

ÍNDICE

2.2.2.10 -	Vulnerabilidade Geotécnica.....	1/17
------------	---------------------------------	------

Legendas

Quadro 2.2.2.10-1 - Atribuição de Pesos Considerando as unidades geológicas.	5/17
Quadro 2.2.2.10-2 - Atribuição de Pesos Considerando a Hidrografia.	10/17
Quadro 2.2.2.10-3 - Atribuição de Pesos Considerando a Pluviosidade.	10/17
Quadro 2.2.2.10-4 - Atribuição de Pesos Considerando as Classes de Declividade	12/17
Quadro 2.2.2.10-5 - Quantidade por classe de vulnerabilidade atravessada pela futura LT e porcentagem total da AE.	12/17
Quadro 2.2.2.10-6 - Análise risco geotécnico e eventos associados às classes mapeadas.	14/17
Figura 2.2.2.10-1 - Extensa exposição de quartizitos da Serra de São Joaquim apresentando erosão nas camadas mais arcóseas. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 297.083 E / 9.622.824 N alt 140 m	15/17
Figura 2.2.2.10-2 - Escarpas da Serra de Ibiapaba formada por arenitos do Siluriano apresentando erosão horizontalizada das suas camadas mais argilo-siltosas. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 272.911 E / 9.597.166 N alt 598 m	15/17
Figura 2.2.2.10-3 - Arenitos bastante fraturados da Serra de Ibiapaba. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 272.911 E / 9.597.166 N alt 598 m.	15/17
Figura 2.2.2.10-4 - Descolamento de blocos de arenito conglomerático da Serra de Ibiapaba. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 272.673 E / 9.596.459N. alt 639 m	15/17
Figura 2.2.2.10-5 - Exemplo da intensidade de eventos pluviométricos catastróficos na região, denotando a má distribuição das chuvas. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 295.921 E /9.615.040 N alt 112 m.	16/17
Figura 2.2.2.10-6 - Escarpas da Serra de São Joaquim apresentando expressiva erosão e queda de blocos. Essa situação propicia, ainda, a formação de cavidades. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 295 608 9.618.530 N alt 201 m	16/17

Figura 2.2.2.10-7 - Bloco extremamente instável que pode rolar a qualquer momento, em especial durante os eventos de construção da futura LT caso cuidados não sejam tomados. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 274.088 E / 9.597.046N alt214 m. 16/17

Figura 2.2.2.10-8 - Visada para o local de travessia da LT na Serra de Ibiapaba, apresentando diversos blocos rolados nos depósitos de tálus. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 271.795 E / 9.594.914N alt512 m. 16/17

2.2.2.10 - Vulnerabilidade Geotécnica

2.2.2.10.1 - Introdução

Na definição de classes de vulnerabilidade geológico-geotécnica utiliza-se dos principais componentes que interferem diretamente na suscetibilidade de uma determinada área que possa apresentar algum evento geoambiental.

O critério adotado para a classificação da vulnerabilidade geotécnica, apresentado nesse diagnóstico, considera os aspectos como, a origem do embasamento, granulometria e a presença de estruturas tectônicas e de alívio das unidades litoestratigráficas. Integrados a esses dados, informações geomorfológicas; como declividade, climatológicas; como pluviometria e pedológicas; como a identificação de processos erosivos que foram identificados no trabalho de campo e a suscetibilidade à erosão dos solos. Usou-se, ainda o dado de uso e cobertura do solo, como fator de proteção dos mesmos, quanto ao desenvolvimento de processos erosivos de qualquer natureza.

Sabe-se que deslizamentos de terra (movimentos de massa) são fenômenos naturais ou induzidos pelo homem que geram riscos, e, portanto, seria necessário considerar tais processos no planejamento do uso da terra, especificamente em relação ao projeto objeto do presente EIA/RIMA. Infelizmente, os movimentos de massa são comumente considerados, apenas, em análises *post mortem* de eventos catastróficos.

