

hídrico em escoar toda a água que passa ou é recebida pela bacia, como lençóis cursos d'água e água de chuvas. Os valores de classificação da densidade de drenagem podem ser expressos por estes valores apresentados na Tabela 14:

**Tabela 14** - Valores de Densidade de Drenagem.

<b>Densidade de Drenagem Segundo Beltrame (1994)</b>	
Baixa	Menor que 0,5 Km/Km <sup>2</sup>
Mediana	Entre 0,5 e 2,0 Km/Km <sup>2</sup>
Alta	Entre 2,01 e 3,50 Km/Km <sup>2</sup>
Muito Alta	Maior que 3,50 Km/Km <sup>2</sup>

**Fonte:** Beltrame, A.V. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas (1994).

A classificação da Densidade de Drenagem indica entre outras características da bacia analisada, a facilidade ou dificuldade que a água tem de deixar o sistema de drenagem, ou a capacidade de armazenamento e duração deste armazenamento de água dentro do sistema hídrico analisado, fornecendo informações relativas sobre o solo e a geologia da área abrangida pela bacia, assim como a susceptibilidade da bacia em sofrer inundações em decorrência de precipitações intensas.

A Densidade de drenagem (Tabela 15) indica um ambiente onde a infiltração da água nas rochas ou no solo é maior ou menor, no caso de uma formação rochosa pouco permeável o escoamento superficial vai ser maior e conseqüentemente o desgaste e esculturação dos canais permanentes será maior e mais suscetível a erosão, sendo indicado por um alto valor de Densidade de Drenagem.

**Tabela 15** - Densidade de Drenagem (Dd) Bacias transpostas pelo empreendimento.

<b>Nome</b>	<b>Densidade de Drenagem (Dd)</b>
Rio Bonito	2,36
Rio Grataú	2,40
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	2,14
Rio do Frade	2,61
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	2,29
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	1,54
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	1,70
Rio Japuiba	1,58
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	1,73
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	1,86
Ariró e Rio da Areia	1,92
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	1,33

A maior densidade de drenagem (Dd) encontrada foi para a Bacia do Rio do Frade que foi de 2,60 Quilômetros por quilômetro quadrado, o que significa que esta Bacia drena 2,60 Km para cada Km<sup>2</sup> de área sendo classificada conforme a tabela proposta por Beltrame (1994) como alta densidade de drenagem, a bacia do Rio

Bonito também classifica-se como alta em relação a densidade de drenagem com valor de 2,36 e a Bacia do Rio Grataú com Dd de 2,40. Segundo Christofolletti (1969), valores elevados de (Dd) indicam áreas com pouca infiltração e melhor estruturação dos canais, caso que não ocorre nas bacias que transpõem o empreendimento, visto pelos valores baixos e medianos de (Dd) indicando portanto que a área da bacia possui bastante infiltração, e canais não muito bem estruturados.

#### Coeficiente de Manutenção (Cm)

A partir da Densidade de Drenagem (Dd) é possível calcular o Coeficiente de manutenção (Cm - Tabela 16), que representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem, sendo este calculado pela Equação:

$$Cm = 1/Dd$$

Em que:

Cm = Coeficiente de manutenção;

Dd = Densidade de Drenagem;

**Tabela 16** - Coeficiente de Manutenção (Cm) das Bacias Transpostas pelo Empreendimento.

Nome	Cm (m <sup>2</sup> )
Rio Bonito	422,95
Rio Grataú	416,59
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	466,38
Rio do Frade	382,50
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	436,16
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	648,21
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	588,53
Rio Japuíba	634,34
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	578,49
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	538,38
Ariró e Rio da Areia	519,77
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	753,36

Para as Bacias analisadas o valor do Coeficiente de Manutenção mais alto encontrado foi de 753,36 m<sup>2</sup>/m indicando que a bacia necessita de 753,36 m<sup>2</sup> para manter perene cada metro de curso d'água ou trecho de drenagem na Bacia Contribuinte da Baía da Ribeira 1, o valor mais baixo foi o da Bacia do Rio do Frade com 382,50 m<sup>2</sup>/m.

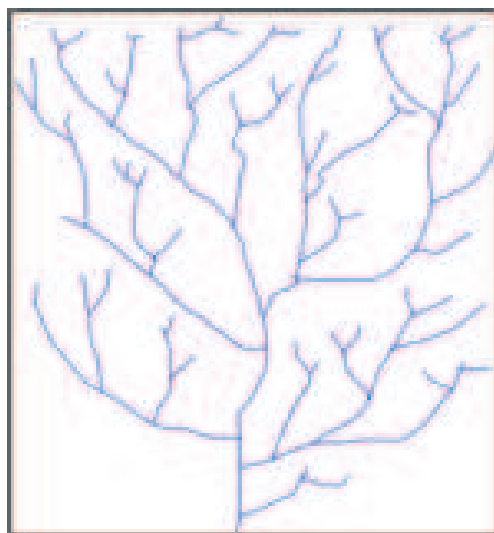
### Padrão de Drenagem

O padrão de drenagem (Tabela 17 e Figura 50) de uma região varia de acordo com a geologia e o relevo, mostrando a hidrografia como uma forma geométrica padrão para as características geológicas e geomorfológicas desta região.

O padrão de drenagem encontrado para as Bacias analisadas, em grande maioria foi o dendrítico, com exceção da Bacia Contribuinte Enseada do Bracuí 3 onde o padrão de drenagem se assemelha ao Retangular.

**Tabela 17 - Padrões de Drenagem das Bacias Transpostas pelo Empreendimento.**

Nome	Padrão de Drenagem
Rio Bonito	Dendrítica
Rio Grataú	Dendrítica
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	Dendrítica
Rio do Frade	Dendrítica
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	Retangular
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	Dendrítica
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	Dendrítica
Rio Japuíba	Dendrítica
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	Dendrítica
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	Dendrítica
Ariró e Rio da Areia	Dendrítica
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	Dendrítica



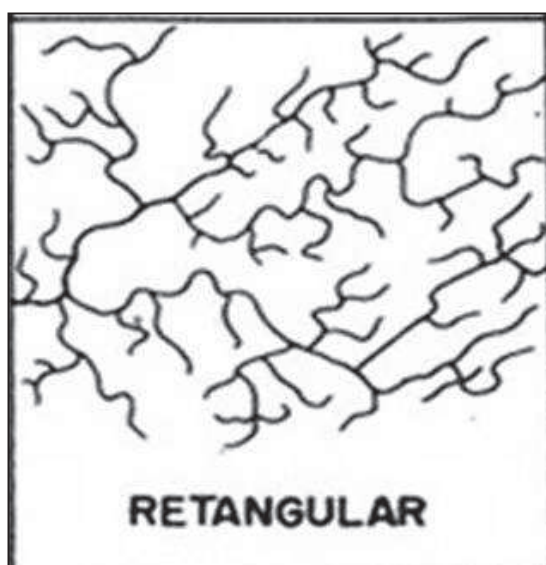
**Figura 50 - Padrão de Drenagem Dendrítico.**

Padrão que lembra as nervuras de uma folha, típico de áreas cobertas por rochas horizontais, não fraturadas e isotrópica em relação à erosão pluvial e fluvial.

Constitui um padrão onde os talwegues têm variados comprimentos e não possuem nenhuma orientação preferencial ou uma organização sistemática.

É típico de rochas sedimentares horizontais, podendo também ocorrer em rochas de baixo grau metamórfico (ardósias e filitos) horizontais ou subhorizontais. Pode também ocorrer em alguns derrames de lavas ou sedimentos de origem vulcânica.

O padrão de drenagem retangular (Figura 51) é consequência da influência exercida por falhas ou pelo sistema de juntas ou de diáclases, portanto o controle estrutural se dá por juntas ou falhas.



**Figura 51** - Padrão de Drenagem Retangular.

### Fator de Forma

O fator de forma relaciona a forma da bacia com a forma de um retângulo, sendo a razão entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial dado por área de drenagem dividida pelo comprimento do eixo da bacia ao quadrado. Este índice indica a tendência para enchentes em cheias rápidas, quanto maior for o fator de forma, mas propícia a inundações será a bacia.

Portanto um fator de forma (Tabela 18) mais alto, caracterizaria uma bacia mais circular, ocorrendo um evento de chuva intensa há maior chance dessa precipitação ocorrer simultaneamente em toda a extensão da bacia concentrando as águas de chuva no rio principal, e em uma bacia circular o deflúvio tende a escoar em um só ponto; o que não ocorre em uma bacia estreita e longa onde o deflúvio escoar em diferentes pontos e a precipitação não é bem distribuída na área da bacia.

**Tabela 18** - Fator de Forma das Bacias transpostas pelo empreendimento.

Nome	Fator de Forma
Rio Bonito	0,249
Rio Grataú	0,455
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	0,397
Rio do Frade	0,550
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	0,672
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	0,475
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	0,189
Rio Japuíba	0,325
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	0,613
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	0,121
Ariró e Rio da Areia	0,862
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	0,263

O fator de forma mais alto encontrado para as Bacias analisadas foi de 0,862 da Bacia do Rio Ariró e Rio do Areia representa um fator de forma alto mais próximo da unidade, indicado uma Bacia mais arredondada com susceptibilidade a enchentes por cheias rápidas e a precipitação bem distribuída devido a sua forma arredondada e por consequência o escoamento dos seus tributários ocorrem em pontos próximos ao longo do Rio principal. As Bacias Contribuinte Enseada do Bracuí 3 e Contribuinte da Baía da Ribeira 3 apresentam Fator de Forma médio. As outras bacias apresentaram valores mais baixos de 0,121 á 0,550.

#### Coeficiente de compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade (Kc - Tabela 19), que relaciona a forma da bacia com um círculo, é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. De modo que quanto maior a irregularidade da bacia maior será o coeficiente de compacidade. Como o coeficiente de compacidade igual a unidade corresponde a uma bacia circular, ele possibilita a indicação de maior ou menor ocorrência de cheias à medida que se aproxima ou afasta da unidade (Villela e Matos, 1975). A equação que determina o (Kc) é a seguinte:

$$Kc=0,28x P/Raiz Quadrada A$$

Em que:

Kc = Coeficiente de Compacidade;

P = Perímetro da Bacia em Km

A = Área da Bacia em Km<sup>2</sup>

**Tabela 19 - Coeficiente de Compacidade (Kc).**

Nome	Kc
Rio Bonito	2,05
Rio Grataú	1,46
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	1,26
Rio do Frade	1,47
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	1,60
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	2,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	1,97
Rio Japuíba	1,67
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	1,41
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	1,73
Ariró e Rio da Areia	1,58
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	3,17

O (Kc) encontrado para as Bacias analisadas mostra a bacia Contribuinte da Baía da Ribeira 1 como a mais irregular com valor de 3,17 e a bacia Contribuinte Enseado do Bracuí 1 como a mais regular com Coeficiente de Compacidade de 1,26.

#### Densidade Hidrográfica (Dh)

A densidade hidrográfica (Dh) relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Conforme Silva et al. (2002), o sistema de drenagem de uma bacia pode ser facilmente alterado, bastando uma pequena mudança de gradiente de descarga do rio motivada, por exemplo, por pequenos ajustes neotectônicos ou a elevação súbita da descarga da bacia, em razão de enxurradas associadas ao desmatamento em grande escala, na porção de montante da bacia, os quais podem levar à erosão basal das margens côncavas, até a formação de barras de sedimentos, nas margens convexas, a jusante. Para se determinar a densidade hidrográfica (Tabela 20), foi utilizada a seguinte Equação:

$$Dh = N/A$$

Em que:

Dh = Densidade Hidrográfica

N = Número de Rio ou Canais

A = Área da Bacia em Km<sup>2</sup>

**Tabela 20** - Densidade Hidrográfica (DH) das Bacias Transpostas pelo Empreendimento.

Nome	DH
Rio Bonito	4,08
Rio Grataú	3,65
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	3,41
Rio do Frade	4,69
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	5,66
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	3,89
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	2,51
Rio Japuíba	1,96
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	3,45
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	2,36
Ariró e Rio da Areia	2,65
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	2,07

Onde o valor de (Dh) obtido para as Bacias analisadas apontou a bacia Contribuinte Enseada do Bracuí 3 com a maior Densidade Hidrográfica 5,66 onde nesta bacia existem 5,66 entre canais de drenagem e cursos d'água para cada Km<sup>2</sup> de área, e a Bacia do Rio Japuíba com a menor DH 1,96, porém os valores são parecidos entre as bacias analisadas.

#### Extensão do Percurso Superficial (Eps)

A extensão do percurso superficial (Tabela 21) é dada por um dividido pela densidade de drenagem ao quadrado:  $1/Dd^2$

A extensão do percurso superficial, que mede a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, é um importante variável, pois afeta no desenvolvimento hidrológico e fisiográfico.

Relaciona-se diretamente com o número de canais de primeira ordem.

**Tabela 21** - Extensão do Percurso Superficial das Bacias Transpostas pelo Empreendimento.

Nome	Extensão do Percurso Superficial (Eps)
Rio Bonito	1,18
Rio Grataú	1,20
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	1,07
Rio do Frade	1,31
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	1,15
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	0,77
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	0,85
Rio Japuíba	0,79
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	0,86
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	0,93
Ariró e Rio da Areia	0,96
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	0,66

A bacia do Rio do Frade possui o maior valor de Eps com 1,31 e a Bacia Contribuinte da Baía da Ribeira 1 possui o menor valor de Eps com 0,66.

### Gradiente do Canal Principal

Gradiente do Canal Principal (Tabela 22) relaciona a altitude da nascente e da foz pela extensão do curso principal.

Vem a ser a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. A sua finalidade é indicar a declividade dos cursos de água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem.

**Tabela 22** - Gradiente do Canal Principal das Bacias transpostas pelo empreendimento.

Nome	Gradiente do Canal Principal
Rio Bonito	1656,37
Rio Grataú	1360,00
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	910,83
Rio do Frade	1293,80
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	580,56
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	-631,76
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	580,00
Rio Japuíba	1520,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	500,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	1015,92
Ariró e Rio da Areia	1213,86
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	504,00

A bacia com o maior gradiente é a bacia do Rio Bonito com 1.656,37 sendo a bacia com a nascente de maior altitude e também a maior amplitude altimétrica. A Bacia Contribuinte Enseada do Bracuí 2 possui o menor gradiente ficando com gradiente negativo de -631,76, possuindo a menor altitude de nascente a menor amplitude altimétrica e a menor extensão de canal principal.

### Índice de Sinuosidade

O índice de sinuosidade (Tabela 23) é a relação entre a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante (equivalente vetorial), medida em linha reta (Ev), e o comprimento do canal principal (L).

**Tabela 23** - Índice de Sinuosidade das Bacias Transpostas pelo Empreendimento.

Nome	Índice de Sinuosidade
Rio Bonito	1,41
Rio Grataú	1,22
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	0,99
Rio do Frade	1,09
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	0,59



Nome	Índice de Sinuosidade
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	0,54
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	0,54
Rio Japuíba	1,15
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	0,90
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	1,03
Ariró e Rio da Areia	1,53
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	0,65

As bacias analisadas a que possui o canal principal mais sinuoso é a Bacia do Ariró e Rio da Areia com índice de 1,53 a Bacia do Rio Bonito também possui elevada sinuosidade 1,41 e as bacias com o canal principal mais retilíneos são as Bacias Contribuinte Enseada do Bracuí 2 e 3 com índice de sinuosidade de 0,54.

#### Comprimento médio dos Canais

Os comprimentos médios dos canais (Tabela 24) são dados pela extensão total dos canais dividido pelo número de canais

**Tabela 24** - Comprimento médio dos canais das bacias transpostas pelo empreendimento.

Nome	Comprimento médio dos Canais
Rio Bonito	0,58
Rio Grataú	0,66
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	0,63
Rio do Frade	0,56
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	0,41
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	0,40
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	0,68
Rio Japuíba	0,80
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	0,50
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	0,79
Ariró e Rio da Areia	0,73
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	0,64

As bacias com o comprimento médio dos canais maiores são a Bacia do Rio Japaíbuna com 0,80 e a Bacia Contribuinte da Baía da Ribeira 2, já as bacias com os menores comprimentos médio de canais são as Bacias Contribuinte Enseada do Bracuí 2 e 3 com valores de 0,40 e 0,40.

#### Índice de Circularidade (Ic)

O índice de circularidade (Tabela 25) é dado através da equação  $12,57 \times \text{Área} / \text{Perímetro ao quadrado}$ .

**Tabela 25** - Índice de Circularidade.

Nome	Índice de Circularidade
Rio Bonito	0,23
Rio Grataú	0,46

Nome	Índice de Circularidade
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	0,62
Rio do Frade	0,46
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	0,38
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	0,25
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	0,25
Rio Japuíba	0,36
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	0,50
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	0,33
Ariró e Rio da Areia	0,40
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	0,10

As bacias com maiores índices de circularidade são Bacia Contribuinte Enseada do Bracuí 1 com índice de 0,62 e Bacia Contribuinte da Baía da Ribeira 3 com 0,50 e as bacias com os menores índices de circularidades são a Bacia Contribuinte da Baía da Ribeira 1 com índice de 0,10 e Bacia do Rio Bonito com 0,23.

#### Altitudes Máximas

As bacias com maiores altitudes (Tabela 26) são a Bacia do Rio Bonito 1.700m e a Bacia do Rio Japuíba 1.520 m

**Tabela 26** - Altitude Máxima.

Nome	Altitude Máxima (m)
Rio Bonito	1700,00
Rio Grataú	1360,00
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	940,00
Rio do Frade	1360,00
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	600,00
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	479,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	580,00
Rio Japuíba	1520,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	500,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	1200,00
Ariró e Rio da Areia	1220,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	504,00

#### Amplitude Altimétrica

Corresponde à diferença altimétrica (Tabela 27) entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica.

Este conceito, também denominado de “relevo máximo da bacia”. O ponto mais elevado da bacia deve ser considerado a média das cotas mais elevadas, pois o seu ponto alto não compreende toda porção mais elevada da bacia.

**Tabela 27 - Amplitude Altimétrica.**

Nome	Amplitude Altimétrica (m)
Rio Bonito	1688,42
Rio Grataú	1360,00
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	938,74
Rio do Frade	1355,24
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	599,72
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	461,45
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	580,00
Rio Japuíba	1520,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	500,00
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	1180,69
Ariró e Rio da Areia	1218,88
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	504,00

As bacias do Rio Bonito e Rio Japuíba possuem as maiores amplitudes altimétricas, já as bacias Contribuinte Enseada do Bracuí 2 e Contribuinte da Baía da Ribeira 3 possuem as menores amplitudes.

#### Relação de Relevo (Rr)

Considera o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima da bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente à principal linha de drenagem. A relação do relevo (Rr - Tabela 28) pode ser calculada dividindo: amplitude topográfica máxima (Hm) e a raiz quadrada da área da bacia (A).

**Tabela 28 - Relação de Relevo (Rr).**

Nome	Relação de Relevo
Rio Bonito	89,57
Rio Grataú	187,85
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	214,32
Rio do Frade	204,72
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	243,79
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	156,96
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	91,63
Rio Japuíba	138,31
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	137,36
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	115,41
Ariró e Rio da Areia	101,91
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	64,70

As Bacias Contribuinte Enseada do Bracuí 3 e Contribuinte Enseada do Bracuí 1 possuem as maiores relações de Relevo.

