favorece a estabilidade do solo, com uma cobertura rala ou inexistente, deixando o solo mais susceptível aos processos erosivos, estão enquadradas as tipologias Babaçual (Antropizado), Área antropizada, área urbana, Savana Estépica Parque com Palmeira; Savana Estépica Arborizada, Savana Estépica Arborizada Antropizada. Para estas tipologias foram atribuídos valores de instabilidade geológico-geotécnica (3,0).

O Quadro 6.9 apresenta as classes de vulnerabilidade geológico-geotécnica para as unidades de uso e ocupação do solo, localizadas na AID do empreendimento.

**Quadro 6.9. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema uso do solo.**

Variáveis	Tipologias do uso e ocupação do solo	Vulnerabilidade	Valor
Cobertura densa	Floresta Ombrófila Aberta, Contato Savana Florestada/Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Semidecidual Antropizada.	Estável	1,0
Cobertura intermediária	Savana Estépica Florestada, Savana Estépica Florestada Inicial, Savana Florestada Inicial, Savana Florestada, Contato Savana Florestada/Savana Estépica Florestada, Contato Savana Florestada/Savana Estépica Florestada Antropizada	Intermediária	2,0
Cobertura rala ou inexistente	Babaçual (Antropizado), Área antropizada, área urbana, Savana Estépica Parque com Palmeira; Savana Estépica Arborizada, Savana Estépica Arborizada Antropizada	Instável	3,0

Fonte: Modificada de Tricart (1977) *apud* Crepani *et al.* (2006).

## 6.2.10.5 Climatologia

Considerando os aspectos climatológicos na definição das classes de vulnerabilidade geológico-geotécnicas das unidades de paisagem natural da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas, optou-se por utilizar o mapa de isoietas que apresenta as precipitações médias anuais da CPRM referente ao período de 1977 - 2006 (disponível no item 6.2.1 de **Climatologia**), bem como dados disponibilizados pelas Estações Meteorológicas de Caxias/MA, Teresina/PI e Sobral/CE, referentes às Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990) (disponível no item de climatologia), na avaliação do comportamento dos índices pluviométricos dos municípios interceptados pelo empreendimento. Através desses dados, foi possível relacionar a intensidade pluviométrica com os valores de vulnerabilidade à perda de solo proposto por Crepani *et al.* (2001).

A intensidade pluviométrica representa uma relação entre duas características, (quanto chove/quando chove), resultado que determina, em última análise, na quantidade de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética ("run off" ou enxurrada). A maior importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, distribuída de forma semelhante ao longo de todo período chuvoso (intensidade pluviométrica baixa), tem um poder erosivo muito menor do

que uma precipitação anual mais reduzida, que se despeja torrencialmente em um determinado período do ano (intensidade pluviométrica alta), condição responsável pela extensiva denudação das regiões semiáridas.

Considerando o exposto, Crepani *et al.* (2004) utiliza a intensidade pluviométrica para analisar a fragilidade de um determinado local propício a escorregamentos e deslizamentos. Para calcular os valores de intensidade pluviométrica, é necessário o conhecimento de quanto chove e quando chove. O primeiro foi obtido através do Mapa de Isoietas dos municípios que interceptam a LT e o segundo através do gráfico de Precipitação Acumulada Média Mensal para os estados do Maranhão, Piauí e Ceará. De posse desses dados, são divididas as médias dos totais pluviométricos anuais pela duração do período chuvoso (em meses), de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Intensidade Pluviométrica (mm/mês)} = \frac{\text{Precipitação Média Anual}}{\text{Meses com chuva}}$$

Dessa forma, para os municípios do estado do Maranhão, interceptados pelo empreendimento, verificou-se que a precipitação média anual varia entre 1.200 a 1.300 mm. No que concerne à duração do período chuvoso, os maiores índices pluviométricos concentram-se em seis meses do ano (Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio e Dezembro). A intensidade pluviométrica para os municípios do Maranhão que são interceptados pelo empreendimento é de aproximadamente 217 mm/mês.

Para os municípios do Piauí, interceptados pelo empreendimento, estes apresentam uma precipitação média anual entre 800 a 1.300 mm, com duração do período chuvoso de também seis meses (Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio e Dezembro). A intensidade pluviométrica para os municípios do Piauí que são interceptados pelo empreendimento é de aproximadamente 217 mm/mês.

Já os municípios do estado do Ceará, interceptados pela LT, apresentaram os menores índices pluviométricos, com uma variação de 400 a 1.200 mm distribuídos basicamente em cinco meses do ano (Janeiro, Fevereiro, Março, Abril e

Maio). A intensidade pluviométrica para os municípios do Ceará que são interceptados pelo empreendimento é de aproximadamente 240 mm/mês.

Como pode ser observado, o estado do Ceará, mesmo exibindo uma menor quantidade de chuvas em relação aos estados do Maranhão e Piauí, apresentou maior intensidade pluviométrica. Isto se explica basicamente, ao fato da quantidade de chuvas deste estado estar distribuída em um menor número de meses ao longo do ano. Cabe destacar que para fins de cálculo da intensidade pluviométrica, são considerados aqui os valores mais altos de pluviosidade de cada estado (1.300 mm-MA, 1.300 mm-PI e 1.200 mm-CE), uma vez que se adotou os piores cenários de chuvas para cada um deles. A partir dessas informações, foi possível relacionar os valores de intensidade pluviométrica aos de vulnerabilidade geológico-geotécnica proposta por Crepani *et al.* (2001), adaptando os valores em três classes (Quadro 6.10).