A suscetibilidade a escorregamentos, movimentos de massa, queda de blocos, voçorocamento e ravinamento de uma área pode ser expressa, na forma matemática, como a probabilidade de ocorrência espacial de falhas em um dado conjunto geoambiental que contemple os principais aspectos que compoem essa mesma unidade. Em geral, a sensibilidade pode ser avaliada por dois métodos: (1) os que se baseiam em técnicas de modelagem fundadas em física e mecânica, leis do equilíbrio de forças, e (2) aqueles que se baseiam em técnicas estatísticas fundadas no princípio do atualismo, em que o SIG pode ser de grande utilidade. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) oferecem uma poderosa ferramenta para analisar os processos que ocorrem na superfície da Terra.

2.2.2.10.2 - Metodologia

Elaborar uma metodologia que contemple todos os aspectos supracitados necessita de uma gama de dados que estejam em escala semelhante e que apresentem confiabilidade nas informações, além de uma ferramenta que consiga consolidar todos esses elementos e gerar um resultado que seja fiel à realidade. Para tanto foi utilizada uma modelagem sequencial de comandos através do software de geoprocessamento Arcgis 10.4.

O limite da área de estudo de vulnerabilidade geotécnica foi definido a partir da delimitação natural pelas microbacias hidrográficas, unidade utilizada nas análises de planejamento territorial.

Utilizou-se na metodologia proposta para esse trabalho, 06(seis) componentes presentes nesse Estudo de Impacto Ambiental, a saber: O Uso e Ocupação do Solo, a Geomorfologia, a Climatologia, a Hidrologia, a Pedologia e a Geologia. Os aspectos de comportamento mecânico dos solos foram observados na definição das categorias de pedologia. Cada um desses componentes foi categorizado conforme metodologia adaptada de CREPANI, *et al* (2001), com algumas modificações, cujos aspectos são apresentados na sequência.

Cada tema foi classificado numa escala de 0 a 7, sendo 0(zero) um valor nulo de vulnerabilidade e 07(sete) o valor máximo. Portanto temos:

- ▶ Uso e Ocupação do solo: classificada de 0 a 7, sendo 0(zero) para áreas de preservação permanente e corpos d'água e as demais classificadas conforme seu nível de proteção e cobertura do solo, sendo 1(hum) para florestas densas e 7(sete) para pastagens, solo exposto e afins.
- ▶ Geomorfologia: classificada a partir da declividade, sendo classificada de 0 a 7.
- ▶ Climatologia: classificada de 2 a 5 conforme o volume de chuvas anuais e a duração do período chuvoso.
- ▶ Hidrologia: classificada em 2,3 e 5 de acordo com a distância em relação aos cursos d'água e as áreas sujeitas à inundação.
- ▶ Pedologia: classificada de 1 a 7 conforme os aspectos mecânicos do solo e sua suscetibilidade a processos erosivos, levando-se em conta a textura e espessura.

- **Geologia:** classificada de 3 a 7 conforme a resistência da rocha ao intemperismo, presença de falhas ou fraturas, dobras e homogeneidade da rocha.

Foram usados ainda, dados de processos erosivos existentes, que tenham deixado suas marcas passíveis de serem identificados em imagens de satélite ou que tenham sido visualizados em campo, contribuindo para a definição dos pesos nas classes de pedologia. A seguir, são apresentadas as classificações para execução desse trabalho.

2.2.2.10.3 - Geologia

Complexo Gnaissico-Migmatítico Granja: Descrita como migmatito, Metagranito, Metagranodiorito, Metatonalito, Metatrondhjemito. Apresenta influência de tectonismo regional.
Vulnerabilidade Geotécnica: 3

Complexo Canindé do Ceará: Xistos e Paragnaisses. Tais litologias apresentam planos preferenciais para fraturamento e fissilidade. Apresenta influência de tectonismo regional.
Vulnerabilidade geotécnica: 4.

Suíte Intrusiva Tromai: Tonalitos, granodioritos, quartzo-dioritos e granitos. Apresentou influência de tectonismo regional. Apresenta influência de tectonismo regional.