### Índice de Rugosidade (Ir)

O índice de rugosidade (Tabela 29) combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica (H) e a densidade de drenagem (Dd).

**Tabela 29** - Índice de Rugosidade.

Nome	Índice de Rugosidade
Rio Bonito	3991,99
Rio Grataú	3264,60
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	2012,81
Rio do Frade	3543,08
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	1375,01
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	711,88
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	985,51
Rio Japuíba	2396,18
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	864,32
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	2193,04
Ariró e Rio da Areia	2345,02
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	669,00

As Bacias do Rio Bonito e Rio Grataú possuem os maiores índices de rugosidade, enquanto as Bacias Contribuinte da Baía da Ribeira 1 e Contribuinte Enseada do Bracuí 2 possuem os menores valores.

### Ordem da Bacia

O levantamento das características de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns métodos a serem feitos em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo esclarecer as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental de uma determinada bacia hidrográfica. A hierarquia fluvial, um dos principais parâmetros morfométricos, estabelece uma ordem e grau de diversos cursos d'água dentro de uma mesma bacia hidrográfica, com isso determinando uma hierarquia entre os canais fluviais de uma da bacia hidrográfica em análise.

Assim Christofolletti (1974), diz que inicialmente é importante salientar alguns conceitos empregados na análise hierárquica de uma bacia hidrográfica. A rede fluvial ou rede de canais é o padrão inter-relacionado de drenagem formado por um

conjunto de rios em determinada área, a partir de qualquer número de fontes até a desembocadura, da referida rede.

Confluência é o lugar onde dois canais se encontram: fonte ou nascente de um rio é o lugar onde o mesmo se inicia. Segmento fluvial é o trecho do rio do rio ou canal ao longo do qual a ordem (no sentido utilizado por Strahler) que lhe é associada permanece constante. Rio base de determinada rede é o rio que recebe somente tributários de ordens mais baixas que a sua. (CHRISTOFOLETTI, 1974, p. 85).

Por fim, CHRISTOFOLETTI (1980), diz que a hierarquia fluvial consiste no processo de classificação de curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas. Quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois os mesmos indicam maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos.

A Bacia do Rio Bonito é a de maior ordem na hierarquia fluvial classificada como de 6 ordem (Tabela 30) e a que possui mais canais de primeira ordem, as bacias do Rio Grataú, Rio do Frade, Rio Japuíba e Rio Ariró e Rio da Areia são classificadas com de 4ª ordem, porém a Bacia do Ariró e Rio da Areia possui mais canais de primeira ordem.

**Tabela 30** - Ordem das Bacias transpostas pelo empreendimento.

Nome	Ordem Bacia
Rio Bonito	6
Rio Grataú	4
Contribuinte Enseada do Bracuí 1	3
Rio do Frade	4
Contribuinte Enseada do Bracuí 3	2
Contribuinte Enseada do Bracuí 2	2
Contribuinte da Baía da Ribeira 4	2
Rio Japuíba	4
Contribuinte da Baía da Ribeira 3	3
Contribuinte da Baía da Ribeira 2	3
Ariró e Rio da Areia	4
Contribuinte da Baía da Ribeira 1	3

## 6.2.3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

### 6.2.3.1. Geologia

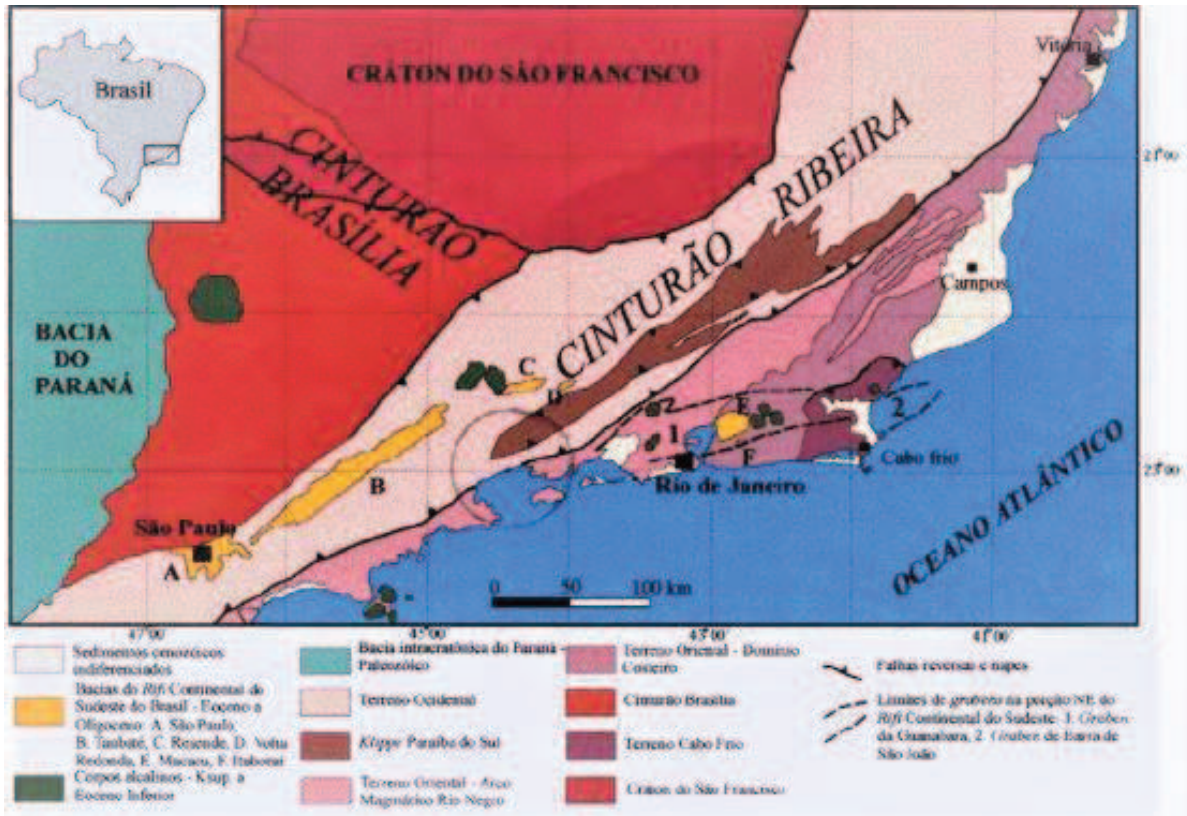
#### Compartimentação Tectônica

A Área de Estudo está inserida no contexto do segmento central do Orógeno Ribeira, que integra o conjunto de orógenos neoproterozóico-cambrianos da Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1977, 1981; HEILBRON et al., 2004).

O Orógeno Ribeira, que apresenta trend estrutural NE-SW, resulta da colisão entre o Craton do São Francisco e outra(s) placa(s) e/ou microplaca(s) e/ou arco-de-ilhas situado(s) a sudeste, bem como com a porção sudoeste do Craton do Congo. Esta etapa de colisão continental (ca. 580 Ma) resultou no empilhamento de terrenos de leste para oeste-noroeste. Como a colisão entre estes terrenos foi oblíqua, a deformação principal exibe clara partição entre zonas com predomínio de encurtamento frontal e zonas com componente transpressivo dextral. Assim, os limites entre os compartimentos tectônicos são representados por empurrões com mergulhos mais íngremes ( $> 30^\circ$ ), ou por zonas de cisalhamento oblíquas. O Orógeno Ribeira foi subdividido em cinco terrenos tectono-estratigráficos (no sentido de Howell, 1989) separados ora por falhas de empurrão, ora por zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas.

Estes terrenos são denominados: Ocidental, Paraíba do Sul, Embú, Oriental e Cabo Frio (Figura 52). A colagem caracterizou-se pelo imbricamento de escamas crustais com vergência para oeste, em direção à margem do Craton do São Francisco. Os quatro primeiros foram amalgamados há ca. 580 Ma, enquanto que o Terreno Cabo Frio só colidiu contra os demais em ca. 520 Ma.

Na All os domínios Juiz de Fora do terreno Ocidental e os Granitóides do Arco magmático Rio Negro do orógeno Ribeira formam a tectônica local.



**Figura 52** – Mapa tectônico do segmento central do Sistema orogenético da Mantiqueira.

### Estratigrafia

Na Área de Influência Indireta são encontradas as unidades do embasamento arqueano e/ou paleoproterozóico, como o Grupo Paraíba do Sul e o Complexo Quirino, as Rochas Granitóides Brasilianas como o Corpo Granito Mambucaba, Corpo Granito Paiol Velho, Suíte Pedra Selada, Corpo Granito Serra da Bocaína, Suíte Getulândia, Suíte Ilha Grande Charnockititos, Suíte Serra das Araras (Complexo Rio Negro) e os Depósitos Flúvio - Lagunares Cenozóicos. A Figura 53 ilustra as unidades geológicas da Área de Influência Indireta (AI).

O embasamento paleoproterozóico com idades maiores que 1,8 Milhões de anos no qual estão o Grupo Paraíba do Sul e o Complexo Quirino.

Nos anos 80 e 90 diversos autores começaram a individualizar nesta unidade duas seqüências de características genéticas distintas: uma metassedimentar, superior, e outra gnáissica-migmatítica, inferior, provavelmente ortoderivada (MACHADO, 1986; CAMPOS NETO & FIGUEIREDO, 1990; HEILBRON et al., 1991, 1993; ALMEIDA et al., 1993). A obtenção de dados geocronológicos U/Pb por

Valladares (1996) e Machado et al. (1996) indicaram que a sequência ortoderivada possui idade paleoproterozóica e, portanto, representaria o embasamento do conjunto metassedimentar.

A partir daí os ortognaisses foram denominados de Complexo Quirino e o termo Paraíba do Sul passou a se restringir ao conjunto metassedimentar (HEILBRON et al., 1991, 1993; ALMEIDA et al., 1993).

O Grupo Paraíba do Sul corresponde à cobertura metassedimentar do Terreno Paraíba do Paraíba do Sul que, na região estudada, aflora somente nas folhas Barra do Piraí e Volta Redonda. As unidades litológicas descritas para este Grupo incluem litotipos metamorfizados na facies anfíbolito superior (ALMEIDA et al., 1993; EIRADO SILVA et al. subm.).

A sua porção basal (Unidade Três Barras de Almeida et al., 1993) é composta principalmente por biotita gnaisses bandados, cujo bandamento composicional e migmatítico (milimétrico a centimétrico) é dado pela alternância de níveis máficos ricos em biotita e níveis quartzofeldspáticos.

A presença de níveis ricos em porfiroblastos de feldspatos é bastante comum. Localmente, podem ocorrer granada e hornblenda, sendo este último especialmente encontrado nos afloramentos próximos ao contato com os ortognaisses do Complexo Quirino. Nos tipos migmatíticos ocorrem porções (métricas a centimétricas) de leucogranitos foliados e níveis xistosos de granulação grossa, essencialmente biotíticos. Nestes gnaisses bandados são observadas intercalações de lentes e boudins de rochas calcissilicáticas esverdeadas, além de níveis de muscovita-biotita-quartzo xisto e sillimanita-muscovita-biotita gnaisse/xisto.

A porção mediana (Unidade São João, ALMEIDA et al., 1993) consiste de granada-sillimanitamuscovita- biotita gnaisse, uma rocha muito micácea e xistosa, contendo camadas ricas em sillimanita, quartzo e muscovita, assim como níveis leucossomáticos (centimétricos a métricos) com granada e turmalina. Os afloramentos desses gnaisses pelíticos são, normalmente, alterados, sendo muitas vezes descritos como xistos. Este litotipo também pode gradar para um gnaisse mais grosso rico em porfiroblastos de feldspato e granada. São encontradas frequentes intercalações lenticulares de rochas calcissilicáticas, mármore, anfíbolitos e gonditos. Os mármore são calcíticos e dolomíticos, de cor branca, homogêneos e com textura granoblástica), ocorrendo na forma de lentes de espessuras variadas,



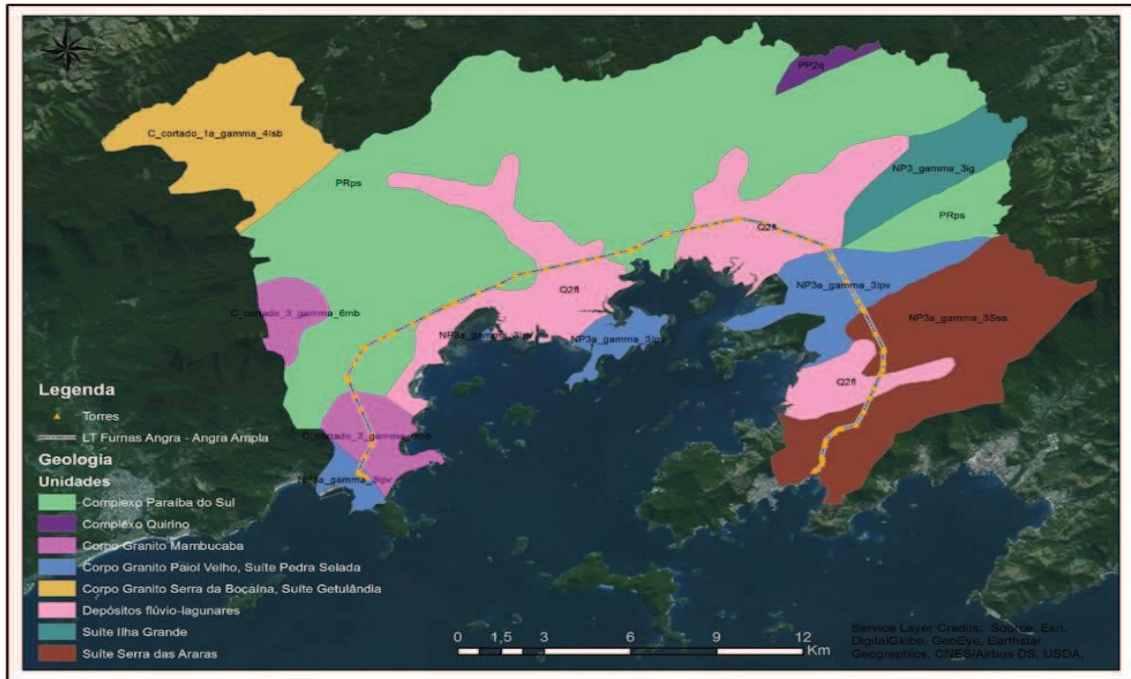
alcançando até algumas dezenas de metros. Além do carbonato, esses mármores são compostos de tremolita e diopsídio, podendo conter quartzo, mica branca ou olivina. Já os anfibolitos ocorrem sob a forma de lentes, boudins ou corpos tabulares decimétricos interpretados como diques ou sills metamorfizados (MARINS, 2000). São constituídos basicamente de hornblenda, plagioclásio, biotita e titanita e quantidades variáveis de granada, quartzo, hiperstênio e/ou diopsídio, minerais opacos, apatita e zircão.

A seção de topo do Grupo Paraíba do Sul compreende uma marcante intercalação de (granada) - biotita gnaisses com xistos e gnaisses pelíticos ricos em sillimanita, muscovita e biotita, estes últimos semelhantes àqueles da associação anterior. Comparada às outras duas associações litológicas, este conjunto apresenta maior frequência de intercalações lenticulares (métricas a centimétricas) de diversos litotipos supracrustais; são eles: rochas calcissilicáticas maciças ou bandadas, gonditos, mármores e, subordinadamente, anfibolitos e quartzitos. As lentes de mármores e anfibolitos são semelhantes àquelas descritas anteriormente para a associação pelítica. Quartzitos são raros, finos e impuros e afloram como camadas lenticulares pouco espessas. Esta associação litológica consiste de uma alternância de litotipos de composição psamítica, pelítica e carbonática.

O Complexo Quirino é entendido como a unidade basal do Terreno Paraíba do Sul. Sua constituição litológica é dada por extensos corpos de ortognaisses homogêneos, leuco a mesocráticos, de granulometria variando de média à grossa, composicionalmente variando entre granitóides tonalíticos/granodioríticos a graníticos, e apresentando enclaves de rochas ultramáficas, máficas e calcissilicáticas (ricas em tremolita).

O Complexo Quirino aflora na porção central do Bloco 1, ocupando uma faixa de direção NE-SW que se estende desde a folha Barra do Piraí até as folhas Santa Rita do Jacutinga e Volta Redonda.

A rocha típica desta unidade é um gnaisse de grão grosso, meso a leucocrático, com foliação descontínua marcada por aglomerados minerais de hornblenda e enclaves máficos alongados. Os enclaves máficos podem atingir dimensões métricas e podem incluir também gnaisses bandados; geralmente, encontram-se estirados ao longo da foliação, mas podem apresentar formas angulares.



**Figura 53 - Geologia da AII.**

## **Granitos megaporfíricos tipo Serra do Lagarto e Pedra Selada**

Correspondem a corpos alongados na direção NE/SW, com cerca de 2 Km de largura e, no mínimo, 12 km de extensão, na porção central da folha Santa Rita do Jacutinga, nas vizinhanças de Visconde de Mauá (RJ), Bocaina de Minas e Passa Vinte (MG). São intrusivos tanto nos ortognaisses do embasamento como nas rochas da cobertura metassedimentar do Domínio Andrelândia, no Terreno Ocidental. Seus afloramentos são caracterizados por paredes lisos e íngremes, que sustentam as cotas mais altas da Serra da Mantiqueira, entre Santa Rita do Jacutinga e Bocaina de Minas.

Estes corpos compreendem granitos porfíricos, com megacrístais subeuédricos de K-feldspato de até 12 cm de comprimento. A proporção entre megacrístais e matriz varia entre 80%-20% e 60%- 40%. A matriz é rica em biotita, mas pode conter menor proporção de quartzo, plagioclásio e K feldspato. Hornblenda hastingsítica pode aparecer como fase máfica, e titanita, zircão, apatita e allanita são fases acessórias frequentes (HEILBRON, 1993; JUNHO et al., 1999).

A textura predominante nestes corpos é caracterizada por um fabric planar ou linear, interpretado como resultante de fluxo magmático sob stress, contemporâneo à deformação D2. Enclaves máficos, com composição quartzo diorítica rica em anfibólio, ocorrem como lentes ou enclaves microgranulares.

São compostos por fenocristais de plagioclásio zonado e, mais raramente, de hornblenda, em matriz equigranular tonalítica com biotita, hornblenda, titanita, apatita, allanita e zircão.

Os dados químicos indicam que ambos granitos compreendem uma suíte cálcio-alcálica de alto-K, com características metaluminosas a fracamente peraluminosas, com padrões de REE altamente fracionados e anomalia negativa de Eu.

O Granito Pedra Selada apresenta idade  $207\text{Pb}/206\text{Pb}$  em zircão de  $580 \pm 6$  Ma, enquanto que para o Granito Serra do Lagarto, a idade  $207\text{Pb}/206\text{Pb}$  obtida foi de  $588 \pm 5$  Ma (MENDES et al., no prelo).

## **Suíte Charnockítica Ilha Grande**

Corpos charnockitóides, de granulometria grossa e foliação descontínua fraca ocorrem no Terreno Oriental, na região costeira da folha Angra dos Reis e na Ilha Grande (CASTRO et al., 1984; FERNANDES, 2001).