**Quadro 6.10. Avaliação da vulnerabilidade geológico-geotécnica das paisagens naturais para o tema uso do solo.**

Variáveis (Intensidade Pluviométrica - mm/mês)	Municípios inseridos na AID	Vulnerabilidade	Valor
<50 - 200		Estável	1,0
<200 - 375	Ibiapina, Mucambo, Cariré, Sobral, Presidente Dutra, Graça Aranha, Gonçalves Dias, Governador Eugênio de Barros, Parnarama, Matões, Timon, Caxias, Teresina, Campo Maior, Altos, Cocal de Telha, Capitão de Campos, Piripiri, Brasileira, São João da Fronteira, Boqueirão do Piauí, Nossa Senhora do Nazaré.	Intermediária	2,0
<375	-	Instável	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001).

Considerando o exposto, verificou-se que todos os municípios dos estados do Maranhão, Piauí e Ceará que estão localizados na AID do empreendimento enquadraram-se dentro de uma vulnerabilidade intermediária (2,0), uma vez que todos estes apresentaram intensidade pluviométrica superior a 200 mm/mês e inferior a 375 mm/mês.

Vale mencionar que para a caracterização da vulnerabilidade geotécnica, também devem ser considerados os aspectos hidrológicos. Por definição, a hidrologia é a ciência que estuda a ocorrência, a distribuição e a movimentação da água no



planeta Terra. Desse modo, os aspectos hidrológicos para a caracterização da vulnerabilidade encontram-se intrinsecamente ligados a climatologia, conforme pode ser percebido através do estudo da Intensidade Pluviométrica, que considera a quantidade e a distribuição das chuvas ao longo do ano.

Além disso, os aspectos hidrológicos merecem atenção na região interceptada pela LT, devido à predominância de regimes fluviais de caráter intermitente e sazonal. Estes ocorrem em função da irregularidade pluviométrica e da má distribuição das chuvas durante o ano. As características climáticas da região, marcadas pela forte insolação e precipitação concentradas em um determinado período do ano, com elevadas taxas de evaporação, contribuem para a deficiência hídrica da região em estudo.

### **6.2.10.6 Análise integrada e riscos geotécnicos na AID**

Considerando a metodologia aplicada, após a atribuição de valores para os referidos temas (explicitado nos tópicos acima), procedeu-se a sobreposição destes temas em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) utilizando-se o módulo *Spatial Analyst (Weighted Overlay)* do Software ArcGis 10.1. Com esta ferramenta foi possível a aplicação de uma escala de valores a dados diversos e dissimilares, a fim de criar uma análise integrada. Basicamente o programa cruza os temas (*layers*) com os seus respectivos valores atribuídos e realiza uma média aritmética de cada cruzamento, resultando nas classes de vulnerabilidade (estável, intermediária e instável).

Diante dos resultados obtidos, confeccionou-se o Mapa de Vulnerabilidade Geológico - Geotécnica, o qual sugere, de forma visual, as áreas mais sensíveis à instalação das torres da LT. Em conformidade com este mapa (caderno de mapas), verificou-se que ao longo da AID, aproximadamente 90% das áreas corresponde à classe de vulnerabilidade intermediária, 7% são considerados terrenos estáveis e apenas 3% são instáveis (Quadro 6.11).

**Quadro 6.11. Classes de vulnerabilidade geotécnica ocorrentes na AID.**

<b>Classes de vulnerabilidade</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Estável	37,79	7
Intermediária	485,88	90
Instável	13,01	3

**Elaboração: CARUSO JR, 2014.**

Como se pode observar, as áreas classificadas como intermediárias e estáveis correspondem a 97% da AID, sugerindo que para quase todo do traçado, não haverá grandes impedimentos para a alocação das torres da LT.

Com relação às áreas classificadas como estáveis (7%), estas são diminutas e ocorrem de maneira esparsa ao longo do traçado. Verificou-se que a maior parte das áreas estáveis está localizada no estado do Maranhão e no início do estado do Piauí, sendo possível identificá-las em alguns locais onde o traçado corta os municípios de Governador Eugênio Barros/MA, Parnarama/MA, Matões/MA, Caxias/MA, Timon/MA, Teresina/PI e Altos/PI. Destaque para o segmento do traçado que intercepta a porção meridional de Teresina/PI, região onde se concentram os maiores polígonos de estabilidade (11,90 km<sup>2</sup> - 2,20%).

As áreas que apresentaram vulnerabilidade intermediária configuram a maior parte da AID (90%) e ocorrem ao longo de todo o traçado. Estas áreas insinuam que apesar de não oferecerem grandes riscos a instalação das torres, requerem atenção em função dos elementos que as constituem (geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo).

No que tange as áreas classificadas como instáveis, embora pouco expressivas (3%), indicam zonas de fragilidade geológico-geotécnica, carecendo de maiores estudos e planejamento sobre esses terrenos. Estes locais estão representados no Mapa de Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica pela cor laranja de tonalidade mais escura e estão localizados em quatro pontos ao longo da AID, conforme segue no Quadro 6.12.