Vulnerabilidade Geotécnica: 3

Complexo Granito-Migmatítico Tamboril - Santa Quitéria: Diatexito, Granito, Granodiorito, Metatexito, Rocha calcissilicática, Milonito, Actinolita anfibolito.
Vulnerabilidade Geotécnica: 3

Formação São Joaquim: Cianita-sillimanita quartzitos, banded iron formations, mármore, paragnaisses e rochas metavulcânicas derivadas de ambiente marinho raso.
Vulnerabilidade Geotécnica: 5

Suíte Intrusiva Chaval: Granodioritos: Quartzo sienitos, Quartzo monzonitos.
Vulnerabilidade Geotécnica: 3

Unidade Independência: Xistos, Metacalcários e Gnaisses. Apresenta litologias majoritariamente suscetíveis a desagregamento das partes através de seus planos de fissilidade.
Vulnerabilidade Geotécnica: 5

Corpo Tucunduba: Petrograficamente corresponde a um sienito grosseiro, porfiróide, com cristais automórficos maclados de até 8 cm de comprimento, dispersos aleatoriamente em Matriz verde escura, médio fino granular.

Vulnerabilidade Geotécnica: 3

Formação Serra Grande: Arenito, Folhelho, Siltito arenoso, Conglomerado suportado por matriz.

Vulnerabilidade Geotécnica: 7

Formação Pacujá: Arenitos arcossianos finos a siltitos com pelitos.

Vulnerabilidade Geotécnica: 5

Grupo Itapecuru: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano.

Vulnerabilidade Geotécnica: 5

Formação Sardinha: Basaltos aflorantes próximos a aldeia de Sardinha, acima da Formação Corda e abaixo da Formação Itapecuru, uma vez que as relações de contato dos basaltos com sedimentos não foram observadas em campo.

Vulnerabilidade Geotécnica: 3

Formação Camocim: Conglomerado grosseiro constituído de seixos centimétricos de quartzo, geralmente bem rolado, com cimento laterítico extremamente duro e compacto, que ocorre desde o litoral até penetrações de 50 km para o interior, com uma capa horizontal de espessura irregular, com valores máximos estimados de ordem de 20 m, repousando sobre a superfície de erosão do cristalino ou das formações do Grupo Jaibaras.

Vulnerabilidade Geotécnica: 5

Grupo Barreiras: Arenito conglomerático, Argilito arenoso, Arenito, Argilito, Conglomerado, Siltito.

Vulnerabilidade Geotécnica: 3

Depósitos Colúvio Eluviais: Areia, Argila, Cascalho.

Vulnerabilidade Geotécnica: 7

Depósitos Aluvionares: Areias inconsolidadas.

Vulnerabilidade Geotécnica: 7

Depósitos de Cordões Litorâneos Antigos: Areia, Argila, Silte.

Vulnerabilidade Geotécnica: 7

Depósitos Eólicos Continentais: Areias Inconsolidadas.

Vulnerabilidade Geotécnica: 7

O Quadro 2.2.2.10-1 apresenta a classificação de vulnerabilidade geotécnica variando de 3 a 7, conforme as unidades geológicas mapeadas na área de estudo.

Quadro 2.2.2.10-1 - Atribuição de Pesos Considerando as unidades geológicas.

Unidade Geológica	Vulnerabilidade Geotécnica
Complexo Gnaissico-Migmatítico Granja	3
Complexo Canindé do Ceará	4
Suíte Intrusiva Tromai	3
Complexo Granito-Migmatítico Tamboril - Santa Quitéria	3
Formação São Joaquim	5
Unidade Independência	5
Corpo Tucunduba	3
Formação Serra Grande	7
Formação Pacujá	5
Grupo Itapecuru	5
Formação Sardinha	3
Formação Camocim	5
Grupo Barreiras	3
Depósitos Colúvio Eluviais	7
Depósitos Aluvionares	7
Depósitos de Cordões Litorâneos Antigos	7
Depósitos Eólicos Continentais	7

2.2.2.10.4 - Pedologia

Em relação aos solos, o seu comportamento mecânico é diretamente relacionado às suas características físicas, tais como: equilíbrio e deformação, quando os solos são submetidos a tensões. Quando se trata de solos, os espaços entre as partículas são chamados de vazios, espaços esses normalmente preenchidos por água ou ar. A partir do momento que há uma tensão aplicada ao solo, a variação é absorvida tanto pela parte sólida do solo quanto pelos espaços vazios. A maneira como os solos respondem às tensões externas varia de acordo com o tipo de solo e com sua granulometria, podendo ser mais ou menos plásticos e maleáveis, apresentando ou não contração com a alteração da umidade presente no local.