Esta suíte é constituída por charnockitos, charnoenderbitos e jotunitos (suíte charnockítica). As rochas da Suíte Charnockítica Ilha Grande apresentam aspecto maciço e homogêneo, com granulometria média na maioria das vezes. Em alguns casos, apresentam textura porfirítica com pórfiros de K-feldspato de até 3 cm de comprimento. Sua trama comumente é equigranular fina a média, podendo, em alguns casos, ocorrer uma textura mosqueada.

A foliação nestas rochas é incipiente e só foi observada nos afloramentos mais intemperizados, sendo definida pelo alinhamento planar de minerais máficos como a biotita e a hornblenda. Sua mineralogia é definida por K-feldspato, quartzo, plagioclásio, ortopiroxênio e biotita. Nos tipos menos ácidos foram encontradas hornblenda e titanita. Dentre os minerais acessórios, destacam-se zircão, allanita e minerais opacos. As rochas da Suíte Charnockítica Ilha Grande possuem enclaves de rochas dioríticas e mostram contatos intrusivos com os ortognaisses do Complexo Rio Negro. Sua composição varia entre granítica e granodiorítica e, tal como sugerido por Fernandes (2001), seu quimismo é muito semelhante àquele do Batólito Serra dos Órgãos.

Segundo Fernandes (2001), as rochas da Suíte Charnockítica Ilha Grande representam a sériecálcio-alcálica, de caráter metaluminoso. O padrão de distribuição dos elementos terras raras mostra fracionamento moderado ( $LaN/YbN = 56$ ), com padrão mais fracionado para os elementos terras raras leves ( $LaN/SmN$  igual a 14 e com La de até 400 x o condrito de Boyton (1983) e padrões mais sub-horizontais para os elementos terras raras pesadas.

A Suíte Charnockítica Ilha Grande parece também ser correlata aos plutons charnockíticos de Ubatuba, no litoral norte paulista, que forneceram idade Rb/Sr de  $551 \pm 5$  Ma (GASPARINI & MANTOVANI, 1979, in MACHADO FILHO et al., 1983). Novos dados TIMS-U-Pb, ainda inéditos, indicaram uma idade de cristalização de  $541,4 \pm 9,3$  Ma.

### **Granitos Serra do Ipiranga, Getulândia e Fortaleza**

Este magmatismo, bem distribuído na Klippe Paraíba do Sul, é caracterizado por diques subverticais e plútons alongados NE-SW relacionados a estruturas do evento deformacional tardio (zonas de cisalhamento D3). Os exemplos mais expressivos são o corpo do Granito Serra do Ipiranga (HEILBRON et al., 1992), aflorante próximo à cidade de Barra do Piraí (RJ), e os corpos dos Granitos Getulândia e Fortaleza (VALLADARES, 1996), que afloram entre as cidades de Barra Mansa e Rio Claro (RJ).

São rochas homogêneas em composição, sendo granitos s.s., e apresentam biotita como único mineral máfico. O Granito Getulândia apresenta foliação NE-SW subvertical S3, melhor evidenciada nos bordos do corpo. O plúton Serra do Ipiranga possui uma foliação fraca NE-SW interpretada como foliação de fluxo magmático (HEILBRON E MACHADO, 1995).

A mesma interpretação foi dada para a fraca foliação observada no plúton Fortaleza (VALLADARES, 1996).

Os dados geoquímicos são típicos de granitos do tipo I Caledoniano, com caráter fracamente peraluminoso (índices de Shand entre 1,0 e 1,1). Os padrões de ETR, normalizados para o condrito, são fracionados e demonstram uma pronunciada anomalia negativa de Eu.

Até o momento, os dados geocronológicos mais confiáveis representativos deste evento magmático são duas análises U-Pb em monazita apresentadas por Machado et al. (1996) e Valladares (1996) para o Granito Getulândia. Estes dados forneceram idades concordantes de  $527 \pm 3$  Ma e  $535 \pm 3$  Ma que foram tomadas como idades mínimas de movimentação na zona de cisalhamento (Zona de Cisalhamento do Paraíba do Sul) em que o corpo Getulândia foi colocado durante o estágio D3. O único dado isotópico de Nd disponível forneceu idade modelo (TDM) de 1,97 Ga, sugerindo sua derivação a partir do retrabalhamento de rochas do embasamento.

### **Granitos Mambucaba, Mombaça e Mangaratiba**

Compreendem os corpos de granitos equigranulares que afloram na costa da baía da Ilha Grande, relatados originalmente por Castro et al. (1984) e Penha (1989). Consistem de biotita granito cinza claro, isotrópico, equigranular médio a

ligeiramente porfirítico, contendo titanita, hornblenda, pirita e magnetita como acessórios principais. Foram observados xenólitos de paragneisses e rochas calcissilicáticas de unidades litológicas do Terreno Ocidental e de ortogneisse bandado do Complexo Rio Negro. O corpo do Granito Mambucaba intrude rochas dos terrenos Ocidental e Oriental, e na sua porção superior, na borda do planalto da Bocaina, o contato com as encaixantes e a foliação de fluxo magmático são subhorizontais. Veios e apófises associados a esses granitos cortam o Granito Vila Dois Rios.

Dados químicos para o Granito Mombaça indicam magmatismo cálcio-alcalino, metaluminoso, de alto-K (FERNANDES, 2001). O padrão de distribuição de ETR mostra que o granito Mombaça apresenta razões LaN/YbN de 130, sendo extremamente enriquecido em terras raras leves com La até 1000 x o condrito.

Dados U-Pb em titanitas do Granito Mangaratiba forneceram idade de  $492 \pm 15$  Ma (MACHADO et al., 1996). Recentemente, Heilbron & Machado (2003) dataram zircões de diques de granitos similares na cidade do Rio de Janeiro, que renderam uma idade de  $482 \pm 6$  Ma, caracterizando o período de magmatismo pós-colisional no Terreno Oriental.

Rochas associadas a processos de subdução anteriores à etapa colisional do orógeno Brasileiro são encontradas no Domínio Costeiro do Terreno Oriental da Faixa Ribeira. São ortogneisses pertencentes a uma série metaluminosa do tipo gabro-diorito-tonalito e trondhjemito, descritos por Tupinambá et al. (1996) como Complexo Rio Negro (CRN). Análises litogeoquímicas e geocronológicas deste complexo podem ser encontradas em Tupinambá (1999), Tupinambá et al.; (2000) e Fernandes (2001).

As primeiras referências acerca das rochas do Complexo Rio Negro foram feitas por Rosier (1957) que as considerou como migmatitos arqueanos de sua Série Serra dos Órgãos. Durante os trabalhos do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (DRM/RJ), estas rochas foram divididas em três unidades: a) Unidade Rio Negro (MATOS et al. 1980), constituída por migmatitos, cujo paleossoma seria constituído por um biotita gnaiss fino, o mesossoma por hornblenda-biotita gnaiss cinzento e o leucossoma por muscovita-biotita granito; b) Unidade Santo Aleixo (Penha et al., 1979, 1980), com migmatitos estromáticos formados de bandas leucossomáticas graníticas ou pegmatóides e bandas de melanossoma constituído

principalmente por hornblenda-biotita gnaisses; c) Unidade Bingen (PENHA et al. 1979, 1980), representada por biotita gnaiss granítico homogêneo, de cor clara e grão médio a fino, com uma gnaissificação moderada.

Corpos intrusivos de diorito e gabro foram descritos em meio aos migmatitos, a norte de Cantagalo e Cordeiro (MATOS et al., 1980), em Nova Friburgo (LUDKA, 1997) e em Miguel Pereira (JUNHO et al., 1980). Barbosa & Sad (1985) subdividiram a Unidade Rio Negro em Migmatitos bandados e Gnaisses Graníticos, equivalentes, respectivamente, às unidades Santo Aleixo e Bingen, de Penha et al. (1980).

Com esta correlação, estas rochas passaram a ter uma larga extensão areal, se distribuindo do litoral norte do Estado de São Paulo até a região serrana fluminense (BARBOSA & SAD, 1985; REIS & MANSUR, 1995) e, como tal, passaram a constituir uma grande parte do Terreno Oriental da Faixa Ribeira.

O Complexo Rio Negro aflora sob a forma de uma faixa alongada de direção NE/SW, com mergulhos para NW. Regionalmente as rochas do Complexo Rio Negro estendem-se desde a região serrana do Estado do Rio de Janeiro até o litoral norte do Estado de São Paulo (BARBOSA & GROSSI SAD, 1985; REIS & MANSUR, 1995). Apresenta relação de contato francamente tectônica com as rochas metassedimentares da Megassequência Andrelândia inseridas no Domínio Juiz Fora. As demais rochas granitóides do Terreno Oriental, como a Suíte Charnockítica Ilha Grande, o granito Vila Dois Rios e o granito Mombaça, são intrusivas no Complexo Rio Negro.

Na região das folhas Volta Redonda e Angra dos Reis, esta unidade litoestratigráfica é composta por ortognaisses derivados de rochas granitóides metamorizadas na facies anfíbolito alto, com geração de anatexia local, o que conferiu aspecto migmatítico ao conjunto. Em escala de afloramento e em mapas de maior detalhe do que aquele apresentado neste projeto, o Complexo Rio Negro foi subdividido em dois conjuntos: a) hornblenda-biotita gnaisses porfiróides e b) hornblenda-biotita gnaisses. Na maioria das vezes, na escala de afloramento, estes litotipos apresentam contatos gradacionais entre si.

Entretanto, nas proximidades de Angra dos Reis verifica-se, predominantemente, a ocorrência do hornblenda-biotita gnaiss. Enclaves e camadas de rochas intermediárias (quartzo-dioritos, dioritos) a básicas (anfíbolitos e meta-gabros) ocorrem com frequência.

O Hornblenda Biotita Gnaissé Porfiróide aflora em uma faixa alongada de direção NE-SW, na Baía da Ilha Grande. Os melhores afloramentos ocorrem nos costões rochosos à beira mar e nos cortes de estrada da BR-101.

Macroscopicamente apresenta-se como biotita granitóide, porfiróide, foliado, com veios leucossomáticos indicativos de origem anatética. Seu paleossoma tem com cinzenta e composição granodiorítica a quartzo-monzonítica predominante. Texturalmente aparece tanto com forte xistosidade, por vezes milonítica, como mais homogêneo, de textura granoblástica. As variedades miloníticas apresentam porfiroclastos de K-feldspato de 1-7 cm de comprimento, dispersos numa matriz recristalizada de granulação fina a média e cor cinza escura, rica em minerais máficos. Nota-se com certa frequência a presença de xenólitos de rocha melanocrática de composição diorítica à quartzo-diorítica de diversos tamanhos e formatos, podendo variar desde 5cm até 5m de extensão.

Diversas gerações de veios leucossomáticos, com colorações brancas a rosadas, que ora são concordantes à foliação e ora discordantes, ocorrem nesta unidade.

### **Depósitos Flúvio-Lagunares**

Depósitos de sedimentos Cenozoicos como areia, silte e argila ricos em matéria orgânica, lama arenosa e carbonosa. Caracteriza-se por acumulação lagunar de forma plana, suavemente inclinada, apresentando ressaltos em relação à laguna ou a planície localizada em nível inferior, devido a variações eustáticas. Ocorre nas faixas costeiras que sofreram variações do nível do mar ou que foram submetidas a neotectônica. Ou por acumulação fluviolacustre apresentando ruptura de declive em relação à bacia do lago e às planícies fluviolacustres mais recentes situadas em nível inferior, entalhada devido às variações de nível da lâmina de água provocadas por mudanças de condições de escoamento ou perda por evaporação e consequente retomada de erosão.

Na All predomina o complexo Paraíba do Sul do Paleoproterozóico até os limites do Município de Angra de Reis. Já a LT tem seu início na usina de FURNAS sobre o corpo granito Paiol Velho da Suíte Pedra Selada do Neoproterozóico, até um pouco além da torre 133, após este trecho a LT está sobre o corpo Granito Mambucaba do Paleozóico, até um pouco além da torre 127, após este trecho a LT está sobre o Complexo Paraíba do Sul do Paleoproterozóico até um pouco além da



torre 117, após este trecho a LT está sobre os Depósitos Cenozóicos Flúvio-Lagunares até as proximidades da torre 114.

A partir da torre 114 a LT volta a estar sobre o complexo Paraíba do Sul até as proximidades da torre 112, voltando para os depósitos flúvio-lagunares por um pequeno trecho e em seguida retornando para o complexo Paraíba do Sul, até um pouco além da torre 109 a partir deste trecho volta a estar sobre os depósitos flúvio-lagunares cenozoicos, até um pouco além da torre 105 onde passa a estar sobre as rochas do complexo Paraíba do Sul até as proximidades da torre 96, onde desta torre até um pouco além da torre 88 está sobre os sedimentos dos depósitos flúvio-lagunares cenozoicos.

Após este trecho a LT situa-se sobre o corpo granito Paiol Velho da Suíte Pedra Selada do Neoproterozóico até a torre 82, onde a partir desta torre até a torre 1005 a LT está sobre a suíte Serra das Araras do Complexo Rio Negro do Neoproterozóico, deste trecho até um pouco além da torre 1007 está sobre os depósitos flúvio-lagunares e deste trecho até o final da LT na Subestação da Enel a LT volta a estar sobre a suíte Serra das Araras do Complexo Rio Negro Neoproterozóico.

### **6.2.3.2. Geomorfologia**

#### **Contexto Geomorfológico Regional**

A região de estudo está inserida no Planalto Atlântico do sudeste brasileiro, cujo termo foi definido pela primeira vez por Azevedo (1949) e que, juntamente com os planaltos Meridional e Central, comporia o Planalto Brasileiro. O Planalto Atlântico foi subdividido em duas unidades distintas de relevo: o compartimento das Serras Cristalinas, caracterizado pelos segmentos mais elevados e acidentados que inclui as serras do Mar, de Paranapiacaba, da Mantiqueira e do Espinhaço e; o compartimento dos Planaltos Cristalinos que compreende o Planalto do Sul de Minas Gerais (Ponçano & Almeida, 1993). Ab´Saber (1956) e Ab´Saber & Bernardes (1958, apud IPT, 1981) subdividiram o Planalto Atlântico em várias zonas, estando a área de interesse abrangendo parte dos compartimentos do Planalto da Bocaina, do Médio Vale do Paraíba do Sul, da Serra da Mantiqueira e do Maciço do Itatiaia. Almeida (1964) a inseriu na Zona do Planalto da Bocaina, pertencente ao Compartimento Geomorfológico do Planalto Atlântico (IPT, 1978).

Segundo o Projeto RadamBrasil (1983) insere-se no Domínio Morfoestrutural das Faixas de Dobramentos Remobilizados, composto pelos subdomínios do Planalto da Bocaina e da Mantiqueira Meridional e do Vale do Paraíba do Sul. Ross (1990) inclui a área nos Planaltos em Cinturões Orogênicos, pertencentes aos Planaltos e Serra do Atlântico Leste-Sudeste. Já para Saadi (1991), parte da área encontra-se no Compartimento Morfoestrutural Escarpa Meridional, marcado pela escarpa de origem tectônica, com direção NE e ENE, que liga os cumes da serra da Mantiqueira e o vale do Rio Paraíba do Sul.

Classificações mais recentes inserem a região do Planalto Atlântico do sudeste brasileiro em que as folhas do Bloco 1 (Santa Rita do Jacutinga – MG, Barra do Piraí, Volta Redonda e Angra dos Reis – RJ – 1:50.000) em três principais domínios de relevo: a) domínios serranos escarpados (Serra do Mar e da Mantiqueira); b) planaltos suspensos (da Bocaina e reversos da Mantiqueira, entre outros); c) domínios colinosos ou de mar de morros das depressões interplanálticas, destacando o vale do rio Paraíba do Sul.

Estudos desenvolvidos na região indicam duas superfícies de aplanamento, sendo a de cimeira identificada como Superfície do Japi (Almeida, 1964 e 1976), entre 1.000 e 1.300 m, e a outra como Superfície Neogênica ou Velhas, entre 500 e 800 m (De Martone, 1943; King, 1956). Na serra da Bocaina, o setor mais soerguido foi interpretado por De Martone (1943) como relacionado à Superfície de Campos, identificada na Serra da Mantiqueira. No entanto, Almeida (1964, 1976) demonstrou que não se tratava de uma segunda superfície, mas da Superfície do Japi, deformada, soerguida a cerca de 700 m e desnivelada por falhamentos destacando os planaltos da Bocaina e de Campos do Jordão nas serras do Mar e da Mantiqueira.

A Superfície Neogênica, também denominada Superfície do Alto Tietê (Almeida, 1968), subnivela as colinas do embasamento e dos sedimentos terciários. Esta atualmente encontra-se reafeiçoada e entalhada pelos ciclos mais novos de idade quaternária, sendo posterior à Superfície do Japi e mais antiga que a dos ciclos atuais.

A região do vale do Médio Paraíba do Sul pertence ao Sistema de Riftes da Serra do Mar (Almeida, 1976) ou Riftes Continentais do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989), encaixado entre as serras do Mar e da Mantiqueira, na

província do Planalto Atlântico. O limite entre as zonas geomorfológicas reflete a influência da geologia sobre a fisiografia local marcando, assim, uma estreita relação entre os compartimentos tectônicos que estão, por sua vez, associados aos processos tectônicos ligados à tectônica mesozóica-cenozóica e a outros eventos, mais modernos considerados como neotectônicos.

Referências sobre a ocorrência de movimentos recentes na crosta brasileira têm sido feitas desde meados do século por autores como Freitas (1951a, b, 1956), Ruellan (1944), Tricart (1956), Bjornberg et al. (1968), Almeida (1967), Bjornberg (1969) e outros. Martonne (1943) e Ruellan (1944) foram uns dos primeiros em destacar o controle tectônico das falhas sobre o relevo das serras do Mar, da Mantiqueira e do Vale do Paraíba.

No fim da década passada e no início da atual, surgiram os primeiros trabalhos que trataram da atividade neotectônica na Plataforma brasileira, particularmente na região Sudeste (ex. Saadi, 1989, 1990a, b; Riccomini, 1989; Riccomini et al., 1989, 1991; Saadi, 1990a, b; Hasui, 1990; Hiruma et al., 2005). Hasui (op cit) foi o primeiro a abordar de modo regional o quadro neotectônico no Brasil destacando que a neotectônica estaria sendo ditada por processos relacionados com a deriva da Placa Sul-Americana para oeste, remontando a meados do Mioceno, e que o regime tectônico ainda prevalece nos dias atuais. Exclui as manifestações de tectônica distensiva associadas ao processo de abertura do oceano Atlântico.

Esse autor reconheceu que a rotação da placa impõe um binário E-W dextral com eixos horizontais de tensão máxima ( $\sigma_1$ ) segundo NW e mínima ( $\sigma_3$ ) segundo NE, marcando um regime transcorrente. A movimentação resultante dos eventos neotectônicos seria predominantemente positiva e negativa, resultando em extensos compartimentos com áreas de erosão e sedimentação (HASUI, 1990; HASUI & COSTA, 1996). Associada a esta movimentação, ocorreria a reativação de antigas descontinuidades e anisotropias, principalmente em zonas de suturas pré-cambrianas, marcando a tectônica ressurgente (HASUI, 1990).