**Quadro 6.12. Coordenadas de referência das áreas de vulnerabilidade geológico-geotécnicas, consideradas instáveis, localizadas na AID da LT.**

Áreas	Coordenadas UTM (Sirgas 2000)		
	Fuso	Coordenada X	Coordenada Y
Área 1	23S	625997,91 m E	9411109,44 m S
Área 2	24S	203050,31 m E	9529679,44 m S
Área 3	24S	205535,15 m E	9530843,76 m S
Área 4	24S	262664,97 m E	9559511,19 m S

**Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

A área 1 possui 3,11 km<sup>2</sup> e está localizada em um segmento do traçado que intercepta a região noroeste de Parnarama/MA (Figura 6.117). Este local foi classificado como instável, pois sua unidade geológica é sedimentar (Formação Corda - valor 2,0), é modelado por um relevo acidentado (Vales Encaixados - valor 3,0), apresenta um solo pouco desenvolvido (Plintossolo - valor 3,0), sendo este protegido por uma cobertura vegetal rala e/ou inexistente (área antropizada - valor 3,0).

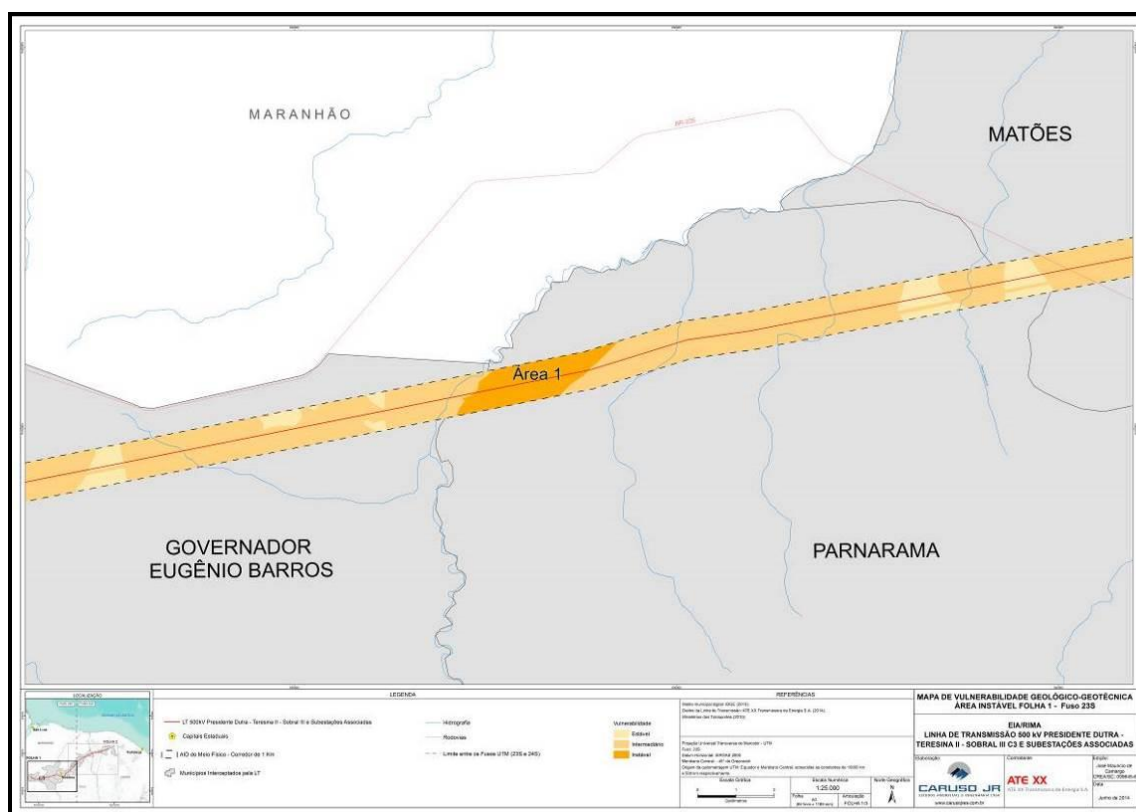
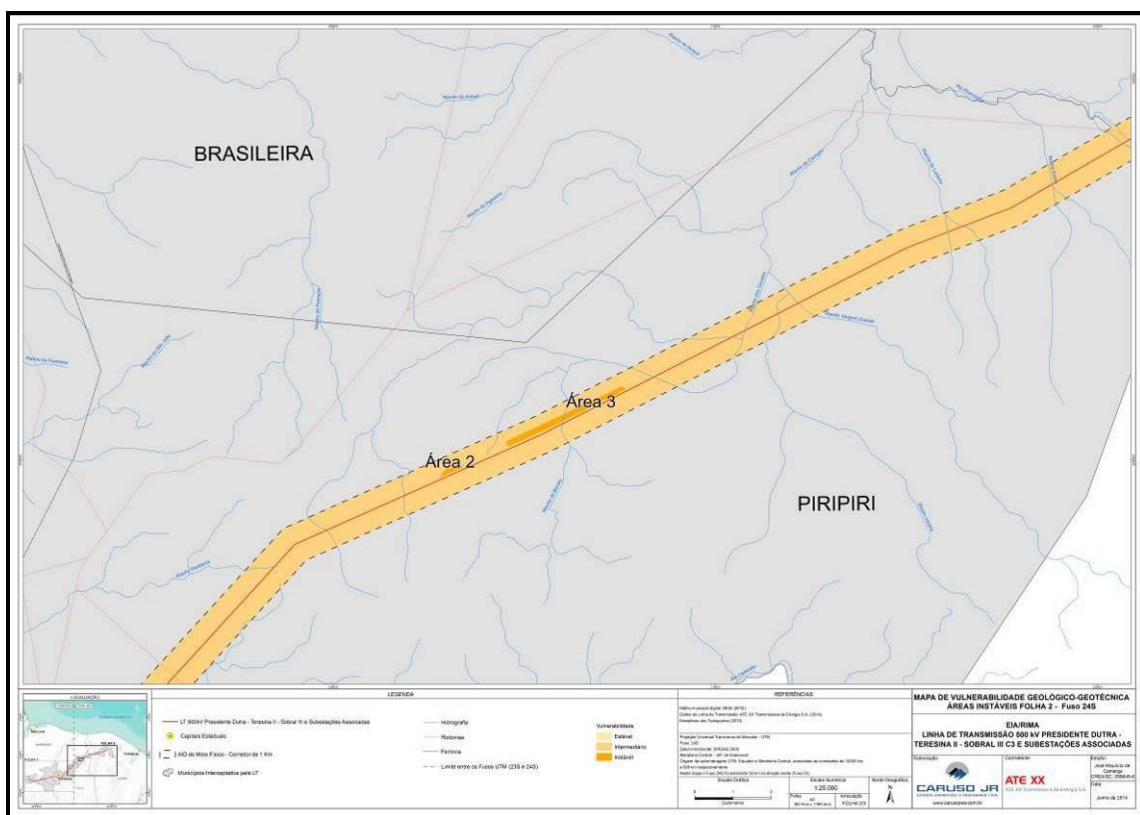