Dessa forma, para a análise do comportamento mecânico dos solos na área de estudo foi feita uma análise das unidades de mapeamento em associação e o gradiente textural de cada unidade taxonômica que compõe a unidade de mapa.

Para que a atribuição de pesos pudesse ser feita para esses atributos, foi aplicada a metodologia de Santos *et al.* (2007) que buscou uma adaptação das propostas de Ross (1994 apud SANTOS, 2007).

Argissolos: São solos que apresentam gradiente textural do horizonte A para o B e, apresentavam-se bem estruturados e de textura predominantemente média, mas em sua maioria, abrutícos e podem ser eutróficos e distróficos.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica.

PVAd1	3	PVAe1	4
PVAd2	4	PVAe2	5
PVAd3	4	PVAe3	6
PVAd4	4	PVAe4	4
PVAd5	5	PVAe5	3
PVAd6	5	PVAe6	4
PVAd7	3	PVAe7	5
PVAd8	4	PVAe8	4
PVAd9	4	PVAe9	4
PVAd10	4	PVAe10	2
PVAd11	3		

Cambissolos: Solos pouco profundos com contato lítico ou saprolítico, geralmente, até 100 cm, com textura média, predominantemente.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica: **6**. Todos os Cambissolos mapeados apresentam o mesmo valor.

Gleissolos: Solos de algumas planícies fluviais, que apresentam textura predominantemente argilosa, mas são solos muito sensíveis do ponto de vista da vulnerabilidade, por apresentarem o lençol freático muito próximo à superfície.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica:

GJh	4
GXbd1	5
GXbd2	4
GZn	4
GZo	5

Latosolos: São solos bem desenvolvidos e bem drenados, pouco vulneráveis a erosão.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica:

LAd1	2	LVAAd1	1
LAd2	1	LVAAd2	2
LAd3	1	LVAAd3	1
LAd4	2	LVAAd4	2
LAd5	2	LVAAd5	2
LAd6	2	LVAAd6	2

Luvissolo: Solos muito férteis com mudança textural abrupta e presença de horizonte Bt.

Classificação de Vulnerabilidade geotécnica:

TCo1	5
TCo2	4
TXo	4

Neossolo Litólico: Solos rasos ou muito rasos, com textura média ou mais arenosa e muitas rochas ao longo da área de ocorrência. Tem normalmente transição abrupta entre o horizonte superficial e a rocha.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica:

RLd1	7	RLe1	7
RLd2	7	RLe2	7
RLd3	7	RLe3	7
RLd4	6	RLe4	6
RLd5	6	RLe5	6
RLd6	6		

Neossolo Regolítico: Solos medianamente rasos ou rasos, com textura média ou mais arenosa e muitas rochas ao longo da área de ocorrência.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica:

RRe1	5
RRe2	4

Neossolo Flúvico: Solos encontrados em algumas planícies fluviais, pouco coesos e por isso muito vulneráveis ao transporte hídrico.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica: **3**. Todos os Neossolos Flúvicos mapeados apresentam o mesmo valor.

Neossolo Quartzarênico: Solos muito profundos e possuem textura areia franca ou mais arenosa, e são pouco coesos.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica:

RQg1	6	RQo6	5
RQg2	6	RQo7	5
RQo1	5	RQo8	4
RQo2	5	RQo9	5
RQo3	4	RQo10	4
RQo4	5	RQo11	5
RQo5	5	RQo12	5

Nitossolo Vermelho eutrófico: Solos medianamente desenvolvidos, mas que apresentam gradiente textural do horizonte A para o horizonte B, caráter eutrófico.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica: **4**. Todos os Nitossolos mapeados apresentam o mesmo valor.