A configuração atual da paisagem no Sudeste brasileiro resulta de uma evolução morfotectônica desencadeada a partir do processo de separação do continente sul-americano, no Mesozóico, decorrente de um regime distensivo.

Segundo Hasui et al. (1998) esse regime foi responsável por um soerguimento regional, no Mesozóico-Paleogeno, seguido de grandes desnivelamentos de blocos através de falhas predominantemente NE responsáveis pela individualização das serras ancestrais do Mar e da Mantiqueira e pela geração dos grábens terciários.

No Neogeno-Quaternário houve a compartimentação da região em grandes domínios morfológicos com características transpressivas, transtensivas ou direcionais, que refletem a partição do strain. Esta partição associa-se ao regime tectônico intraplaca de caráter transcorrente responsável pela atuação da neotectônica. De acordo com Morales et al. (1988) o quadro morfotectônico do Cenozóico no Planalto Atlântico reflete a atuação de um regime transpressivo.

### **Escarpa da Serra do Mar/ Serra da Bocaina**

Este domínio geomorfológico é constituído pela escarpa atlântica da Serra da Bocaina e pelas planícies costeiras da Baía da Ilha Grande. O front da escarpa é marcado por uma face íngremes, voltada para o oceano, alternando vales fluviais encaixados e ombreiras alongadas de interflúvios. O limite superior da frente escarpada com a borda sul do Planalto da Bocaina está situado, em média, entre as cotas 1000 e 1100 m, alcançando 1300m na porção oeste e, altitude máxima de 1.592 m no Pico do Frade (1592m), que é litologicamente formado pelo granito pós-colisional Mambucaba.

Dois tipos de bacias fluviais drenam as escarpas da Serra da Bocaina: as que possuem suas cabeceiras no alto da escarpa, e aquelas maiores, que nascem a montante, nos domínios do planalto da Bocaina. Essas bacias possuem seus baixos cursos estabelecidos sobre as planícies costeiras. Os dois tipos de bacias contêm canais de forte gradiente e vales estreitos com segmentos encachoeirados que constituem níveis de base locais (knickpoints) no trecho da escarpa da Serra do Mar.

Os vales da escarpa contêm um reduzido estoque de sedimentos fluviais heterogêneos, predominando granulometria grossa rica em cascalhos e seixos. Entretanto, nos sopés das encostas e os fundos dos próximos às mesmas, correm extensos depósitos de tálus, relacionados a movimentos de massas rápidos. Além dos depósitos correlativos, esses processos erosivos podem ser evidenciados nas inúmeras cicatrizes de deslizamentos ao longo das encostas de morros e das escarpas da serra da Bocaina.

## Domínios Morfoestruturais

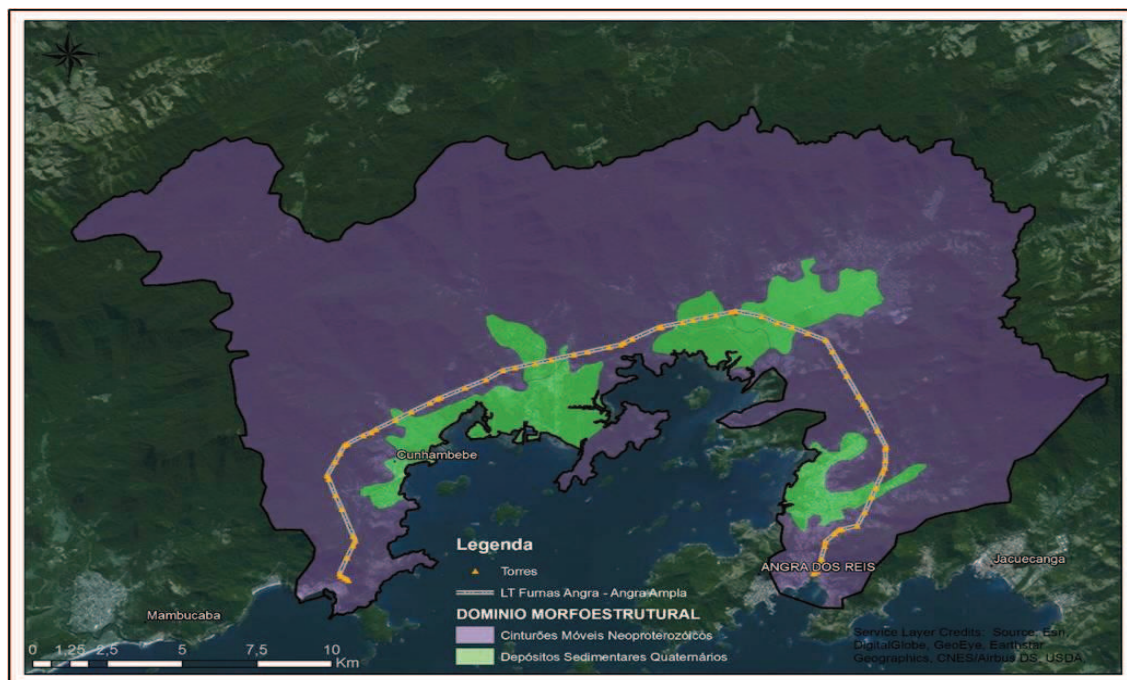
Os Domínios Morfoestruturais compreendem os maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas. Esses fatores, sob efeitos climáticos variáveis ao longo do tempo geológico, geraram amplos conjuntos de relevos com características próprias, cujas feições embora diversas, guardam, entre si, as relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram.

São exemplos de Domínios Morfoestruturais: bacias sedimentares, cinturões móveis remobilizados ou não, plataformas e crátons, de idades geológicas distintas. Conjuntos de batólitos e extensos derrames efusivos também podem constituir domínios, assim como grandes áreas onde a erosão obliterou os efeitos litológicos ou truncou estruturas, como os pediplanos ou as depressões periféricas. Na Área de Influência Indireta (All) ocorrem os Cinturões Móveis Neoproterozóicos e os Depósitos Sedimentares Quaternário, descritos a seguir:

Cinturões Móveis Neoproterozóicos – Compreendem extensas áreas representadas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas elaborados em terrenos dobrados e falhados, incluindo principalmente metamorfitos e granitóides associados.

Depósitos Sedimentares Quaternários – Esse domínio é constituído pelas áreas de acumulação representadas pelas planícies e terraços de baixa declividade e, eventualmente, depressões modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais a sub-horizontais de ambientes fluviais, marinhos, fluviomarinhos, lagunares e/ou eólicos, dispostos na zona costeira ou no interior do continente.

A Figura 54 ilustra os domínios Morfoestruturais presentes na Área de Influência Indireta (All), evidenciando que a maior parte da All está sobre o domínio dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos.



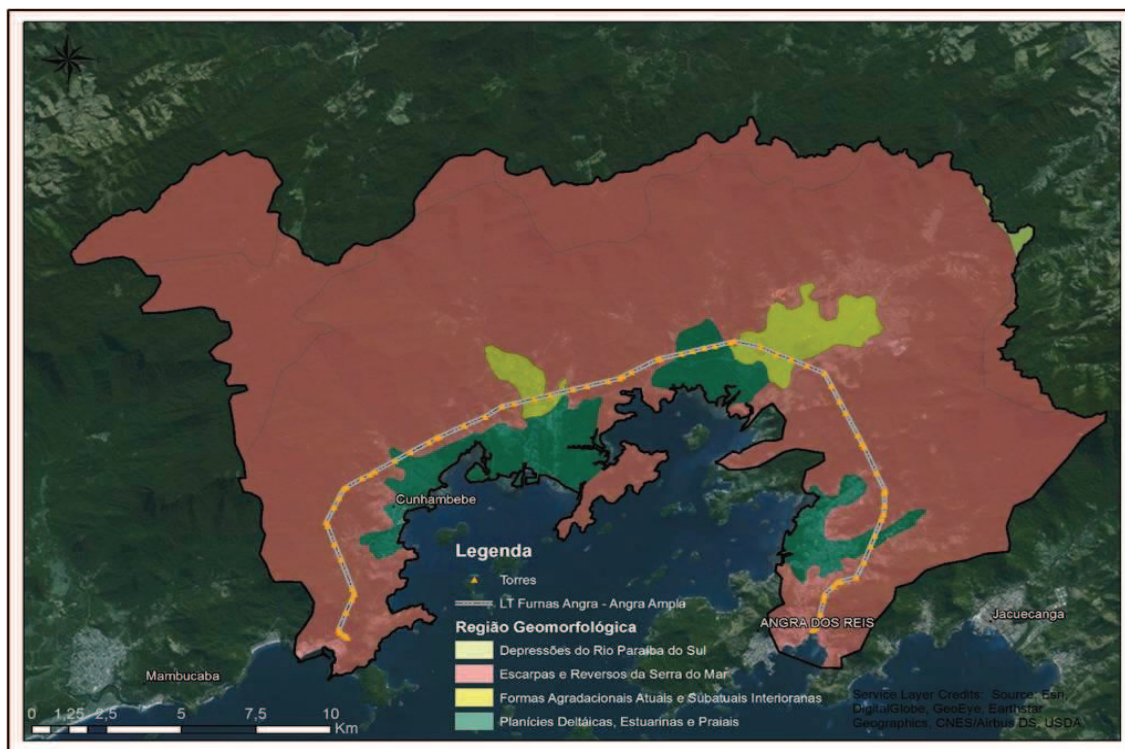
**Figura 54 - Domínios Morfoestruturais.**

### Regiões Geomorfológicas

Constituem o segundo nível hierárquico da classificação do relevo. Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias.

Na sua identificação, também são consideradas, além dos aspectos mencionados, sua distribuição espacial e sua localização geográfica, em consonância com algumas regiões classicamente reconhecidas. São exemplos de Regiões Geomorfológicas o Planalto da Borborema, a Chapada Diamantina, as Chapadas do São Francisco, a Serra do Espinhaço, a Serra da Mantiqueira e o Planalto das Araucárias.

Na All encontram-se as regiões geomorfológicas da, Escarpas e Reversos da Serra do Mar, Planícies Deltaicas Estuarinas e Praiais, Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas e Depressões do Rio Paraíba do Sul. A Figura 55 ilustra as regiões geomorfológicas atuantes na All, percebe-se que as Escarpas e Reversos da Serra do Mar predomina como região geomorfológica.



**Figura 55 - Regiões Geomorfológicas.**

### Unidades Geomorfológicas

O terceiro nível taxonômico refere-se às Unidades Geomorfológicas. Elas são definidas como um arranjo de formas altimétricas fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológica e estrutural.

Cada unidade geomorfológica 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.

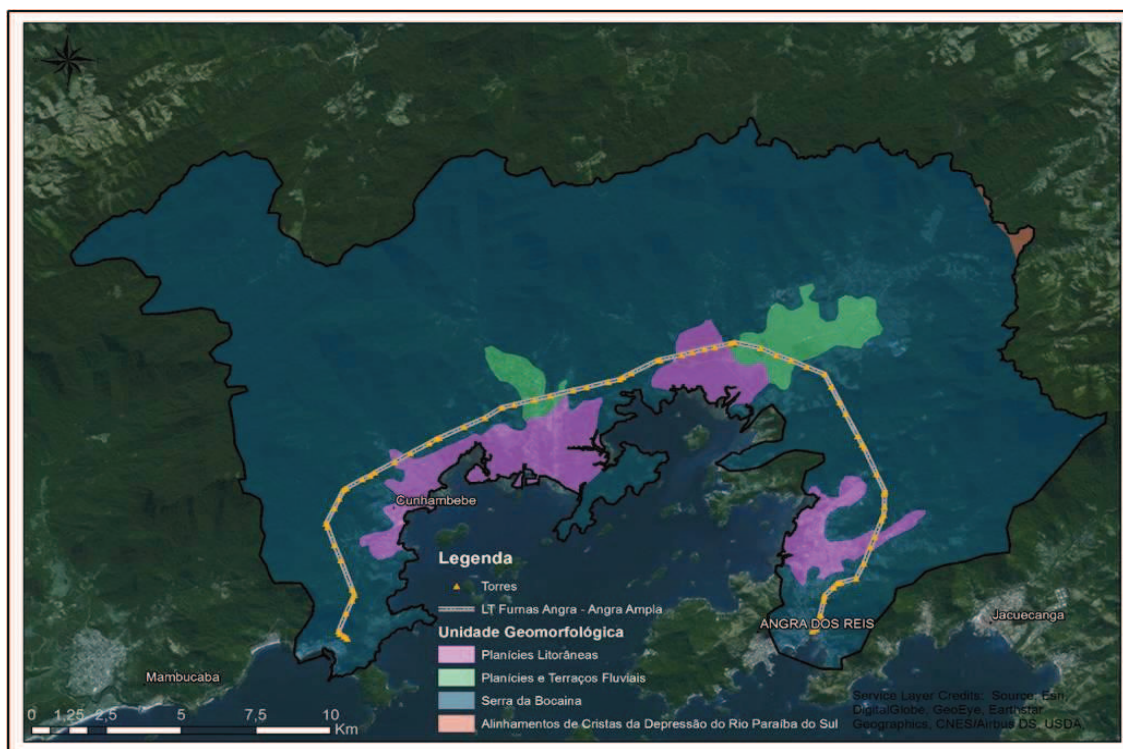
Na AII ocorrem Planícies, Serras e Depressões; como as Planícies Litorâneas, Planícies e Terraços Fluviais, Serra da Bocaina e Alinhamentos de Cristais da Depressão do Rio Paraíba do Sul.

Planícies são conjuntos de formas de relevo planas ou suavemente onduladas, em geral posicionadas a baixa altitude, e em que processos de sedimentação superam os de erosão.

Depressões são conjuntos de relevos planos ou ondulados situados abaixo do nível das regiões vizinhas, elaborados em rochas de classes variadas.

As serras constituem relevos acidentados, elaborados em rochas diversas, formando cristas e cumeadas ou as bordas escarpadas de planaltos.

A Figura 56 ilustra as unidades geomorfológicas da AII onde a Serra da Bocaina domina a paisagem.



**Figura 56 - Unidades Geomorfológicas.**

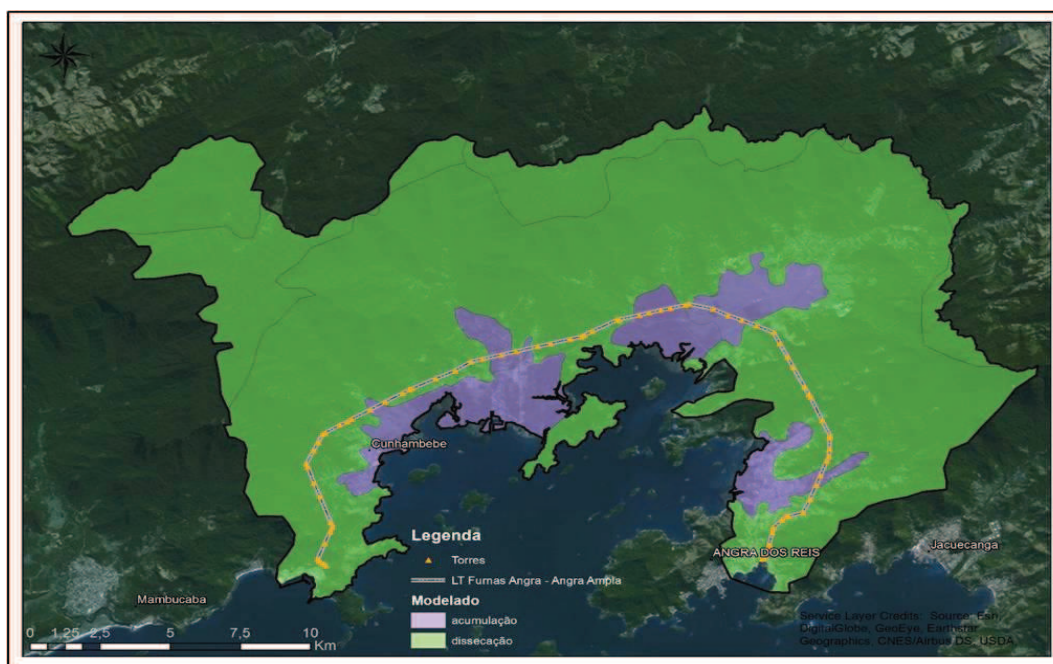
## Modelados

A quarta ordem de grandeza constitui a dos Modelados. Um polígono de modelado abrange um padrão de formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais. Segundo pesquisas bibliográficas e a metodologia definida no Manual Técnico de Geomorfologia são identificados quatro tipos de Modelados: acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação. Na AII ocorrem os modelados de Acumulação e Dissecação.



Os Modelados de acumulação são diferenciados, em função de sua gênese, em fluviais, lacustres, marinhos, lagunares, eólicos e de gênese mistas, resultantes da conjugação ou atuação simultânea de processos diversos.

Os Modelados de dissecação são os que ocorrem de forma mais generalizada na paisagem brasileira, sendo caracterizados como dissecados homogêneos, dissecados estruturais e dissecados em ravinas. Os dois primeiros são definidos pela forma dos topos e pelo aprofundamento e densidade da drenagem. A Figura 57 ilustra a natureza dos modelados presentes na All, sendo o modelado de Dissecação que predomina na paisagem.



**Figura 57 – Modelados.**

Na All ocorrem cinco características de modelados sendo três de Dissecação e dois de Acumulação. O modelado de Acumulação de Planície Fluvial – Apf constitui-se de área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales com preenchimento aluvial.

O modelado de Acumulação de planície flúvio-marinha constitui-se de área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundações periódicas, podendo comportar canais fluviais, manguezais, cordões arenosos e deltas. Ocorre nas baixadas litorâneas, próximo às embocaduras fluviais.

Os modelados de Dissecação compreendem os tipos homogênea, estrutural e em Ravinas. Na All ocorrem os três tipos de dissecação, a dissecação Homogênea onde a Dissecação fluvial em litologias diversas que não apresenta controle estrutural marcante, caracterizada predominantemente por colinas, morros e interflúvios tabulares.

No modelado de dissecação homogênea, observam-se diversos tipos de padrões de drenagem, porém são predominantes os padrões dendrítico, subparalelo, sub-retangular e outros compostos, cujos canais não obedecem a uma direção preferencial. Na All o modelado de Dissecação homogênea que ocorre é o com topos convexos (Dc) as formas de topos convexos (c) são geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural. São caracterizadas por vales bem-definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem.