Figura 6.117. Localização da área 1. Elaboração: CARUSO JR., 2014.

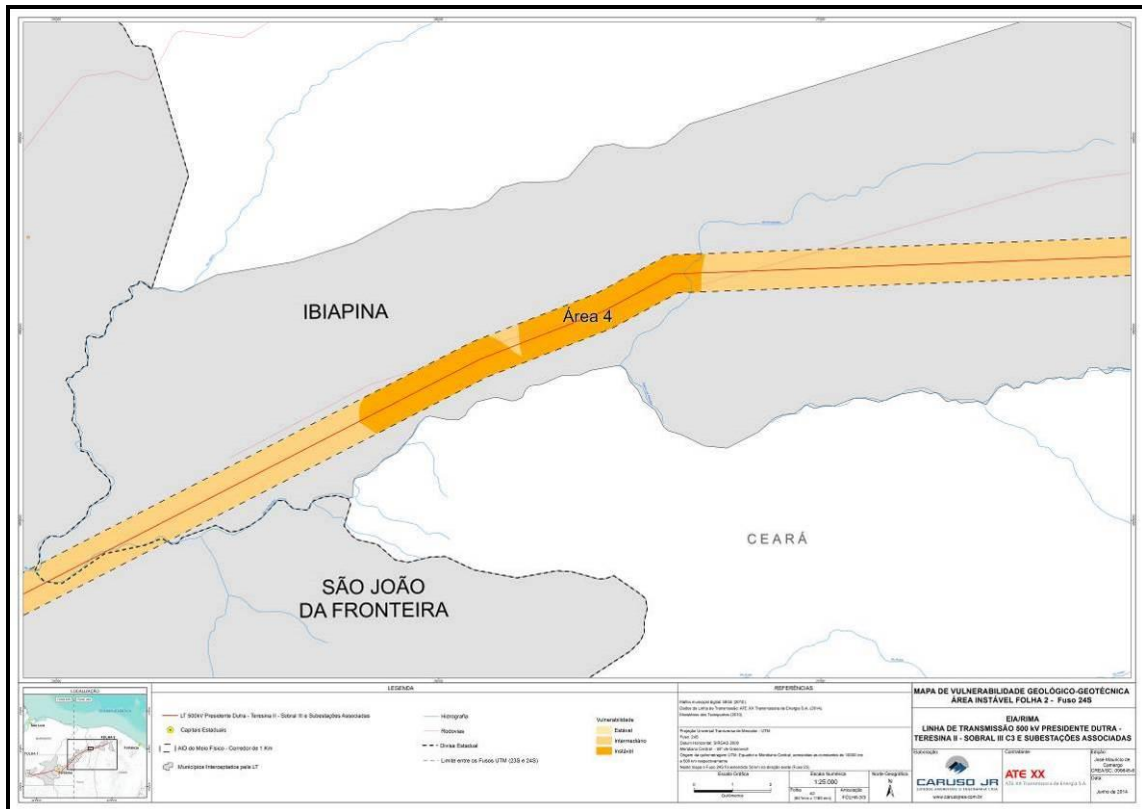
A área 2 possui apenas 0,06 km<sup>2</sup> e está localizada em uma parte do traçado que cruza a região nordeste de Piriipiri/PI. Este local também é composto por uma unidade geológica sedimentar (Formação Cabeças - valor 2,0), também apresenta um relevo acidentado (Domínio de Morros e Serras Baixas - valor 3,0), seu solo é considerado incipiente (Neossolo - valor 3,0) e apresenta uma cobertura vegetal rala e/ou inexistente (área antropizada - valor 3,0), sendo, portanto, classificado como um terreno instável.