Planossolo: Solos com mudança textural abrupta apresentando, geralmente rochosidade ao longo da área de ocorrência.

Classificação de Vulnerabilidade geotécnica:

SNo	4	SXe9	4
SXe1	4	SXe10	4
SXe2	5	SXe11	3
SXe3	5	SXe12	4
SXe4	4	SXe13	5
SXe5	4	SXe14	5
SXe6	5	SXe15	4
SXe7	4	SXe16	5
SXe8	4		

Plintossolo: Solos com Plintização em alguma fase no perfil, apresentando gradiente textural ou não.

Classificação de Vulnerabilidade geotécnica:

FFc1	3	FFc4	4
FFc2	3	FFc5	5
FFc3	3	FTe	4

Afloramento de Rocha: Área com muitas rochas expostas, algumas soltas formando campos de blocos.

Classificação de vulnerabilidade geotécnica: 7.

2.2.2.10.5 - Hidrologia

No que concerne à hidrografia, quanto mais próximo a um curso d'água, mais vulnerável é a área à eventos de enchentes e de inundações, logo, foi feita a classificação exposta no **Quadro 2.2.2.10-2** que considera as distâncias aos corpos d'água. Também foi levando em conta nessa variável as áreas suscetíveis à inundação, mesmo que não estejam associadas às margens de corpos d'água.

**Quadro 2.2.2.10-2 - Atribuição de Pesos
Considerando a Hidrografia.**

Hidrografia	Peso
Até 10 metros de proximidade	5
De 20 a 30 metros de proximidade	2
Áreas suscetíveis à inundação	3

2.2.2.10.6 - Climatologia

Considerando que uma das principais variáveis a ser analisada do fator climatológico é a precipitação, por constituir o elemento ativo e indutor e definidor da vulnerabilidade, foram utilizados os dados pluviométricos, partindo da premissa que quanto mais chuva, maior a probabilidade de enchentes, inundações, deslizamentos (saturação e perda de resistência do solo) e carreamento de material superficial.

A classificação de vulnerabilidade geotécnica variou de 2 a 5, conforme pode ser observado no **Quadro 2.2.2.10-3**, a seguir:

**Quadro 2.2.2.10-3 - Atribuição de Pesos
Considerando a Pluviosidade.**

Pluviosidade	Peso
De 800 a 1100 mm/ano	2
De 1100 a 1400 mm/ano	3
De 1400 a 1600 mm/ano	4
Acima de 1000 mm/ano	5

2.2.2.10.7 - Uso e Cobertura do Solo

De maneira geral, toda e qualquer forma de relevo, solo e embasamento litoestratigráfico possui processos naturais, intrínsecos às suas características de formação, no entanto, a intensidade do uso antrópico nessas áreas altera significativamente os processos naturais existentes, modificando áreas que, originalmente, apresentavam-se estabilizadas, transformando-as em setores comprometidos sob o ponto de vista da erosão. Dessa forma, a influência da intervenção antrópica deve ser analisada com atenção, sobretudo no que diz respeito às atividades que sucedem o desmatamento, tais como a agropecuária. O desmatamento para uso agropecuário deixa os solos desprotegidos das chuvas, propiciando, por exemplo, um maior escoamento superficial das águas pluviais.

Sendo assim, a classificação do uso e cobertura do solo é baseada na taxa de cobertura proporcionada pela vegetação ou seu uso, relacionando esse a intensidade e a cobertura proporcionada.

Classe	Vulnerabilidade	Classe	Vulnerabilidade
Afloramento Rochoso	7	Faixa de Servidão de LT existente	0
Agricultura	7	Floresta ombrófila aberta aluvial	3
Área queimada	7	Floresta ombrófila aberta de terras baixas	1
Área urbanizada	1	Floresta ombrófila densa aluvial	3
Buritzal	4	Manguezal	7
Caatinga arborizada aberta com palmeira	4	Mata ciliar (caatinga)	3
Caatinga arborizada densa com palmeira	4	Mata de Galeria	3
Caatinga arborizada densa com palmeira e meio afloramentos rochosos	5	Mineração	7
Caatinga arborizada densa sem palmeira	4	Nuvem	0
Caatinga arborizada rupestre	6	Parque cerrado	6
Caatinga em regeneração	6	Parque de caatinga (carnaubal)	6
Caatinga florestada	4	Pastagem	7
Campo úmido	6	Restinga arborizada	5
Carcinicultura	0	Restinga florestada	5
Cerrado típico	4	Solo exposto	7
Contato Caatinga/Floresta Estacional	4	Vegetação de Tabuleiro Litorâneo	4
Contato Cerrado/Caatinga/Floresta Estacional	3	Vegetação secundária (F.E.S.)	4
Corpo D'água	0	Vegetação Secundária (F.O.A)	2
Estrada Pavimentada	0		