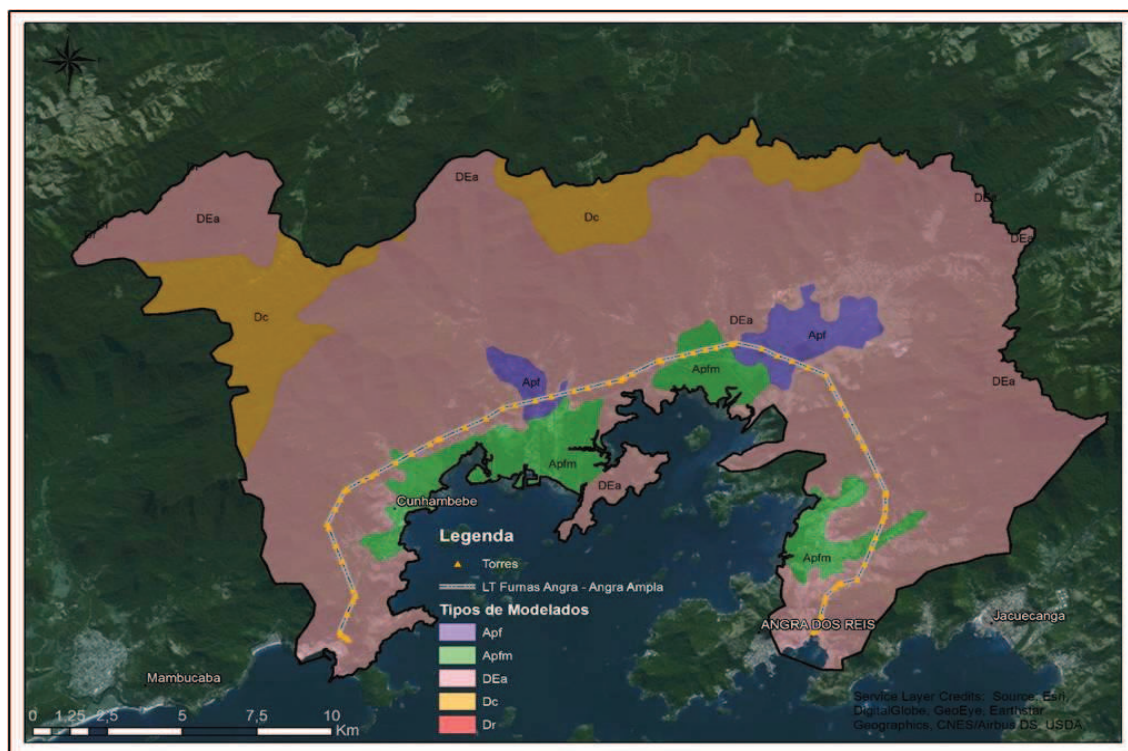
No modelado de Dissecação Estrutural a dissecação fluvial, marcada por evidente controle estrutural, em rochas muito deformadas, caracterizada por inúmeras cristas, vales e sulcos estruturais, comumente encontradas em rochas metamórficas. No modelado de dissecação estrutural, observam-se padrões de drenagem cujos canais indicam possíveis estruturas geológicas ou acamamento estratigráfico, tais como: os padrões treliça, paralelo e retangular.

Na All o modelado de Dissecação Estrutural é de topos aguçados (DEa) onde as formas de topos aguçados (a) são conjuntos de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidas em rochas metamórficas e eventualmente em rochas ígneas e sedimentares, denotando controle estrutural, definidas por vales encaixados.

Os topos de aparência aguçada são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada, entalhadas por sulcos e ravinas profundos.

O outro tipo de dissecação que ocorre na All é do tipo Dissecação em ravinas (Dr) dissecação caracterizada por alta densidade de incisões resultantes da atuação predominante da erosão pluvial sob a forma de escoamento concentrado; em certas áreas assume aspecto similar às badlands.

A Figura 58 ilustra os tipos de modelados presentes na All onde predomina o modelado de dissecação estrutural com topos aguçados DEa.



**Figura 58 - Tipos de Modelados.**

### 6.2.3.3. Solos

Para descrição das classes de solo existentes optou-se por agrupá-las ao nível de ORDEM, SUBORDEM e GRANDE GRUPO sendo identificados 9 classes de solos na Área de Influência Indireta (All), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS descrito a seguir.

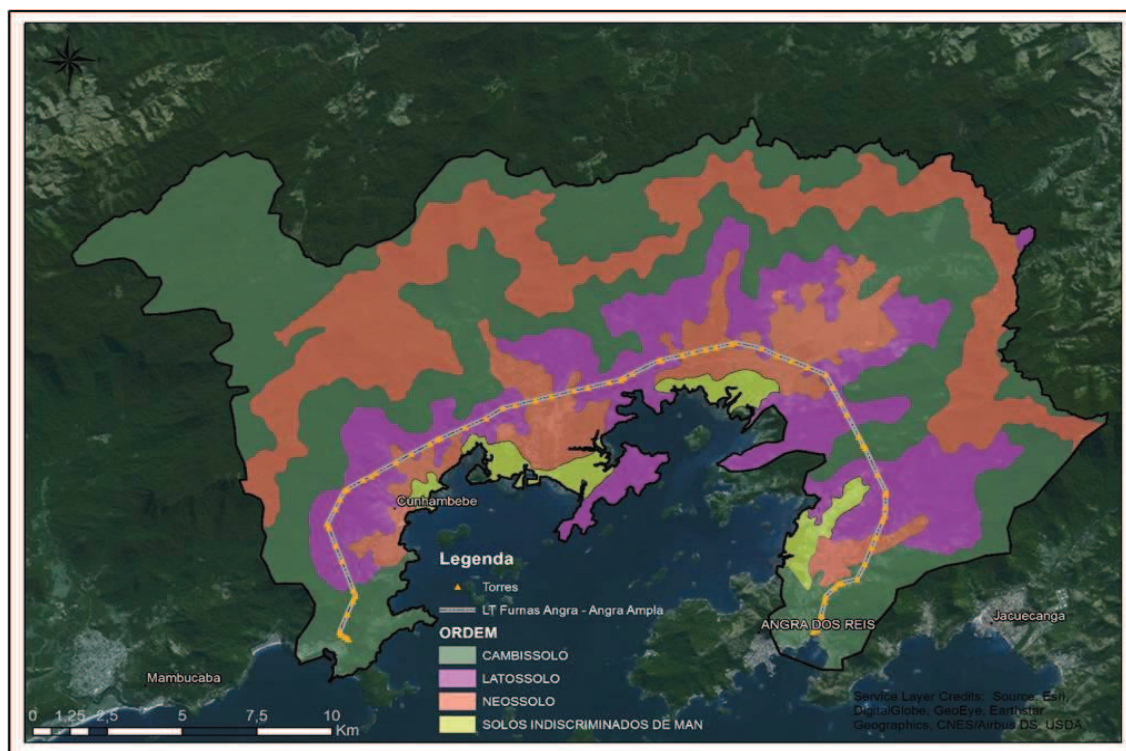
#### Nível Categórico Ordens

O 1º nível tem hoje individualizadas 13 classes, separadas por critérios como: presença ou ausência de atributos, horizontes diagnósticos ou propriedade passíveis de serem identificadas no campo, mostrando diferenças no tipo e grau de desenvolvimento de um conjunto de processos que atuaram na formação do solo. A nomenclatura adotada para este nível empregou prefixos/termos consagrados em taxonomia de solos, conjugados com a terminação ssolo.

Na All constam quatro denominações das classes empregadas neste nível; são elas: Cambissolo, Latossolo, Neossolo e Solos indiscriminados de Mangue. As características associadas para cada ordem de solo são as seguintes: Cambissolo –

Horizonte B incipiente, Latossolo – Horizonte B Latossólico, Neossolo – pequeno desenvolvimento

Na Figura 59 ilustra a All com as ordens de solo, observa-se a maior distribuição da ordem dos cambissolos nas áreas mais elevadas da All e do Neossolo que também ocorre nas áreas mais baixas junto com o latossolo.



**Figura 59 - Solos Ordem.**

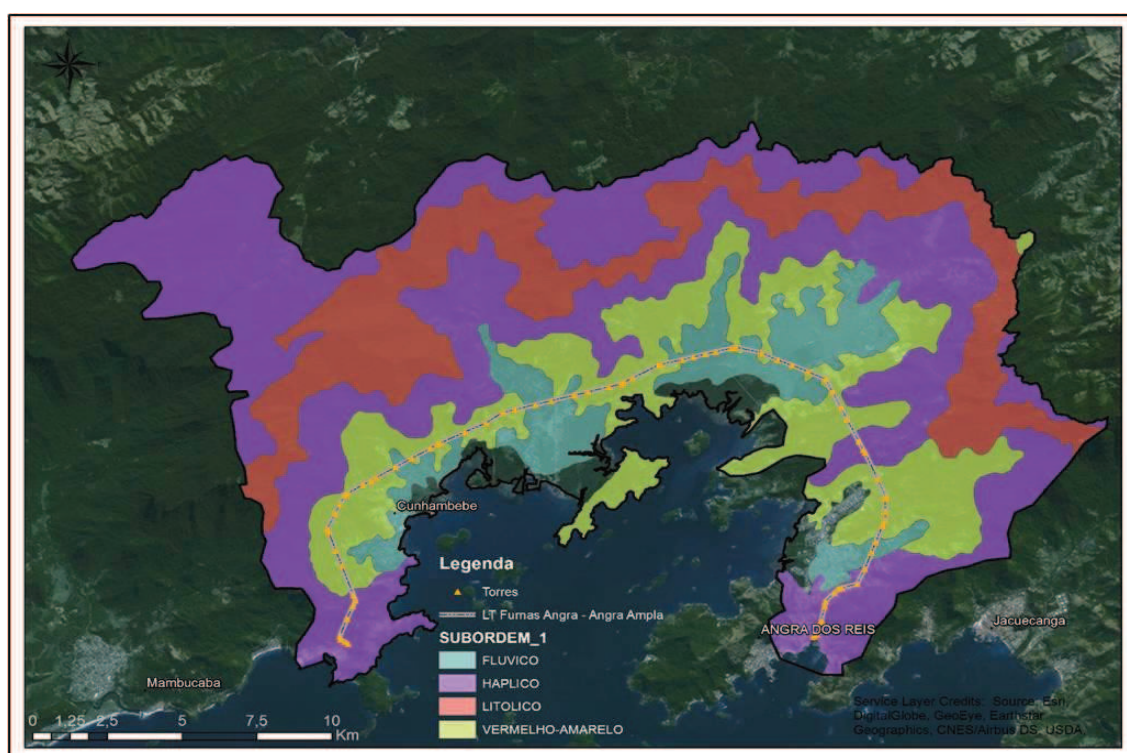
### Nível Categórico Subordens

No 2º nível categórico, as classes foram separadas por propriedades ou características diferenciais que:

- Refletem a atuação de outros processos de formação que agiram junto ou afetaram os processos dominantes, cujas características foram utilizadas para separar os solos no 1º nível categórico;
- Ressaltam as características responsáveis pela ausência de diferenciação de horizonte diagnóstica; ou
- Envolvem propriedades resultantes da gênese do solo e que são extremamente importantes para o desenvolvimento das plantas e/ou para outros usos não agrícolas e que tenham grande número de propriedades acessórias; ou
- Ressaltam propriedades ou características diferenciais que representam variações importantes dentro das classes do 1º nível categórico.

Na All estão presentes quatro termos empregados no 2º nível categórico, são eles; Fluvico, Haplico, Litólico e Vermelho-Amarelo. As características associadas a cada termos são as seguintes: Flúvico – Caráter fluvico, Litólico – Contato lítico dentro de 50cm da superfície, Haplico – quando empregado se refere a todos os demais solos não distinguidos nas classes precedentes, Vermelho-Amarelo – Cores do solo

A Figura 60 ilustra as subordens encontradas na All com predominância do caráter Haplico nas partes mais elevadas da All, uma faixa mais elevada do caráter litolico e nas partes mais baixas da All predomínio do caráter fluvico e Vermelho-Amarelo.



**Figura 60 - Solos Subordem.**

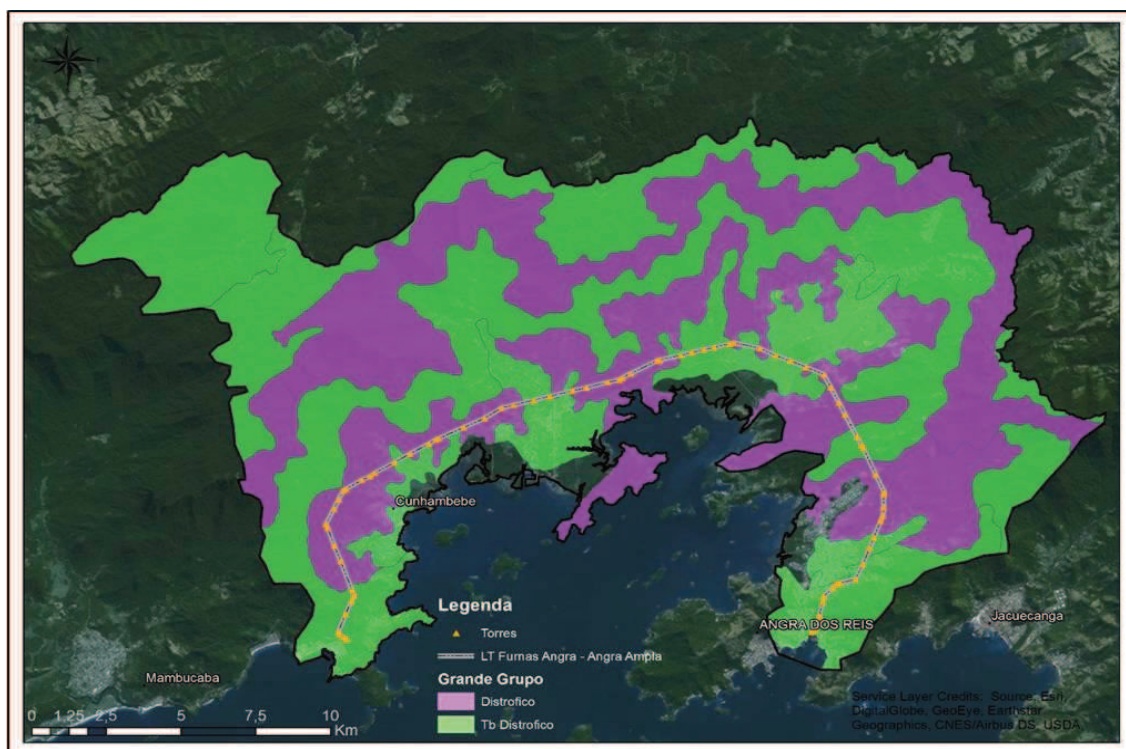
### Nível Categórico Grandes Grupos

No 3º Nível Categórico, as classes foram separadas por uma ou mais das seguintes características:

- Tipo e arranjo dos horizontes;
- Atividade de argila; condição de saturação do complexo sortivo por bases ou por alumínio, ou por sódio e/ou por sais solúveis; e
- Presença de horizontes ou propriedades que restringem o desenvolvimento das raízes e afetam o movimento da água no solo.

Na All ocorrem dois termos empregados aos grandes grupos, são eles: Distrófico e Tb Distrófico. As características associadas a cada termo empregado são descritas a seguir: Distrófico – Saturação por bases e saturação por bases mais teor de ferro, Tb Distrófico – Atividade da Argila e saturação por bases.

A Figura 61 ilustra os grandes grupos presentes na All, com a predominância do Tb Distrófico.



**Figura 61 - Solos grandes grupos.**

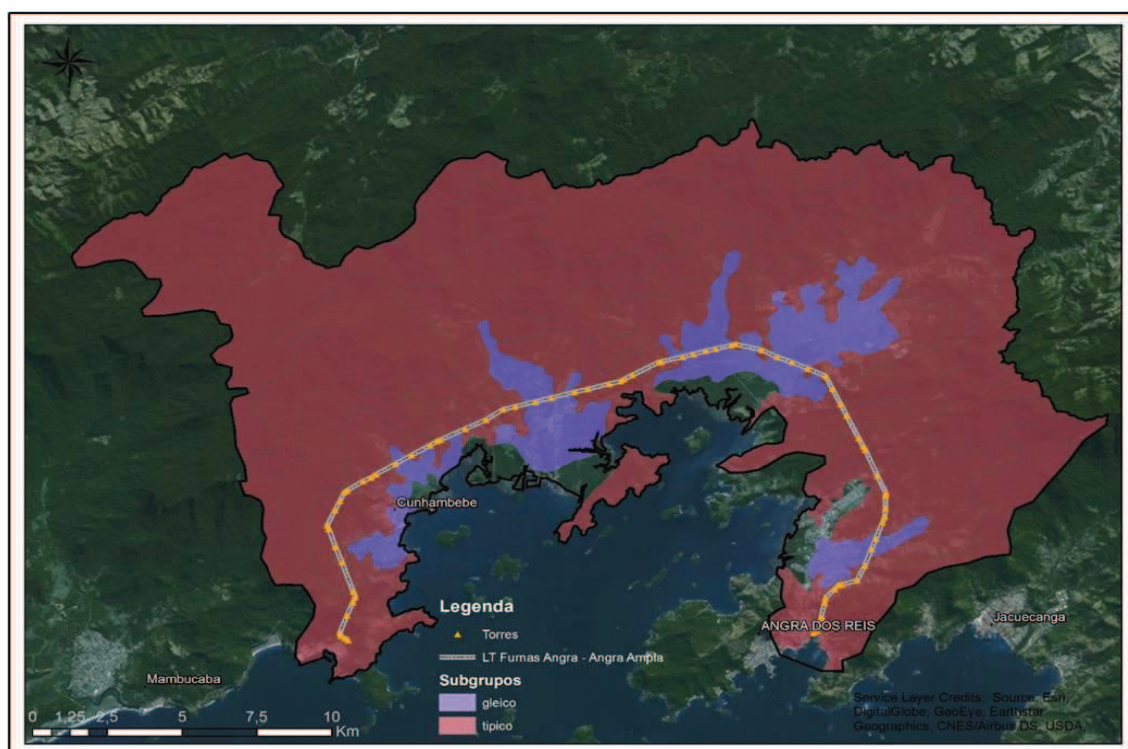
### Nível Categórico Subgrupos

No 4º Nível Categórico, as classes foram separadas por uma das seguintes características:

- Representam o conceito central da classe (e o exemplar típico);
- Representam os intermediários para o 1º, 2º ou 3º níveis categóricos;
- Representam os solos com características extraordinárias.

Na All estão presentes duas classes deste nível categórico, são elas: gleico e típico. A classe gleico possui características de horizonte glei ou mosqueados de oxidação e redução, e a classe típico é empregado para a classe que não apresenta características extraordinárias ou intermediárias para outras classes. Representa o

conceito central. A Figura 62 ilustra as classes pertencentes ao nível dos subgrupos, com a predominância da classe típica.



**Figura 62 - Solos Subgrupos.**

### **Características dos Solos**

A seguir serão descritas as principais características da ordem das classes de solo encontradas na All.

#### **Latossolos**

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 caulinitica ou caulinitica-oxidica, que se reflete em valores de relação Ki baixos, inferiores a 2,2, e praticamente ausência de minerais primários de fácil intemperização. Distribuem-se por amplas superfícies no Território Nacional, ocorrendo em praticamente todas as regiões, diferenciando-se entre si principalmente pela coloração e teores de óxidos de ferro, que determinaram a sua separação em quatro classes distintas ao nível de subordem no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS.

## **Latossolos Vermelho-Amarelos**

Tem cores vermelho-amareladas, são profundos, com boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural, embora se tenha verificado algumas ocorrências de solos eutróficos. Ocorrem em praticamente todo o território brasileiro, entretanto, são pouco expressivos nos estados nordestinos e no Rio Grande do Sul. Quando de textura argilosa são muito explorados com lavouras de grãos mecanizadas e quando de textura media são usados basicamente com pastagens.

## **Neossolos**

Solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnostico e satisfazendo os seguintes requisitos:

Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50cm da superfície do solo, ou entre 50cm e 120cm de profundidade, se os horizontes sobrejacentes apresentarem mosqueados de redução em quantidade abundante.