A área 3 também é pequena. Possui 0,48 km<sup>2</sup> e está localizada um pouco a frente da área 2, na região nordeste de Piripiri/PI (Figura 6.118.). Este local, em função da sua proximidade, apresenta as mesmas unidades geoambientais que a área 2, ou seja, sua unidade geológica é sedimentar (Formação Cabeças - valor 2,0), seu relevo é acidentado (Domínio de Morros e Serras Baixas - valor 3,0), o solo é pouco desenvolvido (Neossolo - valor 3,0) e a cobertura vegetal é rala e/ou inexistente (área antropizada - valor 3,0), logo, também é considerado um local de fragilidade geológico-geotécnica (instável).



**Figura 6.118. Localização das áreas 2 e 3. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

A área 4 configura-se como a maior das áreas de instabilidade, com 9,35 km<sup>2</sup>. Está localizada na região oeste de Ibiapina/CE (Figura 6.119) e é classificada como tal, por ser constituída por uma unidade geológica sedimentar (Grupo Serra Grande - valor 2,0), por apresentar um relevo acidentado (Escarpas Serranas - valor 3,0), seu solo é considerado pouco desenvolvido (Neossolo - valor 3,0) e por possuir uma cobertura vegetal rala e/ou inexistente (Savana Estépica Arborizada e área antropizada - valor 3,0).



**Figura 6.119. Localização da área 4. Elaboração: CARUSO JR., 2014.**

Cabe destacar que os fatores climatológicos também contribuíram para o enquadramento da vulnerabilidade geológico-geotécnica de todas as áreas. Considerando que a intensidade pluviométrica de todos os municípios localizados na AID do empreendimento foi superior a 200 mm/mês e menor que 375 mm/mês, a climatologia contribuiu de maneira igualitária para todas as áreas da AID, indicando uma fragilidade intermediária (valor 2,0). As áreas alagáveis ocorrentes na AID, identificadas e indicadas no item dos Recursos Hídricos, também contribuem para a fragilidade destes terrenos e merecem atenção.

Dentro desse contexto, com o item de Vulnerabilidade Geotécnica, objetivou-se atender o Termo de Referência do IBAMA, bem como analisar, baseado na integralização dos temas do meio físico, e explicitar a fragilidade geotécnica dos terrenos localizados na AID, com o intuito de nortear e orientar a alocação das torres da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e Subestações Associadas.

Assim sendo, verificou-se que a grande maioria dos terrenos da AID enquadra-se em uma classe de vulnerabilidade geotécnica intermediária (90%), ocorrendo apenas poucos locais considerados instáveis (3%). Vale salientar que este item possui o caráter de subsidiar os estudos geotécnicos ao longo do traçado, bem como fornecer informações preliminares para a etapa de ensaios e furos de sondagem, esta imprescindível para elaboração dos projetos executivos, de forma a garantir a segurança e estabilidade das torres da LT.

### 6.2.11 Desertificação

O presente item foi inserido neste estudo, embora não conste como exigência do TR, em função da sua relevância para a região de inserção da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas.

A Agenda 21, em seu capítulo 12, definiu desertificação como sendo "a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, dentre eles as variações climáticas e as atividades humanas". Em outras palavras, desertificação é a degradação das terras secas, processo este que consiste basicamente na perda da produtividade biológica e econômica das terras agriculturáveis, das pastagens e das áreas de matas nativas devido às variabilidades climáticas e às atividades antrópicas.

São consideradas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas todas as áreas, à exceção das polares e das subpolares, com Índice de Aridez (IA) (THORNTHWAITE e HOLZMAN, 1941) entre 0,05 e 0,65 (Quadro 6.13). Esse índice é dado pela razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial dessas áreas ( $IA=P/ETP$ ) (CPRM, 2010).

**Quadro 6.13. Classificação do clima segundo o índice de aridez**

Classificação	Índice de Aridez (IA)
Hiper-árido	<0,05
Árido	0,05 - 0,20
Semiárido	0,21 - 0,50
Subúmido Seco	0,51 - 0,65
Subúmido e Úmido	>0,65

Fonte: CPRM, 2010.

Conforme mencionado no item de **Meteorologia e Climatologia**, o subtipo climático do estado do Maranhão está classificado como semiúmido, que no quadro acima corresponde ao subtipo climático subúmido e úmido proposto por Thornthwaite em 1948 (BRASIL, 2004; MARANHÃO, 2012), enquanto que os estados do Piauí e Ceará são classificados como subtipo climático semiárido. Desse modo, parte do traçado da LT encontra-se inserido sob o domínio do clima semiárido, estando suscetível ao processo de desertificação segundo os parâmetros apresentados no Quadro 6.13.

Cabe mencionar que apesar da questão climatológica ser um fator preponderante, as atividades humanas tem papel determinante para a aceleração desse processo. De modo geral, os principais fatores de origem antrópica responsáveis por acentuar o processo de desertificação estão relacionados ao uso e manejo inadequados do solo, por meio de práticas agrícolas e pecuárias que utilizam técnicas rudimentares e de baixo nível tecnológico. Este tem sido, historicamente, o padrão dominante de exploração dos recursos naturais no semiárido brasileiro (CPRM, 2010).

Considerando o exposto, é de suma importância a compreensão do conceito de desertificação, para que este não seja confundido com a seca. Os efeitos da desertificação são de longo prazo e são constantes, ao contrário dos efeitos das secas, que ocorrem somente na estação seca. Ecossistemas preservados são capazes de se recuperar de longos períodos de estiagem, mas não são capazes de resistir aos processos de desertificação.