2.2.2.10.8 - Geomorfologia

A análise geomorfológica foi realizada a partir da declividade gerada pelo modelo digital do relevo, com resolução espacial de 30 metros (Topodata, 2011).

As classes de declividade foram definidas de 0 a 7 devido à progressão geométrica de suas implicações. Quanto maior a declividade, maior a vulnerabilidade local a eventos geoambientais (Quadro 2.2.2.10-4).

Quadro 2.2.2.10-4 - Atribuição de Pesos Considerando as Classes de Declividade

Declividade	Classificação de vulnerabilidade geotécnica
0° a 3°	0
3° a 8°:	1
8° a 20°:	2
20° a 45°	3
>45°	7

Por fim, foi realizado o cruzamento dos dados em ambiente SIG, no software ArcGis, a partir de uma análise matemática Booleana, em que foi realizado um overlap das camadas e a soma dos pesos associados, conforme atribuído acima.

2.2.2.10.9 - Classes de Vulnerabilidade Geotécnica

Após a classificação dos dados e ponderação dos temas em ambiente SIG, chegou-se à espacialização das classes de vulnerabilidade geotécnica que pode ser observadas através do **Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica - 3182-00-EIA-MP-2008**, no **Caderno de Mapas**. Os valores foram agrupados em 05(cinco) classes, a saber: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte, sendo as duas últimas, o foco dos maiores cuidados (**Quadro 2.2.2.10-5**).

Quadro 2.2.2.10-5 - Quantidade por classe de vulnerabilidade atravessada pela futura LT e porcentagem total da AE.

Classe	Área (hectares)	Área da AE (%)	Fx de Servidão Área (ha)	Fx de Servidão%
Muito Fraca	25.455	5,5	247	4
Fraca	225.145	49	2.300	36
Média	122.451	26,6	2.200	35
Forte	83.677	18,2	1.577	25
Muito Forte	3.276	0,70	21	0
Total	460.004	100	6.345	100

2.2.2.10.10 - Análise do Risco Geotécnico

Como observado no quadro acima, a maior parte da LT atravessará áreas com muito fraca a média vulnerabilidade geotécnica, totalizando, aproximadamente, 81% do total da área de estudo e 75% da faixa de servidão. Isso é um fato positivo, acho visto que o empreendedor deverá ter uma maior atenção com aquelas áreas que somam 25% com riscos geotécnicos muito forte, com destaque na Serra de Ibiapaba. no **Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica - 3182-00-EIA-MP-2008**, no **Caderno de Mapas**.

A região de estudo é predominantemente dominada por áreas planas e solos jovens ou pouco maduros na sua maioria de textura arenosa, o que contribui para os baixos riscos geotécnicos, somados ao fator de pouca pluviosidade e a geologia local que é representada por complexos de rochas ígneas e metamórficas relacionadas à colisão que formou parte da América do Sul, e rochas sedimentares associadas ao desenvolvimento da Bacia do Parnaíba.

Onde se observa a classificação da vulnerabilidade forte ou muito forte, cuidados especiais deverão ser observados durante a limpeza do terreno; adequação do escoamento superficial, visto que esse deverá ser mais intenso, pela abertura de faixas de servidão e praças de instalação de torres.

Cabe destacar que no trecho LT 500 kV Bacabeira - Parnaíba III processos naturais associados à expansão da rede de drenagem ocorrem ao longo das margens dos principais rios, como o Itapecuru e Munim. Dessa forma, mudanças do uso do solo como, por exemplo, o corte dos terraços fluviais podem desenvolver feições erosivas acelerada nestes depósitos arenosos localizados nas planícies de inundação destes rios.