Ausência de horizonte vertico imediatamente abaixo de horizonte A;

Ausência de horizonte plintico dentro de 40cm, ou dentro de 200cm da superfície se imediatamente abaixo de horizontes A, E ou precedidos de horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados em quantidade abundante, com uma ou mais das seguintes cores:

- Matiz 2,5Y ou 5Y; ou
- Matizes 10YR a 7,5YR com cromas baixos, normalmente iguais ou inferiores a 4, podendo atingir 6, no caso de matiz 10YR;

Ausência de horizonte A chernozemico conjugado a horizonte cálcico ou C carbonático. Congregam solos rasos, Neossolos Litolicos; ou profundos e arenosos, Neossolos Quartzarenicos; ou 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 Fluvicos.

Boa parte dos Neossolos ocorre em praticamente todas as regiões do País, embora sem constituir representatividade espacial expressiva, ou seja, ocorrem de



forma dispersa em ambientes específicos, como e o caso das planícies a margem de rios e córregos (Neossolos Fluvicos).

### **Cambissolo**

São solos que apresentam grande variação no tocante a profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos, além de apresentarem grande variabilidade também em relação as demais características. A drenagem varia de acentuada a imperfeita e podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente (Bi), também de cores diversas. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos.

Ocorrem disseminados em todas as regiões do Brasil, preferencialmente em regiões serranas ou montanhosas. Em condição de relevo suave (mecanizável) e sem presença de cascalhos ou pedregosidade, ocorrem com grande expressão na porção sudeste do Estado de Mato Grosso (Depressão de Paranatinga).

#### **6.2.3.4. Vulnerabilidade Geotécnica**

Os estudos geotécnicos ganharam grande importância para prevenção de acidentes ambientais e para o melhor planejamento e gestão do ambiente ocupado. As formas erosivas, consequências diretas dos processos erosivos, merecem destaque, pois, podem levar à situação de risco à população residente em áreas ocupadas desordenadamente ou mesmo em ambientes naturalmente frágeis.

Aplicadas às análises geomorfológicas, as técnicas de Geoprocessamento têm mostrado sua relevância nesses estudos. Permitem realizar mapeamentos temáticos das características ambientais, integrando e relacionando diversas variáveis, possibilitando a identificação de áreas propensas à ocorrência de erosão e na identificação de feições erosivas. É possível também, entre outros, realizar estudos para analisar quais as variáveis ambientais de caráter natural ou antrópico contribuem mais para a ocorrência das erosões, assim como buscar medidas de controle.

A utilização do solo em atividades agrícolas ou para obras de engenharia (estradas de ferro e de rodagem, campos de aviação, barragens, represas, etc.) devem estar presente, sempre, as limitações de uso do solo em face aos graus de suscetibilidade à erosão, estimados como se o solo fosse colocado em uso. Para o diagnóstico da Vulnerabilidade geotécnica utilizou-se a análise multicritério onde as

variáveis, pedologia, uso e cobertura do solo, declividade, geologia, intensidade de chuvas e proximidade de vias, foram combinadas e classificadas para se chegar a uma melhor avaliação de áreas mais susceptíveis à erosão.

A susceptibilidade erosiva de uma área depende de uma série de variáveis condicionantes, dentre elas, destacam-se, solo, declividade, pluviosidade, uso do solo e litologia. São fatores que, dependendo de sua situação atual, podem influenciar mais ou menos na susceptibilidade.

No âmbito das geociências aplicadas, a aceção do termo suscetibilidade pode ser sintetizada como a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (FELL et al., 2008; JULIÃO et al., 2009; SOBREIRA e SOUZA, 2012; DINIZ, 2012; COUTINHO, 2013; BRESSANI e COSTA, 2013; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

Uma área cujos terrenos apresentam características que tendem a favorecer, por exemplo, a ocorrência de deslizamentos, como o predomínio de declividade alta, pode ser considerada propensa a esse tipo de processo, independente de previsão acerca de quando poderá ocorrer um evento e tampouco do grau de certeza atribuível a essa possibilidade.

A declividade se salienta, então, como um dos fatores predisponentes ao desenvolvimento do processo e, por essa razão, passível de inclusão entre os parâmetros necessários à análise de suscetibilidade. Evidencia-se, assim, o vínculo entre fatores predisponentes e propensão dos terrenos a processos, base para a compreensão e aplicação do conceito de suscetibilidade.

Por sua vez, as consequências de um evento dependem da vulnerabilidade dos elementos expostos, representada por um fator denominado grau de perdas e danos, variável entre 0 (sem perdas e danos) e 1 (com perdas e danos totais). A capacidade do evento para geração de perdas e danos é comumente denominada severidade, avaliada por meio de parâmetros relativos à magnitude do evento, como volume, velocidade, trajetória e área atingida (JULIÃO et al., 2009).

### Conceitos

- Suscetibilidade: propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área;
- Vulnerabilidade: grau de perdas e danos associados aos elementos expostos (0 a 1); quanto maior o grau, maior a vulnerabilidade;

- Risco: uma medida da ameaça e das consequências (financeiras, bens, vidas) que esta poderá causar num dado intervalo de tempo;

Para os trabalhos de mapeamento, dado o objetivo de construir bases tecnológicas para o desenvolvimento de um modelo de abordagem, considera-se que a suscetibilidade pode ser inicialmente analisada por meio de fatores predisponentes intrínsecos à natureza dos terrenos. Nesse âmbito, ainda que uma área tenha sido modificada em relação a suas características, seja pela urbanização ou por outros tipos de intervenções e, dessa forma, passe a favorecer ou desfavorecer o desenvolvimento de processos do meio físico, pressupõe-se que os fatores predisponentes podem ainda estar presentes e, portanto, devem ser considerados para fins de planejamento e gestão territorial.

Trata-se, assim, de abordagem apoiada no conhecimento de fatores predisponentes básicos e a análise correspondente procura contribuir na formulação de respostas à pergunta “onde pode ocorrer?”, que se refere às áreas em que há características relativamente mais favoráveis ao desenvolvimento de determinado processo, enquanto estudos como os de vulnerabilidade, severidade, perigo, consequências e risco, buscam atender questões acerca de “como e quando pode ocorrer?” e, ainda, sobre “quais seriam as consequências?”.

Dessa forma, as análises de suscetibilidade explicitadas no estudo referem-se à indicação de áreas propensas ao desenvolvimento de processos do meio físico que podem gerar desastres naturais, em face da presença de fatores predisponentes básicos em terrenos ocupados e não ocupados.

Portanto, não inclui qualquer tipo de análise acerca de perigo ou risco. Nesse contexto, as áreas propensas indicadas correspondem às áreas suscetíveis.

Os tipos de processos do meio físico analisados para o mapeamento de áreas susceptíveis, se fundamenta na potencialidade para a geração de desastres naturais, distinguindo-se então dois grupos principais: os movimentos gravitacionais de massa, e os processos hidrológicos.

#### **6.2.3.4.1. Movimentos Gravitacionais de Massa**

Os movimentos gravitacionais de massa analisados para fins de mapeamento de áreas suscetíveis, envolvendo solos e rochas, são:

**Deslizamento:** movimento caracterizado por velocidade alta, que se desenvolve comumente em encostas com declividade e amplitude média a alta e segundo superfície de ruptura planar (translacional), circular (rotacional) ou em cunha (acompanhando planos de fragilidade estrutural dos maciços terrosos ou rochosos). É geralmente deflagrado por eventos de chuvas de alta intensidade ou com elevados índices pluviométricos acumulados, condicionados por fatores predisponentes intrínsecos aos terrenos. O processo é também denominado escorregamento.

**Rastejo:** movimento relativamente lento quando comparado ao processo de deslizamento, que pode ocorrer mesmo em terrenos com baixas declividades, como colúvios ou tálus em depósitos de sopé e/ou meia encosta.

O deslocamento lento da massa possibilita detectar previamente a presença de feições de instabilização, como trincas no solo, degraus de abatimento, deformações na superfície e surgências d'água na base da encosta.

Pode ser deflagrado por eventos de chuvas de longa duração e altos índices pluviométricos acumulados, que acarretam a elevação progressiva do nível d'água subterrâneo e tendem a instabilizar os terrenos. Desenvolve-se segundo superfícies de ruptura irregulares e pode ser acelerado por intervenções humanas efetuadas no sopé da encosta afetada. Pode ocorrer de modo isolado ou associado a deslizamento.

**Queda de rocha:** movimento geralmente abrupto de blocos e matacões rochosos, que se desprendem de encostas íngremes, paredões rochosos ou falésias. Tem como principais fatores predisponentes as discontinuidades litológico-estruturais dos maciços rochosos e a ação do intemperismo físico-químico, podendo ser deflagrado por eventos chuvosos.

O material movimentado pode quebrar com o impacto e rolar pela superfície da encosta, até encontrar obstáculo ou atingir terreno plano.

A velocidade, trajetória e alcance podem variar muito, pois dependem de fatores diversos, como a declividade da encosta e a forma e dimensão do material mobilizado. Envolve principalmente quedas livres, rolamentos, tombamentos e deslocamentos de rochas.

**Corrida de massa:** movimento de massa complexo e com alta energia de transporte, caracterizado por fluxos concentrados de blocos rochosos e troncos

vegetais imersos em matriz com alta concentração de sedimentos de diferentes granulometrias, provenientes da ocorrência de deslizamentos nas encostas e do retrabalhamento de depósitos antigos situados ao longo de cursos d'água. Pode ser deflagrado por eventos de chuvas de alta intensidade, gerados nas porções superiores das encostas em bacias de drenagem serranas e restritas.

Os materiais mobilizados podem alcançar áreas planas e distantes situadas a jusante. Por sua alta energia de escoamento e elevada concentração de sólidos, bem como por seu amplo raio de alcance configura o tipo de movimento gravitacional de massa com maior potencial de impacto destrutivo.

Inclui enxurradas associadas, geralmente no início e fim do processo, na forma de “enchente suja”, assim denominada em razão de sua alta carga de sedimentos.

#### **6.2.3.4.2. Processos Hidrológicos**

Os processos hidrológicos analisados para fins de mapeamento de áreas suscetíveis são:

**Inundação:** atingimento e submersão da planície aluvial pelo transbordamento das águas do canal principal do rio, devido à evolução do processo de enchente ou cheia. Caracteriza-se pela elevação temporária do nível d'água relativo ao leito regular do canal em uma dada bacia de drenagem, comumente em razão do acréscimo de vazão d'água ocasionado por eventos chuvosos de longa duração e elevados índices pluviométricos acumulados.

Os excessos d'água podem alcançar a planície aluvial atual (leito menor, várzea) e os terraços fluviais antigos (leito maior), topograficamente alçados em relação à cota da planície aluvial atual, bem como outros terrenos mais elevados, situados em flancos de encostas adjacentes. Em terrenos ligados a processos litorâneos, sob influência regular de marés, como mangues, praias, planícies costeiras e terraços marinhos, configura-se a inundação costeira, a qual tende a atuar em conjunto com os processos de origem continental e, assim, determinar a suscetibilidade geral a inundações nessas áreas.

**Enxurrada:** enchente ou inundação brusca e de curta duração, desenvolvida em bacias de drenagem restritas no contexto de relevo serrano ou morros altos, por ocasião de chuvas intensas. Caracteriza-se por alta energia de transporte e

capacidade de arraste, com elevado potencial de impacto destrutivo. Pode induzir a instabilização e solapamento de taludes marginais ao longo do curso d'água.

Na incidência de inundações, incluem-se, por correlação, alagamento acúmulo momentâneo de água ante a dificuldade de escoamento superficial em terrenos com baixa declividade ou por deficiência ou baixa capacidade de escoamento do sistema de drenagem e assoreamento (formação de depósitos em leito regular de curso d'água ou planície de inundação, em decorrência do acúmulo concentrado de sedimentos transportados). No entanto, salienta-se que esses dois processos não são objeto de mapeamento específico e, portanto, não se encontram individualizados nos produtos cartográficos finais.

A análise de suscetibilidade deve ser expressa por meio de zoneamento específico a cada processo ou conjunto de processos bem definidos, contendo a divisão dos terrenos em áreas ou domínios homogêneos e sua classificação dada segundo diferentes graus relativos (por exemplo: alta, média e baixa), os quais representam a maior ou menor propensão na área delimitada (definida na carta por polígonos de diferentes classes). Os resultados da análise são apresentados no mapa de Vulnerabilidade e Área de Risco Geotécnico.

A Figura 63 ilustra os tipos, níveis e escalas aplicáveis em mapeamentos referentes a deslizamentos.

Objetivo	Tipo de zoneamento				Nível de zoneamento			Escalas
	Inventário	Susceptibilidade	Perigo	Risco	Básico	Intermediário	Avançado	
<b>Zoneamento Regional</b>								
Informativo	X	X	-	-	X	-	-	1:25.000 até
Consultivo	X	X	(X)	-	X	(X)	-	1:250.000
Legal	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
<b>Zoneamento Local</b>								
Informativo	X	X	X	(X)	X	(X)	-	1:5.000 até
Consultivo	(X)	X	X	X	X	X	X	1:25.000
Legal	-	(X)	X	(X)	-	X	X	
<b>Zoneamento pontual</b>								
Informativo	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1:5.000 até
Consultivo	NUC	NUC	NUC	NUC	NUC	NUC	NUC	1:1.000
Legal	-	(X)	X	X	-	X	X	
Projeto	-	(X)	(X)	X	-	(X)	X	

Nota: X = aplicável; (X) pode ser aplicável; NR = não recomendado; NUC = não utilizado comumente.

**Figura 63** - Tipos, Níveis e Escalas aplicáveis em mapas de zoneamento referentes a deslizamentos (FEEL et al.,2008).

Para este estudo trabalhou-se com o nível regional, recortado para apresentar a área de Influência Direta (AID) com mapa em escala de 1:35.000, enquadrando-se, portanto, no tipo de zoneamento de susceptibilidade com objetivos informativo e consultivo no nível básico de zoneamento.

#### 6.2.3.4.3. Metodologia

A metodologia utilizada para a análise da susceptibilidade a processos erosivos, escorregamentos, movimentos de massa e processos hidrológicos, é a mesma estabelecida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM em seu programa de gestão territorial através do Documento cartográfico complementar ao Objeto 0602 do Programa de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, incluído no Plano Plurianual 2012-2015 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Sua elaboração considera, entre outras referências, as diretrizes contidas no manual para zoneamento de suscetibilidade, perigo e risco a deslizamento, publicado em 2008 pelo Comitê Técnico de Deslizamentos e Taludes Construídos das associações técnico-científicas internacionais de geologia de engenharia e engenharia geotécnica (ISSMGE, IAEG e ISRM-JTC-1), traduzido em 2013 pela ABGE e pela ABMS.

Onde o objetivo do programa é cartografar áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundação, classificadas como alto, médio e baixo, relacionadas, principalmente, com movimentos de massa e inundações, em municípios brasileiros priorizados pelo Governo Federal. E o município de Angra dos Reis – RJ faz parte destes municípios com prioridade de mapeamento de áreas de susceptibilidade.

A metodologia proposta pela CPRM em seus mapeamentos de susceptibilidade é composta de:

- Compilação Bibliográfica, elaboração de mapas temáticos e estruturação de base de dados.
- Análises, classificações e zoneamentos das susceptibilidades.
- Fotointerpretação de feições associadas aos processos analisados.
- Composição do pré-mapa de áreas suscetíveis.
- Verificação e Validação do pré-mapa em campo.
- Revisão do pré-mapa e consolidação da carta síntese e da base de dados correspondente.

Os procedimentos para elaboração do mapeamento da suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa estão fundamentados no paradigma de que os registros do passado constituem um guia para a análise do futuro, assumindo-se que



as áreas com características geomorfológicas e geológicas semelhantes às de locais afetados por deslizamentos são propensas a novas ocorrências (FELL et al., 2008).

A metodologia para o mapeamento do processo de movimentos gravitacionais de massa para susceptibilidade á deslizamentos foi baseado em modelagem estatística.

As abordagens estatísticas (ou probabilísticas) se fundamentam nas relações observadas entre cada fator condicionante e a distribuição dos deslizamentos em área (GUZZETTI et al., 1999), visando a uma menor subjetividade e a uma maior repetitividade no mapeamento de áreas suscetíveis (FERNANDES et al., 2001).

Entre a variedade de condicionantes do meio físico possíveis de obtenção, distinguem-se três fatores predisponentes de deslizamentos, frequentemente associados à distribuição das cicatrizes referenciada em literatura técnico-científica e com possibilidades de mapeamento dentro do escopo dos trabalhos: declividade, curvatura de encosta e densidade de lineamentos estruturais (correlatos a fraturas, juntas, zonas de falhas e outras descontinuidades), que refletem, respectivamente, a influência combinada de aspectos geomorfológicos, hidrológico-pedológicos e geológicos (STABILE et al., 2013).

Para o mapeamento da susceptibilidade a processos hidrológicos extremos, divididos em inundações e enxurradas, no caso de inundações, o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações envolve temática complexa, sem fórmulas definitivas, este mapeamento considera análises descritivo-qualitativas dos múltiplos aspectos de um determinado ambiente, como o tipo de solo, a conformação do relevo e a influência da cobertura vegetal.

No caso particular de inundações fluviais, tem-se que a susceptibilidade estaria associada às condições naturais do terreno que favorecem a elevação do nível d'água no canal de drenagem com transbordamento, atingindo as planícies aluviais e os terraços fluviais. O perigo estaria associado ao período de retorno, ou seja, à frequência temporal em que o evento ocorre dentro de uma determinada área.

A ocorrência de uma inundação é o resultado de vários fatores que interferem na formação dos escoamentos e em sua propagação ao longo da bacia hidrográfica de contribuição (PINHEIRO, 2007). Numa abordagem multidisciplinar, o fenômeno se relaciona com as características geológicas, topográficas e morfológicas das bacias. Os fatores que se interrelacionam e são responsáveis pela ocorrência de

eventos de inundação podem ser divididos em: transitórios, associados à ocorrência de chuvas, taxas de evapotranspiração e grau de saturação do solo; permanentes, que correspondem às características morfométricas da bacia de drenagem e à geologia; e mistos, que estão relacionados ao tipo de uso e ocupação do solo (COOKE e DOORNKAMP, 1990).

A abordagem adotada para o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações apoia-se nos fatores permanentes, ou seja, nas condições predisponentes dos terrenos, principalmente nas características geológicas, topográficas e morfológicas das bacias que tendem a favorecer o transbordamento do nível d'água, por ocasião de chuvas intensas.

A suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem a inundações é mapeada de acordo com as seguintes atividades: abordagem quali-quantitativa baseada em índices morfométricos; área de estudo para aplicação dos índices morfométricos segundo a bacia hidrográfica do rio principal do município; hierarquização relativizada na bacia hidrográfica quanto à suscetibilidade a inundações de cada uma das sub-bacias contribuintes; e proposta de espacialização da inundação, que abrange o conjunto do território formado por planícies e terraços fluviais e/ou marinhos.

As corridas de Massa e Enxurradas também são objetos do mapeamento de susceptibilidade a processos de movimentos gravitacionais de massa e adotam-se os seguintes pressupostos básicos para seleção e definição de critérios e parâmetros de análise em terrenos naturais suscetíveis aos processos de corridas de massa e de enxurradas: bacias hidrográficas onde ocorrem corridas de massa apresentam atributos físicos que possibilitam também a geração de enxurradas.