Com o objetivo de tratar a questão da desertificação de forma mais contundente, bem como combater e mitigar o processo de desertificação no Brasil, em 1997 foi instituída, oficialmente, a Política Nacional de Controle da Desertificação por meio da Resolução nº 238, de 22 de dezembro de 1997, do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Em 2004, o Brasil concluiu a elaboração do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), um dos compromissos básicos dos países signatários da Convenção das Nações Unidas de

Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (UNCCD), da qual o Brasil faz parte desde 1997.

Nesse contexto, várias instituições governamentais e não governamentais, com o apoio de instituições de cooperação internacional, têm participado do desenvolvimento de sistemas e metodologias de monitoramento da desertificação por meios de indicadores específicos. Em 2003, no escopo da elaboração do PANBRASIL, um grupo de pesquisadores identificou e consensou um conjunto preliminar de indicadores relacionados aos componentes físicos, biológicos e socioeconômicos (Quadro 6.14) (CPRM, 2010).

**Quadro 6.14. Indicadores de desertificação.**

Indicadores de Desertificação	Importância	Abrangência	Como Medir
Cobertura vegetal	1	N	% área cobertura/área total
Biomassa caatinga	2	N	Massa foliar tonelada/ha ou m <sup>3</sup> /ha
Biodiversidade vegetal	1	L	Inventário florístico (espécie/ha)
Desmatamento	1	N	Variação cobertura
Presença de espécies indicadoras	1	L	Inventário florístico (espécie/ha)
Consumo produtos vegetais - lenha/consumo	1	L	Tonelada/ha/ano
Consumo produtos vegetais - consumo/oferta	1	N	Tonelada/ha/ano
Fauna (diversidade, densidade, distribuição)	2	L	Inventário faunístico
Uso do solo	1	N	Área/classe de uso
Grau de erosão	1	N	Tipo de classe/ha
Grau de salinização	1	L	Classe
Área salinizada	1	N	Área salinizada/área total irrigada
Sobrepastoreio	1	N	(Carga animal/ha)/capacidade de suporte
Albedo de superfície	2	N	I/R classe/área
Uso das águas superfícies e subterrâneas			Oferta/demanda
Oferta/demanda - estresse hídricos - IPH	1	N	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
			m <sup>3</sup> /hab/ano(classe)
Água armazenada a céu aberto	1	L	Estimativa volume (área/ha)
Qualidade da água	1		Índice de qualidade de água (IQA) 9 parâmetros
Assoreamento/Sedimentação	1	L	Descarga sólida/descarga líquida
Mananciais superficiais (vazão-	1	L	Vazão (m <sup>3</sup> /s)



Indicadores de Desertificação	Importância	Abrangência	Como Medir
tempo)			
Poços (vazão-tempo)	2	L	Teste de bombeamento (m <sup>3</sup> /s)
Densidade demográfica (urbana/rural)	1	N	hab/km <sup>2</sup>
Taxa de migração líquida	2	N	$TM = M(((E+R)/2 * N) * 100$
Taxa média de crescimento populacional anual	2	N	$(P_{t2} - P_{t1}) - 1$
Estrutura da idade			$P(20-59 \text{ anos})/P_t * 100$
PEA/GÊNERO	1	N	$P(0-19 \text{ anos})/P_t * 100$
% de mulheres chefes de famílias	1	N	$(\text{Mulheres Chefes de família}/\text{total famílias}) * 100$
Renda agrícola das famílias/renda total por famílias	1	N	$(\$ \text{ agrícola família}/\$ \text{ família})$
Auto consumo %	1	L	$\$ \text{ auto consumo}/\$ \text{ produção}$
Incidência de pobreza	1	N	IDH índice de pobreza
Enfermidades maior incidência (veiculação hídrica)	1	N	Nº de atendimentos SUS
Saneamento (serviço sanitário)	1	N	% de residências rurais que possuem sanitários
Mortalidade infantil	1	L	Mortos até 5 anos/1000
Escolaridade	1	L	Média de anos na escola
Estrutura fundiária	1	L	Distribuição de classes das propriedades
			Quantos proprietários
			Coeficiente de GINI

Fonte: Elaborado a partir de Brasil, 2004 *apud* CPRM, 2010. Nota: N - Escala nacional; L - Escala local.

Segundo CPRM (2010), as Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASDs) cobrem uma superfície de 1.338.076,00 km (16% do território brasileiro) e abrigam uma população superior a 31,6 milhões de habitantes (19% da população brasileira).

Ainda de acordo com CPRM (*op. cit.*), alguns estudos estimam que cerca de 180.000 km<sup>2</sup> do total das ASDs se encontram, efetivamente, submetidos a processos de desertificação em graus variados de moderado a muito grave.