Neste mesmo trecho do empreendimento, outro aspecto que merece destaque são as áreas alagáveis. Nestes locais, que são apresentados no mapa de vulnerabilidade geotécnica através da classe muito forte, deve ser evitada, sempre que possível, a locação de estruturas. Quando for inevitável a instalação das mesmas, deverá ser buscada a melhor época do ano para que haja a menor condição de saturação do solo.

Apesar da área de estudo apresentar solos com argila expansiva especialmente no Vertissolos Ebônicos, sua ocorrência é muito pequena e se concentra às margens dos rios Itapecuru e Munim, no Maranhão, no trecho LT 500 kV Bacabeira II - Parnaíba III, e em porções isoladas no extremo norte da AE no estado do Ceará, no trecho LT 500 kV Acaraú III - Pecém II. Em função de sua característica expansiva, testes deverão ser executados nos solos associados ao componente (GJh) do mapeamento pedológico para evitar problemas estruturais, como recalques diferenciais.

Em relação aos movimentos de massa, as áreas sujeitas a escorregamentos e queda de blocos são representadas predominantemente pelas classes forte e muito forte e concentram-se nas proximidades da Serra da Ibiapaba no trecho da LT 500 kV Acaraú III - Tianguá II. Áreas classificadas como de vulnerabilidade média também estão propensas a movimentos de massa, sobretudo no que diz respeito às corridas que avançam das encostas para os fundos de vale.

O grande número de variáveis passíveis de compor as áreas analisadas ao longo do empreendimento as tornam demasiadamente heterogêneas e de complexa compartimentação para análise individual, sendo assim, são apresentados no **Quadro 2.2.2.10-6** os eventos possíveis de acontecerem nessas áreas de acordo com as classes de vulnerabilidade geotécnica definidas.

Quadro 2.2.2.10-6 - Análise risco geotécnico e eventos associados às classes mapeadas.

Vulnerabilidade	Eventos Associados
Muito Forte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão acelerada por escoamento concentrado; formação de sulcos e ravinas e desenvolvimento de caneluras ▪ Erosão eólica acelerada ▪ Instabilidade em encostas - movimentos de massa ▪ Ocorrências de processos de erosão linear acelerada com fluxo subsuperficial (voçorocas) ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais; ▪ Ocorrências de desbarrancamentos na margem dos canais ▪ Ocorrência de solos moles e áreas com solos expansíveis
Forte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processos difusos de erosão laminar ▪ Erosão nos sopés das escarpas pelo processo de recuo das vertentes ▪ Erosão eólica ▪ Ocorrências menos frequente de processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas) ▪ Nos contatos escarpados com outras unidades há a possibilidade de ocorrência de processos de movimentos de massa ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais; ▪ Ocorrências pontuais de erosão em sulcos e desbarrancamentos na margem dos canais;
Média	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais ▪ Deposição de sedimentos finos durante as enchentes por decantação e de areias por acréscimo lateral ▪ Ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa ▪ Atuação menos frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) ▪ Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes, erosão lateral e vertical do canal;
Fraca	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais ▪ Deposição de sedimentos finos durante as enchentes por decantação e de areias por acréscimo lateral ▪ Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes, erosão lateral e vertical do canal ▪ Ocorrências pontuais de erosão em sulcos e desbarrancamentos na margem dos canais ▪ Atuação esporádica e restrita de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas)
Muito Fraca	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilidade de ocorrências pontuais de processos erosivos, com pequenas dimensões

A integração de dados proposta neste diagnóstico é cartograficamente compatível com o planejamento do empreendimento. No decorrer do trabalho de campo do Meio Físico foram analisados os parâmetros considerados para a classificação da Vulnerabilidade. Sempre que possível foram analisadas as relações entre os fatores observando a maneira como o ambiente reage às mais diversas combinações, validando os pesos aferidos. As **Figura 2.2.2.10-1** a **Figura 2.2.2.10-8a** seguir, ilustram alguns eventos geoambientais em desenvolvimento, ou até mesmo estabilizados, observados em campo.