Por outro lado, nem todas as bacias hidrográficas e respectivos cursos d'água onde podem ocorrer enxurradas têm atributos que possam gerar também corridas de massa; e corridas de massa ocorrem necessariamente em bacias que compreendem terrenos de alta suscetibilidade a deslizamentos.

Para a modelagem, considerando os pressupostos citados e tendo como base estudos como os de Kanji et al. (1997), Vieira et al. (1997), Gramani e Kanji (2000), Kanji et al (2000), Ogura e Gramani (2000), Gramani e Kanji (2001), Kanji e Gramani (2001), Gramani (2001), Gramani e Augusto Filho (2004), Wilford (2004), Augusto Filho, Magalhães e Gramani (2005), Magalhães et al. (2005) e Fernandes (2013), os

critérios e parâmetros utilizados na análise de bacias de drenagem suscetíveis a corridas de massa, os quais configuram um primeiro conjunto de fatores predisponentes a esse tipo de processo, compreendem:

- Unidades de relevo serrano;
- Terrenos com alta suscetibilidade a deslizamentos;
- Amplitude > 500 metros;
- Bacias de drenagem com Área < 10 km<sup>2</sup>; e
- Relação entre amplitude e área da bacia dada pelo Índice de Melton (M), onde  $M = \text{Amplitude} / \text{raiz quadrada da Área}$ , que deve ser > 0,3. O valor de 0,3 para o Índice de Melton é baseado no trabalho de Wilford (2004), no qual são discutidos limiares para diferentes tipos de fluxos, incluindo as corridas de massa.

Para enxurradas, os critérios e parâmetros considerados são:

- Unidades de relevo serrano e/ou de morros altos;
- Amplitude > 300 metros; e
- Bacias de drenagem com Área < 10 km<sup>2</sup>.

Aplicando-se esses critérios a cada região analisada, por meio de geoprocessamento, considerando-se os dados e modelos disponíveis, os resultados acerca de bacias de drenagem mais suscetíveis a corridas de massa e enxurradas e de bacias de drenagem suscetíveis a enxurradas são lançados sobre o zoneamento de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa, dada a correlação entre os processos.

#### **6.2.3.4.4. Resultados do Mapeamento de Susceptibilidade Geotécnica**

Os Parâmetros e descrições a seguir são elaborados para cada grupo de processos abordados, tendo em conta as peculiaridades envolvidas. De acordo com cada classe de suscetibilidade mapeada, incluem-se: registro fotográfico de um local correspondente, procurando-se ilustrar, na paisagem, os fatores predisponentes envolvidos, as características predominantes do meio físico e os indicadores da incidência espacial.

Na Análise de movimentos gravitacionais de massa, os parâmetros descritos em cada classe compreendem: relevo; forma das encostas; amplitudes; declividades; litologia; densidade de lineamentos; solos; e processos (deslizamento, rastejo, queda de rocha, corrida de massa). A predominância desses parâmetros é obtida pela incidência em área, conforme ocorrência nos mapas temáticos.

### Movimentos Gravitacionais de Massa

A classe de mapeamento de Alta susceptibilidade para Movimentos Gravitacionais de Massa, possui como características predominantes;

- Relevo: Serras e morros Altos;
- Forma das Encostas: retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceiras de drenagens abruptos;
- Amplitudes: 50 a 500 m;
- Declividades: > 25°
- Litologia: sedimentos Arenosos e conglomerados, com intercalação de sedimentos siltico-argilosos;
- Densidade de Lineamentos/Estruturas: alta;
- Solos: pouco evoluídos e rasos;
- Processos: deslizamento, corrida de massa, queda de rocha e rastejo;

A Figura 64 ilustra trecho com cicatrizes de deslizamento na localidade da praia da enseada, onde evidencia os Morros altos com ocupação, sem vegetação, presença de grandes blocos e de cicatrizes de movimentos de massa e processos erosivos instalados.



**Figura 64** – Praia da Enseada – Alta Susceptibilidade a Processos Gravitacionais de movimento de massa. **Fonte:** CPRM.

Cerca de 28,82% da AID está inserida na classe Alta de susceptibilidade a movimentos de massa o que corresponde a uma área de 20,10 km<sup>2</sup>.

A classe de mapeamento com média susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa possui como características predominantes:

- Relevo: morros altos, morros baixos e morrotes;
- Forma das encostas: convexas a retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceira de drenagem;
- Amplitudes: 30 a 100 m;
- Declividades: 10 a 30°
- Litologia: gnaisses granulíticos ortoderivados com porções migmatíticas;
- Densidade de lineamentos/estruturas: média;
- Solos: evoluídos e moderadamente profundos;
- Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo;

A Figura 65 ilustra o Vale do Rio Caputera ladeado por relevo de morros, cerca de 33,80% da Área de Influência Direta (AID) está em área de média susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa, o que corresponde a uma área de 23,57 Km<sup>2</sup>.



**Figura 65** – BR 101 Angra dos Reis – RJ – Média Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa. Fonte: CPRM.

A classe de mapeamento com baixa susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa, possui como características predominantes:

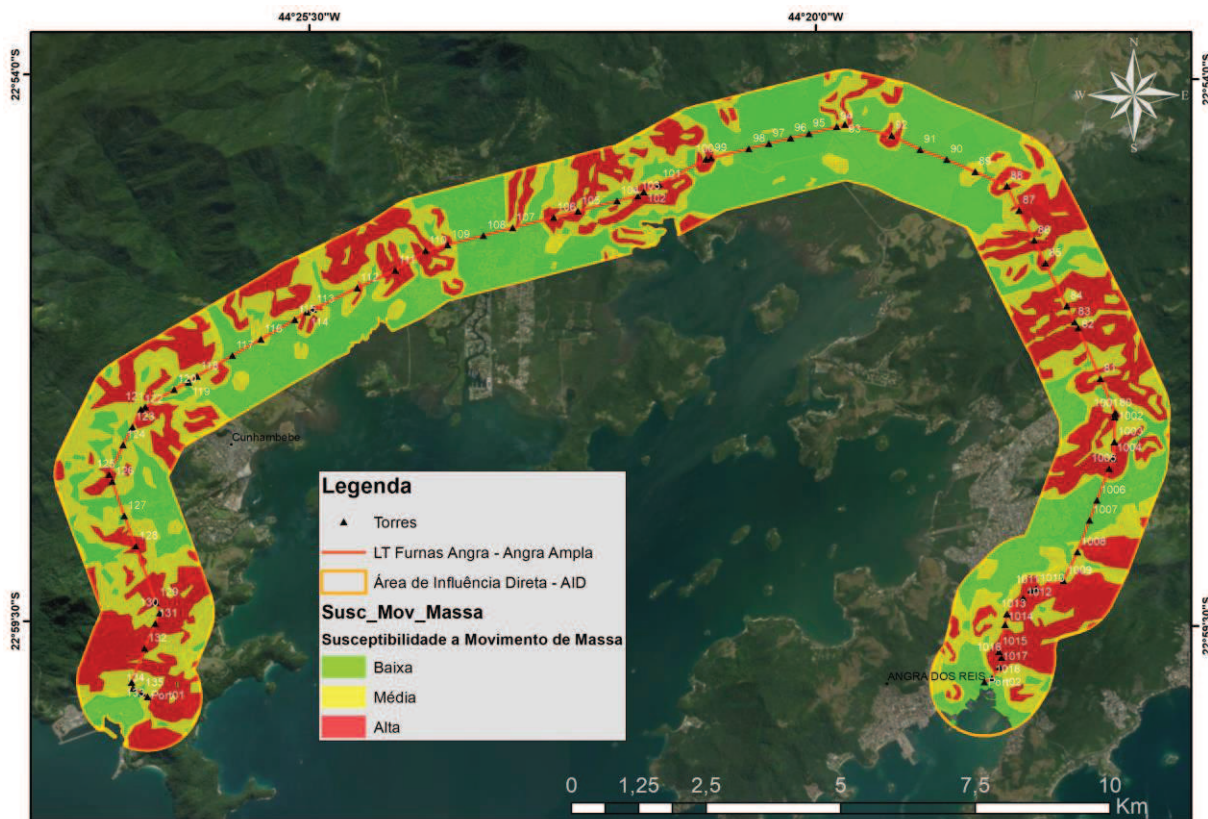
- Relevo: Planícies e terraços fluviais/marinhos e colinas;
- Forma das Encostas: convexas suavizadas e topos amplos;
- Amplitudes: < 50 m;
- Declividades: <15°
- Litologia: cascalho, areia e argila de planícies aluvionares recentes;
- Densidade de Lineamentos/Estruturas: baixa
- Solos: aluviais/Marinhos; evoluídos e profundos nas colinas;
- Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo;

A Figura 66 ilustra a área de planície ladeada por morros baixos, com exposição de blocos. Cerca de 37,38% da Área da AID pertence à classe de susceptibilidade baixa a movimentos gravitacionais de massa, o que corresponde a uma área de 26,06 km<sup>2</sup>.



**Figura 66** – RJ 155 – Baixa Susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Fonte: CPRM.

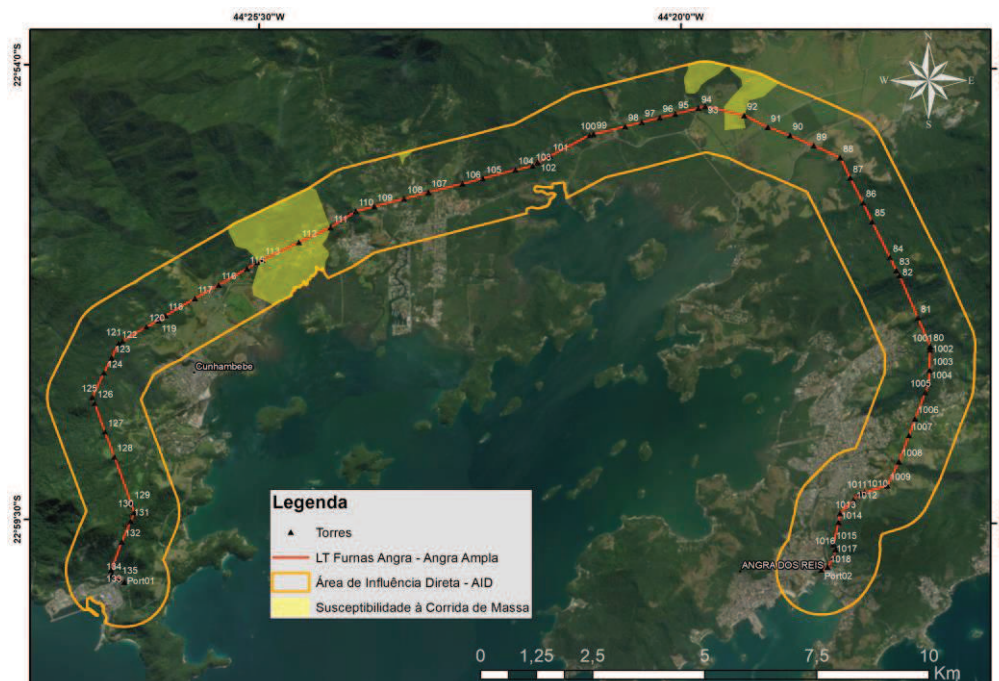
A Figura 67 ilustra o mapa com as classes de susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa na Área de Influência Direta (AID).



**Figura 67 - Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa na AID.**

Observa-se que as áreas entre as torres 133 e 128 no início da LT possui áreas com alta susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa mais representativos, visto o tamanho e distribuição das manchas, assim como o trecho entre as torres 88 e 1005 mais para o final da linha e mais próxima das áreas urbanas do município de Angra dos Reis – RJ.

As áreas com susceptibilidade a corridas de massa ocorrem em quatro locais dentro da AID, a maior área fica na localidade da Gamboa de Bracuí e possui 3,56 km<sup>2</sup> representando 5,06% da área da AID, a menor área com susceptibilidade a corridas de massa fica entre a Gamboa do Bracuí e Santa Rita do Bracuí com 0,03 km<sup>2</sup> o que representa 0,05% da área total da AID, já as outras duas áreas com susceptibilidade a corridas de massa, são bem próximas uma da outra nas proximidades da localidade de Ariró, a maior área dentre estas possui 0,39 km<sup>2</sup> o que representa 0,56% da área total da AID, e a outra área possui 0,76 km<sup>2</sup> o que representa 1,08% da área total da AID. A Figura 68 ilustra as áreas de susceptibilidade a corridas de massa na AID.



**Figura 68** - Susceptibilidade a Corrida de Massa na AID.

Observa-se que a área situada na Gamboa de Bracuí intercepta a LT entre as torres 115 e 111, assim como a área de susceptibilidade a corridas de massa situada nas proximidades de Ariró intercepta a LT entre as torres 94 e 92.

#### Susceptibilidade a Inundações

As características predominantes apontadas são subdivididas de acordo com a abrangência territorial, em dois níveis: locais e regionais. Sobre as características locais, os parâmetros descritos são: relevo; solos; altura de inundação (expressa em metros); e processos (inundação, alagamento e assoreamento).

Quanto às características regionais, expressas no âmbito das bacias de drenagem contribuintes, destacam-se: área de contribuição (pequena, intermediária, grande); formato da bacia (tendendo a circular, circular a alongado, tendendo a alongado); densidade de drenagem na bacia (baixa, média, alta); padrão dos canais fluviais ou sinuosidade (tendendo a sinuoso, sinuoso, retilíneo, tendendo a retilíneo); e relação de relevo (amplitude baixa e canal principal longo, amplitude média e canal principal intermediário, amplitude alta e canal principal curto).

A classe de susceptibilidade a inundações alta tem as seguintes características locais predominantes:



- Relevo: Planícies aluviais/Marinhas atuais, com amplitudes e declividades muito baixas ( $< 2^\circ$ );
- Solos: hidromórficos, e em terrenos situados ao longo de curso d'água, mal drenados e com nível d'água subterrâneo aflorante a raso;
- Altura de Inundação: até 1,5 metro em relação a borda da calha do leito regular do curso d'água;
- Processos: Inundação, alagamento e assoreamento;

As características da classe alta de susceptibilidade a inundações das bacias de drenagem contribuintes são as seguintes:

- Área de contribuição: grande;
- Formato: tendendo a circular;
- Densidade de Drenagem: Alta;
- Padrão dos canais Fluviais: tendendo a sinuoso;
- Relação de Relevo: Amplitude baixa e canal principal longo;

A Figura 69 ilustra o canal do Rio Japuíba, segundo relatos de moradores locais, todo ano ocorre inundação. Cerca de 27,43% da AID está como área com alta susceptibilidade a inundações, correspondendo a 19,21 km<sup>2</sup>.



**Figura 69** – Rio Japuiba – Angra dos Reis – RJ. Classe Alta de Susceptibilidade a Inundação. **Fonte:** CPRM.

A classe de susceptibilidade a inundações média, possui as seguintes características locais predominantes:

- Relevo: terraços fluviais/marinhos baixos e/ou flancos de encostas, com amplitudes e declividades baixas ( $<5^\circ$ );
- Solos: hidromórficos e não hidromórficos, em terrenos argilo – arenosos e com nível d'água subterrâneo raso a pouco profundo;
- Altura de Inundação: entre 1,5m e 2,5 m em relação a borda da
- Processos: Inundação, alagamento e assoreamento;

Com relação as características predominantes para a classe de susceptibilidade média a inundações das bacias de drenagem contribuintes, são as seguintes:

- Área de Contribuição: intermediária;
- Formato: circular a alongado;
- Densidade de Drenagem: média;
- Padrão dos canais Fluviais: Sinuoso a retilíneo;
- Relação de Relevo: Amplitude média e canal principal intermediário;

A Figura 70 ilustra a Planície Flúvio-marinha com relevo serrano ao fundo. Rio Ariró, entrada para o Parque Estadual do Cunhambebe. A classe média de

susceptibilidade a inundações representa cerca de 1,85% da área total da AID o que equivale a uma área de 1,3 km<sup>2</sup>.



**Figura 70** – Rio Ariró Angra dos Reis – RJ – Classe de Susceptibilidade média a inundações. **Fonte:** CPRM.

A classe de susceptibilidade baixa a inundações possui as seguintes características predominantes locais:

- Relevo: terraços fluviais/marinhos altos e/ou flancos de encostas, com amplitudes e declividades baixas (<math><5^\circ</math>);
- Solos: não hidromórficos, em terrenos silto-arenosos e com nível d'água subterrânea pouco profundo;
- Altura de Inundação: acima de 2,5 m em relação a borda da calha do leito regular do curso d'água;
- Processos: Inundação, alagamento e assoreamento;

Com relação as características predominantes da classe de susceptibilidade baixa a inundação das bacias de drenagem contribuintes, temos os seguintes parâmetros:

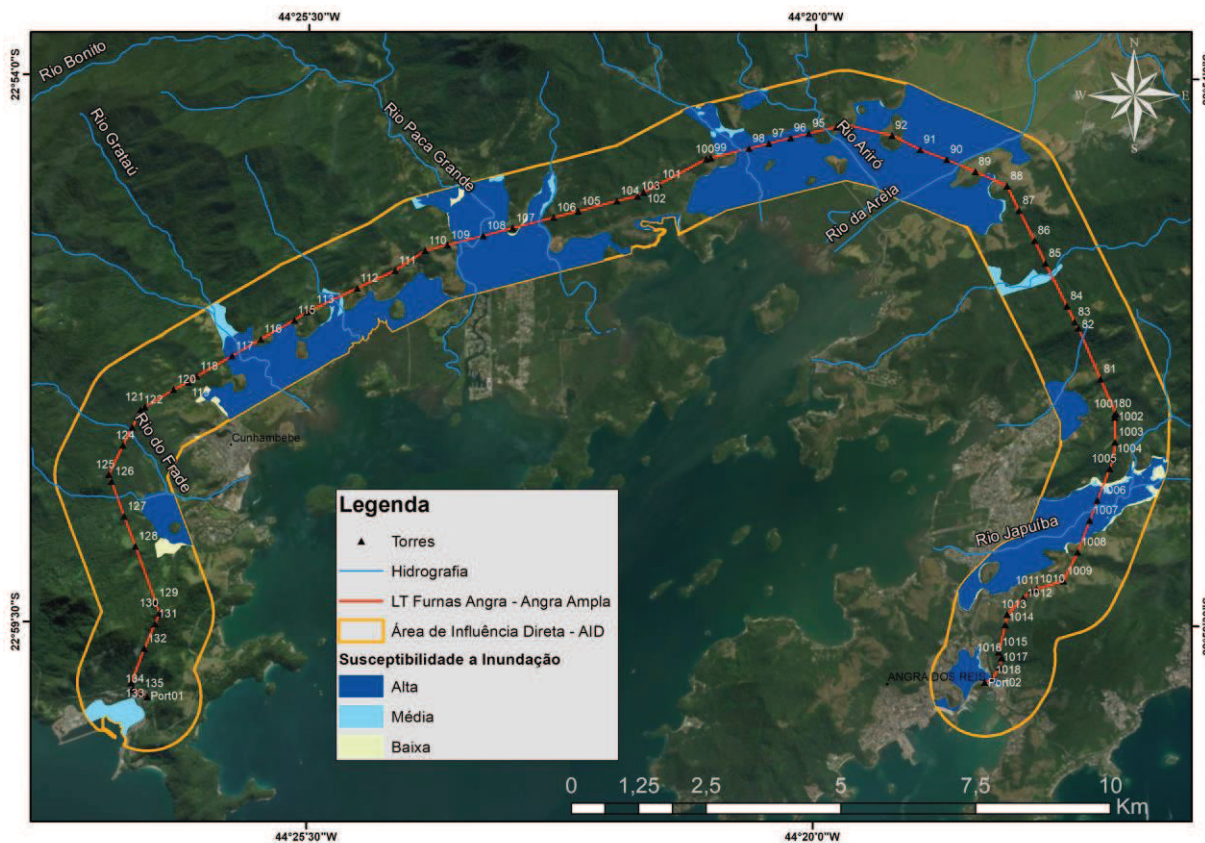
- Área de contribuição: pequena;
- Formato: tendendo a alongado;
- Densidade de Drenagem: baixa;
- Padrão dos canais fluviais: tendendo a retilíneo;
- Relação de Relevo: amplitude alta e canal principal curto;

A Figura 71 ilustra uma área com baixa susceptibilidade a inundação localizada dentro da Usina Nuclear de Angra. A classe baixa de susceptibilidade a inundação representa cerca de 0,58% da área da AID e equivale a 0,41 km<sup>2</sup>.