Sob esse contexto, as áreas onde o problema da desertificação é mais acentuado são conhecidas como núcleos de desertificação (Figura 6.120), apresentados a seguir:

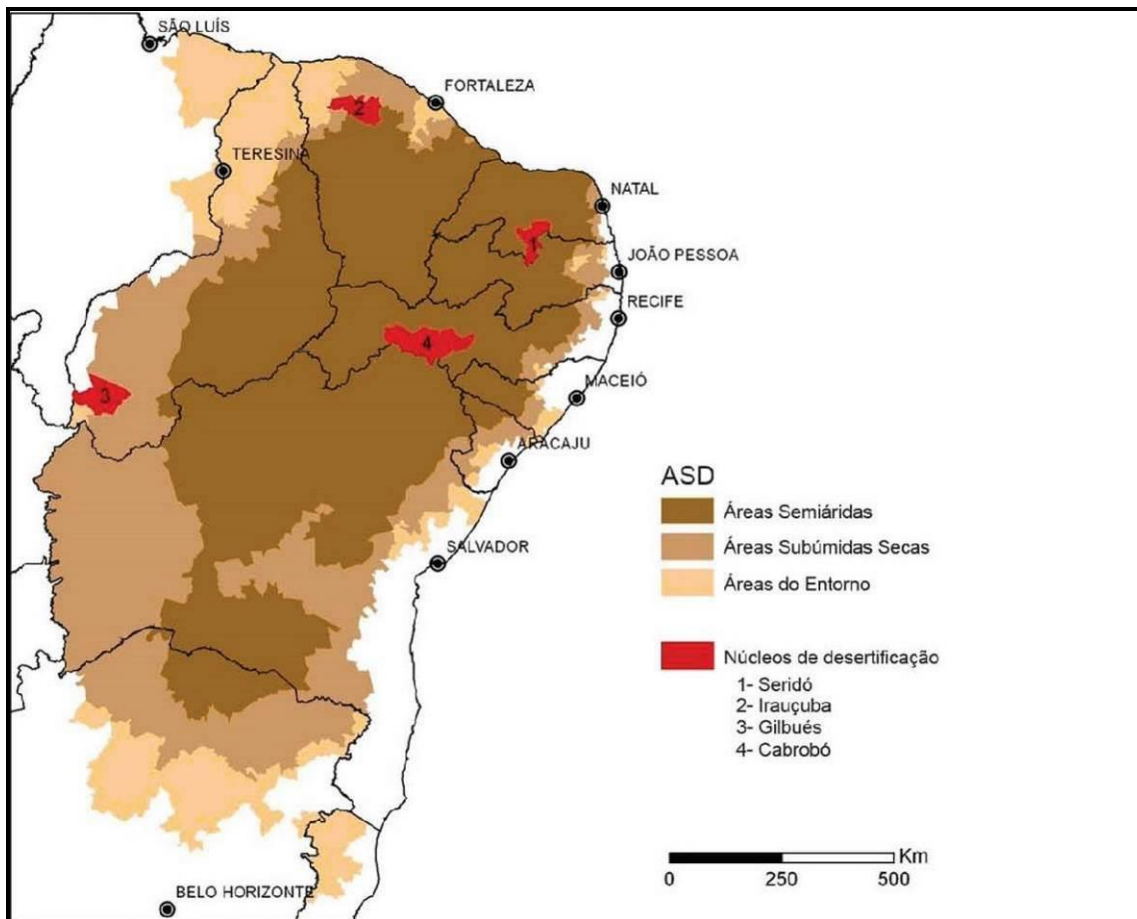
- Núcleo do Seridó: localizado na região centro-sul do Rio Grande do Norte e centro-norte da Paraíba, compreende uma área de aproximadamente 2.792 km<sup>2</sup>,

que envolve os seguintes municípios: Acari, Carnaúba dos Dantas, Cruzeta, Currais Novos, Equador e Parelhas.

- Núcleo de Irauçuba: localizado no noroeste do estado do Ceará, abrange uma área de 4.101 km<sup>2</sup>, incluindo os municípios de Irauçuba, Forquilha e Sobral.

- Núcleo de Gilbués: localizado no sudoeste do Piauí, com uma área aproximada de 5.912 km<sup>2</sup>, envolvendo os municípios de Gilbués e Monte Alegre do Piauí.

- Núcleo de Cabrobó: localizado em Pernambuco, engloba uma área de 8.573 km<sup>2</sup> e abrange os municípios de Cabrobó, Belém de São Francisco, Carnaubeira da Penha, Floresta e Itacuruba.



**Figura 6.120. Áreas susceptíveis a erosão e núcleos de erosão.**

Fonte: Brasil, 2004 *apud* CPRM, 2010.

De acordo com Brasil (2007), as características desses quatro núcleos comprovam o caráter ambiental essencialmente frágil das ASDs, nas quais as atividades

econômicas, essencialmente extrativistas, comuns e recorrentes em toda região, são fatores preponderantes para a degradação dos recursos naturais.

Analisando o traçado da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas, verifica-se que este intercepta as categorias de ASD definidas como: Área do Entorno, Área Sub-Úmidas Secas e Área Semiárida, esta última onde se encontra inserido o Núcleo de Irauçuba.

Ressalta-se que apesar de as Áreas do Entorno não se enquadrarem no padrão climático considerado suscetível à desertificação, apresentam características comuns às áreas semiáridas e subúmidas secas, tais como elevada ocorrência de secas e enclaves da vegetação típica do semiárido brasileiro - a caatinga (MMA, 2007) e por isso foram consideradas como Áreas Suscetíveis à Desertificação.

#### **6.2.11.1 Núcleo Irauçuba**

Considerando que o traçado da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral III C3 e SEs Associadas atravessará o município de Sobral no Ceará, onde se encontra localizado parte do processo de desertificação em ocorrência no Núcleo Irauçuba, este será discutido com mais ênfase no presente item.