Figura 2.2.2.10-1 - Extensa exposição de quartzitos da Serra de São Joaquim apresentando erosão nas camadas mais arcóseas. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 297.083 E / 9.622.824 N alt 140 m



Figura 2.2.2.10-2 - Escarpas da Serra de Ibiapaba formada por arenitos do Siluriano apresentando erosão horizontalizada das suas camadas mais argilo-siltosas. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 272.911 E / 9.597.166 N alt 598 m



Figura 2.2.2.10-3 - Arenitos bastante fraturados da Serra de Ibiapaba. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 272.911 E / 9.597.166 N alt 598 m



Figura 2.2.2.10-4 - Descolamento de blocos de arenito conglomerático da Serra de Ibiapaba. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 272.673 E / 9.596.459N. alt 639 m



Figura 2.2.2.10-5 - Exemplo da intensidade de eventos pluviométricos catastróficos na região, denotando a má distribuição das chuvas. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 295.921 E /9.615.040 N alt 112 m.



Figura 2.2.2.10-6 - Escarpas da Serra de São Joaquim apresentando expressiva erosão e queda de blocos. Essa situação propicia, ainda, a formação de cavidades. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 295 608 9.618.530 N alt 201 m



Figura 2.2.2.10-7 - Bloco extremamente instável que pode rolar a qualquer momento, em especial durante os eventos de construção da futura LT caso cuidados não sejam tomados. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 274.088 E / 9.597.046N alt214 m.



Figura 2.2.2.10-8 - Visada para o local de travessia da LT na Serra de Ibiapaba, apresentando diversos blocos rolados nos depósitos de tálus. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 271.795 E / 9.594.914N alt512 m.

2.2.2.10.11 - Considerações Finais

De modo geral a LT irá atravessar grandes áreas de Fraca, Média e Forte vulnerabilidade geotécnica, que correspondem, respectivamente, a 49%, 26,6% e 18,2% da área de estudo; e da faixa de servidão respectivamente 36%, 35% e 25%. Do ponto de vista da engenharia, as áreas de Forte vulnerabilidade requerem maiores custos com a instalação de estruturas e manutenção. Pouco poderá ser feito para mudar esse quadro, visto que, ao longo de todo o empreendimento são observadas características sensíveis do ponto de vista geotécnico, sobretudo no que diz respeito às áreas alagáveis e arenosas em grande parte do trecho da LT no Maranhão, bem como os movimentos de massa e processos erosivos na escarpa da Serra da Ibiapaba, no Ceará.

Pelos motivos anteriormente citados, recomenda-se que seja verificada a estabilidade de blocos soltos ou rochas cuja situação exprime uma possível movimentação, especialmente em ambientes de grandes gradientes altimétricos, como na Serra da Ibiapaba, onde o grau de vulnerabilidade é forte e muito forte. Em complemento, os solos deverão ser cobertos com vegetação assim que as obras forem finalizadas, para conter eventuais movimentações bruscas, em especial nas épocas de chuva.

Em relação aos solos arenosos, que se estendem por grandes extensões da LT no estado do Maranhão, onde o risco geotécnico é forte e muito forte, são derivados de movimentação de grão pela força do vento, o que torna esses grãos bem selecionados, arredondados e com pouca ou, praticamente, nenhuma argila associada. Esses solos mesmo estando em relevo plano e suave ondulado em sua maioria, com alguns enclaves em relevo ondulado apresentam baixa coesão e agregação entre as partículas. Do ponto de vista da vulnerabilidade geotécnica, cortes deverão seguir gradientes muito pouco angulosos e sua instabilidade é muito elevada, para fundações é um problema considerável, pois, apesar da areia não ser compactável, sua espessura é muito grande, dificultando o assente de fundações em rocha dura ou estável. Nesses locais, o ideal é que se encontrem os arenitos, argilitos e conglomerados da Formação Barreiras, que está subjacente a esse pacote arenoso, cuja constituição favorece a colocação das estruturas de fundação das torres.