O Núcleo de Irauçuba envolve os municípios de Forquilha, Sobral e Irauçuba (PINTO *et al.*, 2009), totalizando uma área de aproximadamente 4.099,22 Km<sup>2</sup>.

Do ponto de vista climático, o Núcleo de Irauçuba constitui-se em um dos polos de maior aridez do semiárido brasileiro. Além da aridez condicionada pelos sistemas regionais da circulação atmosférica, a localização a sotavento do Maciço de Uruburetama contribui para o aumento dessas condições de aridez na região. Associada a essas condições de baixas precipitações e elevadas temperaturas está a alta variabilidade interanual das chuvas e a sua irregular distribuição espacial (SALES, 2003 *apud* PINTO *et al.*, 2009).

Segundo Pinto *et al.* (2009), o processo de desertificação no Núcleo de Irauçuba, além de estar associado à condição climatológica, está associado ao substrato geológico da região. Este último apresenta-se bastante complexo, em decorrência da sua variabilidade litológica associada a embasamentos cristalinos do pré-cambriano e terrenos sedimentares de diferente idade, bem como da

geomorfologia local com presença de depressão sertaneja, maciços residuais e planícies fluviais e também em decorrência do tipo de solo encontrado nessa localidade. Embora a região apresente uma diversidade de tipos de solos, normalmente as áreas de maior erosão estão associadas à classe dos planossolos intercalados com neossolos litólicos. Esse tipo de solo (planossolos) dificulta a drenagem, favorecendo a permanência de água na superfície e a instalação de um tapete herbáceo-graminóide formando extensas áreas de campos na estação das chuvas e a exposição completa dos solos no período de estiagem, quando a vegetação é submetida ao sobrepastoreio.

Outro fator preponderante para a aceleração do processo de desertificação na região é o método utilizado na agropecuária de subsistência, de adoção de práticas tradicionais como, por exemplo, a retirada sumária da vegetação sucedida pelas queimadas e preparo do solo para o plantio das lavouras.

Pinto *et al.* (2009) desenvolveu um estudo utilizando imagens de Landsat TM5 e ETM+7, com objetivo de analisar a cobertura vegetal e o uso da terra correspondente. Os resultados obtidos através do estudo apontaram que as classes de Floresta Perene, Floresta Decídua e Caatinga diminuem ao longo do período observado. Em contrapartida, observou-se o aumento de áreas ocupadas pela agropecuária, juntamente com as áreas de solo exposto. O Quadro 6.15 apresenta os quantitativos das classes mapeadas.

**Quadro 6.15. Estimativas de classes mapeadas nas décadas 70, 80, 90 e 2000 para área (km<sup>2</sup>) objeto de estudo, utilizando imagens do satélite Landsat TM5 e ETM+7.**

Classes (km <sup>2</sup> )	Décadas			
	70	80	90	2000
Floresta Perene	10,72	10,28	10,00	5,42
Floresta Decídua	33,98	28,40	27,18	11,88
Caatinga	1.692,17	1.593,95	1.271,45	888,74
Agropecuária	2.270,13	2.295,75	2.647,46	3.038,77
Solo nu	30,75	31,27	34,01	34,71
Estradas	29,28	34,14	38,44	46,20
Área urbana	1,57	7,84	17,32	21,86
Água	40,58	108,15	58,21	58,90

Fonte: Adaptado de Pinto *et al.*, 2009.

Com base nas exposições acima, verifica-se que, em geral, o processo de desertificação no Núcleo de Irauçuba é de origem natural, considerando as diversas características ambientais da região (clima, geologia, geomorfologia, solos) favoráveis a esse fenômeno. Porém, observa-se que ocorre uma aceleração do processo à medida que as atividades antrópicas (agropecuária e desmatamento provocados para a extração de madeiras) são expandidas sem considerar técnicas adequadas que visem equilibrar o meio ambiente em questão, potencializando a fragilidade do local ao processo de desertificação já instalado (Figura 6.121).



**Figura 6.121. Área com solo desprovido de cobertura vegetal no município de Sobral/CE. Foto: CARUSO JR., 2013.**

Atualmente existem pesquisas e iniciativas buscando a desaceleração desse processo e a recuperação dessas áreas. Nesse contexto, a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará publicou em 2010 o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAE/CE, que possui como objetivo contribuir para a convivência equilibrada com o semiárido, por meio

da sustentabilidade ambiental do bioma caatinga, a partir de políticas ambientais, sociais e econômicas, focadas na redução da pobreza (Ceará, 2010).

Considerando que o Núcleo em questão encontra-se localizado em toda a área territorial do município de Sobral/CE, impossibilitando o desvio da diretriz da LT 500 kV Presidente Dutra - Teresina II - Sobral I C3 e SEs Associadas, haja vista que no referido município encontra-se a subestação Sobral III, a qual a LT será interligada, cabe adotar medidas preventivas que garantam a integridade e segurança do sistema de transmissão de energia na localidade, bem como medidas que mitiguem os efeitos negativos ocasionados pela instalação do empreendimento em Áreas Susceptíveis a Desertificação.

## 6.2.12 Anexos

## 6.2.12.1 Anexo - Diagnóstico Paleontológico



## 6.2.12.2 Anexo - Diagnóstico Espeleológico