A Figura 72 ilustra o mapa das classes de susceptibilidade a inundação na Área de Influência Direta (AID), observa-se que as áreas entre as torres 118 e 116 e entre as torres 110 e 107 na região do Bracuí, interceptam a LT e apresentam alta susceptibilidade a inundação. As áreas entre as torres 100 e 89 na localidade de Ariró também interceptam a LT e apresentam alta susceptibilidade a inundações. Assim como o trecho entre as torres 1005 e 1008 próximos as localidades de Nova Angra e Areal interceptam a LT e possuem alta susceptibilidade a Inundações.



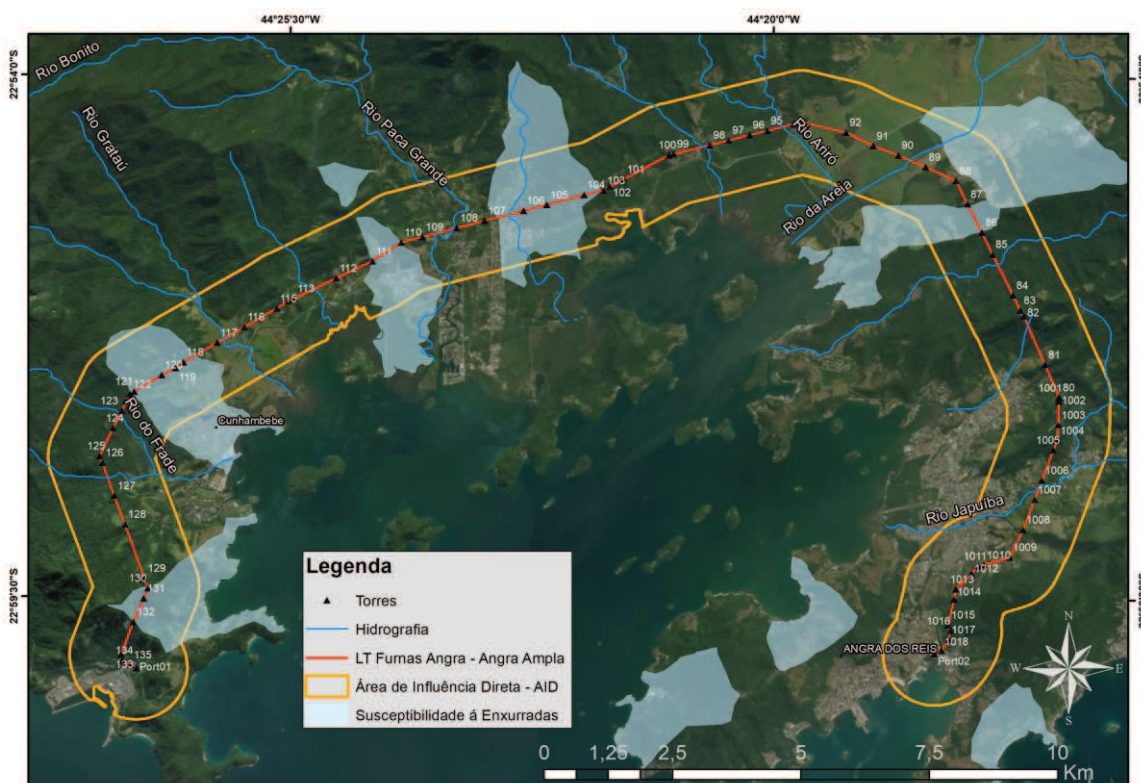
**Figura 71** – Área dentro da Usina Nuclear de Angra dos Reis – RJ – Classe de Susceptibilidade a inundação baixa. Fonte: CPRM.



**Figura 72** - Classes de Susceptibilidade a Inundação.

Os rios que interceptam as áreas mais críticas de susceptibilidade a inundações são; Rio do Frade, Rio Grataú, Rio Paca Grande, Rio Ariró, Rio da Areia e Rio Japuiba.

Com relação à susceptibilidade a enxurradas, a Área de Influência Direta (AID) possui seis áreas susceptíveis a enxurradas. A primeira área localizada no início da LT com área de 1,57km<sup>2</sup> nas proximidades de Piraquara entre as torres 132 e 130, a segunda área localizada próximo ao Rio Grataú acima da localidade de Frade com área de 2,93 km<sup>2</sup> entre as torres 121 e 118, a terceira área localizada na Ilha do Jorge e Santa Rita do Bracuí possui 1,49 km<sup>2</sup> entre as torres 111 e 110, a quarta área está localizada no Sertão do Bracuí e Itanema possui 3,50 km<sup>2</sup> entre as torres 107 e 103, a quinta e a sexta área localiza-se em Ariró, a quinta área não transpõem a LT e possui área de 1,43 km<sup>2</sup> , já a sexta área possui 1,02 km<sup>2</sup> e situa-se entre as torres 87 e 88. A Figura 73 ilustra as áreas de enxurradas na AID.



**Figura 73 - Enxurrada na Área de Influência Direta (AID).**

#### 6.2.4. Paleontologia

Na área de influência Indireta (AIi) ocorrem formações geológicas das eras Paleoproterozóico, Neoproterozóico, Paleozoico e Cenozoico. A Figura 74 ilustra a escala de tempo geológico a seguir.

Éon	Era	Período	Época	Intervalo (em Ma)
Éon Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Holoceno	0,0117 a 0 ('hoje')
			Pleistoceno	2,588 a 0,0117
		Neógeno	Plioceno	5,333 a 2,588
			Mioceno	23,03 a 5,333
		Paleógeno	Oligoceno	33,9 a 23,03
			Eoceno	56,0 a 33,9
	Mesozoico	Cretáceo	Paleoceno	66,0 a 56,0
			Jurássico	145 a 66
			Triássico	201 a 145
	Paleozoico	Permiano	252 a 201	
			Carbonífero	299 a 252
		Devoniano	359 a 299	
			Siluriano	419 a 359
		Ordoviciano	443 a 419	
Cambriano			485 a 443	
Proterozoico	Neoproterozoico		541 a 485	
	Mesoproterozoico		1000 a 541	
	Paleoproterozoico		1600 a 1000	
Arqueano	Neoarqueano		2500 a 1600	
	Mesoarqueano		2800 a 2500	
	Paleoarqueano		3200 a 2800	
	Eoarqueano		3600 a 3200	
Hádico			4000 a 2800	
			4560 a 4000	

Figura 74 - Escala do Tempo Geológico.

### Era Paleoproterozóica

As plataformas continentais que se estabeleceram durante o Paleoproterozóico são caracterizadas por uma evolução relativamente curta. Apesar dos registros de vida na Terra existirem desde o Arqueano, foi no Proterozóico que eles se tornaram consistentes, com a ampla distribuição de estromatólitos.

A Era Paleoproterozóica é subdividida em quatro períodos: Sideriano, Riaciano, Orosiriano e Estateriano. Na área de influência Indireta (All) as rochas da era Paleoproterozóica são do período Riaciano, o período Riaciano se estende de 2.300 à 2.050 milhões de anos.

## **Era Neoproterozóica**

Foi na Era Neoproterozóica que ocorreram as primeiras evidências diretas de vida multicelular a Fauna de Ediacara há aproximadamente 650 milhões de anos, em Ediacara Hills, perto de Adelaide, Austrália (Glaessner & Wade, 1996).

No Brasil o registro fóssil Neoproterozóico inclui várias localidades com ocorrência de estromatólitos (Grupo Bambuí - MG, Grupo Corumbá - MS, Grupo Macaúbas - MG, Formação Vaza-Barris - SE, dentre outros), descritas por vários autores; acritarcas no Grupo Bambuí - MG por Cruz & Lopes, 1992; bactérias e nanobactérias na Formação Salitre - BA, descritas por Terra et al., 1999 e impressões fósseis de animais de corpo mole no Grupo Alto Paraguai - MT descritas por Zaine & Fairchild, 1996. Na All as rochas do Neoproterozóico são do período Ediacarano

## **Era Paleozoica**

A Era Paleozóica é limitada por dois importantes eventos da história da Terra: o seu início, há 545 milhões de anos, marca o começo da expansão da vida, e seu final, há 248 milhões de anos, marca a maior extinção em massa que já ocorreu no nosso planeta.

A era Paleozoica se divide em seis períodos Cambriano, Ordoviciano, Silurianos, Devoniano, Carbonífero e Permiano, as rochas da era Paleozoica da All são do período Cambriano.

### **Período Cambriano**

Apesar de existirem alguns registros de vida desde o Arqueano, o Cambriano é considerado o marco inicial da expansão da vida na Terra, e seu limite inferior corresponde ao primeiro registro de animais com partes mineralizadas. O mundo cambriano correspondia a, pelo menos, quatro grandes continentes: Laurentia (parte da atual América do Norte), Báltica (parte da atual Europa e Sibéria) e Gondwana (partes da América do Sul, África, Austrália e Antártica).

Os animais mais abundantes eram trilobitas, braquiópodes e graptólitos, localmente, havia geração de rochas ígneas, mas predominam as rochas sedimentares. São encontrados, também, arenitos marinhos, folhelhos, calcários e rochas vulcânicas, não há registros de glaciações nesse período. No Cambriano



médio houve uma relevante transgressão marinha, inundando o interior da maioria dos continentes.

### **Era Cenozoica**

A Era Cenozoica é chamada de "Idade dos Mamíferos" porque eles eram os maiores animais da Terra nessa era, mas foi um tempo de vida tão diversa, que poderia ter se chamado: Era das Plantas com Flores, dos Insetos, das Aves, etc.

A Era Cenozoica é conhecida principalmente por ser o período em que novas espécies surgiram depois do cataclismo que se abateu sobre o planeta ao final da Era Mesozoica – responsável pela extinção dos dinossauros.

Algumas espécies da Era anterior acabaram sobrevivendo e evoluindo diante da dificuldade para encontrar comida, que se estendeu até o início da Era Cenozoica. Os mamíferos foram os principais nesse quesito de evolução, razão pela qual alguns chamam a Era Cenozoica de Era dos Mamíferos.

Esta era é dividida nos períodos Terciário e Quaternário, na AII do empreendimento a geologia da era Cenozoica é do período Quaternário.

### **Período Quaternário**

Não há diferenças marcantes entre esse período e o anterior (Período Terciário) nem no tocante à fauna, nem ao registro sedimentar. A característica mais marcante, contudo, é a ocorrência de sucessivos períodos de glaciação.

O Quaternário é um período de modelagem de relevo, com sedimentação predominantemente mecânica inconsolidada. Localmente há a ocorrência de lavas extrusivas, principalmente na região circumpacífica. A maioria dos processos quaternários continua hoje e continuará ocorrendo nos próximos milhões de anos.

No Brasil, os estudos sobre o Quaternário vêm se intensificando nas últimas décadas e incluem neotectônica, variações do nível do mar e flutuações climáticas. No tocante a variações do nível do mar, a região mais bem estudada é a costa sul, onde Corrêa, 1990 subdividiu três fases:

- fase 1 - de 17.500 à 16.000 anos. O nível do mar era, pelo menos, 130m abaixo do atual. Praticamente toda a plataforma continental estava exposta.
- fase 2 - de 16.000 à 11.000 anos. O nível do mar estava entre 60 e 70m abaixo do atual.
- fase 3 - de 11.000 à 6.500 anos. O nível do mar estava entre 45 e 25 metros abaixo do atual.

Os últimos 6.500 anos constituem um episódio transgressivo, reconhecido em outras localidades ao redor do mundo, chamado no Brasil de Transgressão de Santos.

O período Quaternário é dividido em duas épocas: Pleistoceno e Holoceno, na All os depósitos Cenozoicos do período Quaternário são do Pleistoceno.

O Pleistoceno durou de 2,58 à 0.01 milhões de anos. A generalizada ocorrência de glaciações gerou a denominação informal de " Idade do Gelo". Sem dúvida a característica mais distintiva dessa época é o aparecimento dos hominídeos. Fósseis indubitavelmente humanos ocorrem no Pleistoceno médio em Java, Pequim e Algéria.

Alguns fragmentos fósseis remetem o aparecimento do Homo sapiens ao segundo período interglacial, mas a disseminação da nossa espécie ocorreu durante a última glaciação, a 40.000 anos, quando um povo chamado Cro-magnons atingiu regiões interglaciais.

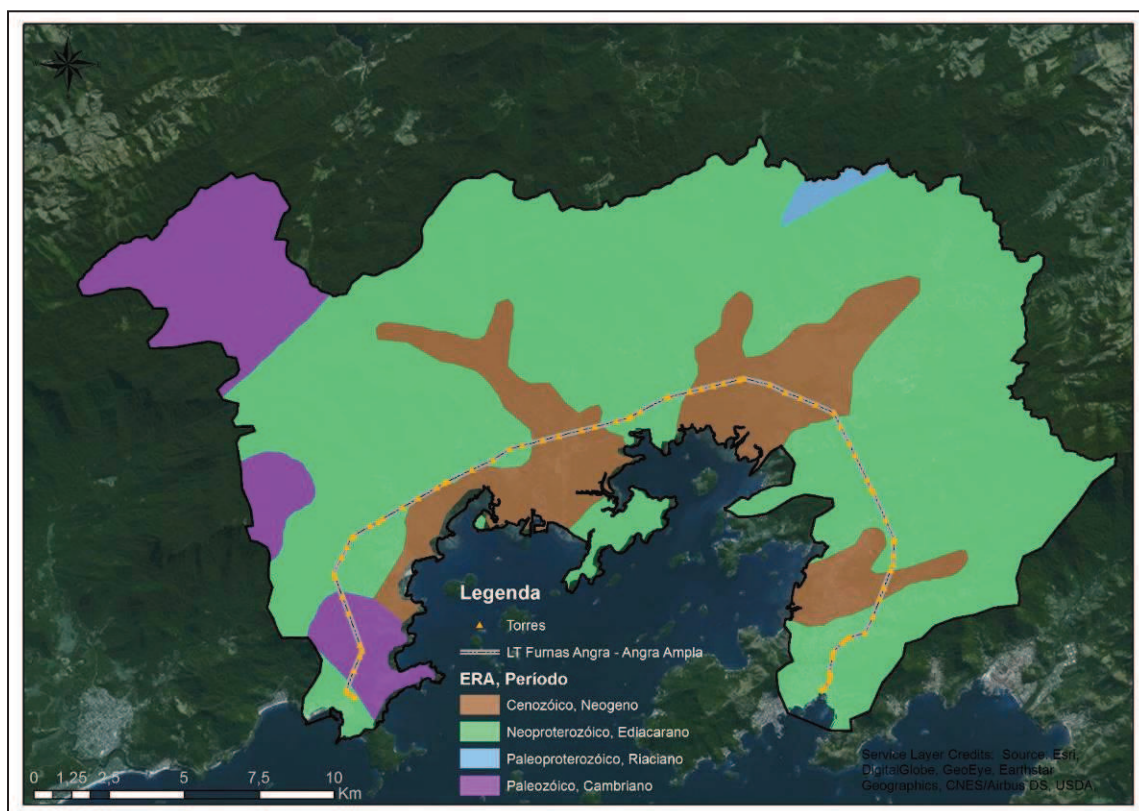
No Brasil, pesquisas recentes na região da Serra da Capivara, São Raimundo Nonato, Piauí, indicam evidências de uma sociedade primitiva que teria vivido há 40.000, sendo, portanto, os registros mais antigos de vida tribal nas Américas. Essas datações, contudo, aguardam confirmação das sociedades científicas internacionais.

#### **6.2.4.1. Tempo Geológico na Área de Influência Indireta (All)**

Com relação ao potencial fossilífero e de vestígio fósseis, a era paleoproterozoica apresenta menor potencial, devido aos animais deste período serem microscópicos, bactérias e organismos unicelulares. A era neoproterozoica também apresenta um menor potencial a ocorrência de fósseis apesar de ser nessa época os registros de fósseis multicelulares, porém nesse período também a vida na terra era escassa e formada por pequenos organismos.

A era paleozoica marca o começo da expansão da vida na terra e nessa era vem os primeiros fósseis propriamente ditos, esta era marca um período de maior abundância de vida na terra, porém o período das rochas do paleozoico na All é o cambriano que é o mais antigo da era, sendo o início dessa abundância de vida, o que faz o potencial fossilífero ser mais baixo, portanto o potencial fossilífero das áreas de influência para formações rochosas destas eras são baixíssimos em virtude dos organismos microscópicos existentes na época da formação destas rochas, e da formação rochosa encontrar-se no embasamento já estando intemperizada.

A era cenozoica do período quaternário e da época pleistoceno devido as intensas glaciações recentes, o domínio dos mamíferos de grande porte e da evolução do homo sapiens se apresenta como áreas com maior potencial fóssil, porém são áreas ainda em formação e não consolidadas sem o tempo necessário para que seja possível encontrar material fóssil a Figura 75 ilustra as eras e períodos das formações geológicas da área de influência indireta (AII).



**Figura 75 - Tempo Geológico na AII.**

A LT inicia-se em formações do Neoproterozóico até um pouco além da torre 133, a partir deste trecho, segue por formações do Paleozoico até um pouco além da torre 127, após este trecho segue por formações do Neoproterozoico até proximidades da torre 116, deste trecho até a torre 114 a LT está sobre formações Cenozoicas do Quaternário da época Pleistoceno, deste trecho até as proximidades da torre 112, volta para as formações do Neoproterozóico e do vão da torre 112 para a torre 111 está sobre os depósitos do Cenozoico. Deste trecho até metade do vão da torre 109 para 108 sobre as formações do Neoproterozóico e deste trecho até o início do vão da torre 105 para a 104 retorna para os depósitos do Cenozoico, deste trecho até a torre 98, voltam as formações Neoproterozóicas e da torre 98 até a 88 retorna aos depósitos Quaternários do Cenozoico.

Da torre 88 até a torre 1005 a LT está sobre as formações Neoproterozóicas, e da torre 1005 a 1007 retorna aos depósitos quaternários cenozoicos, e deste trecho até o final da linha volta a estar sobre as formações Neoproterozóicas.

Portanto as áreas abrangidas pelos depósitos sedimentares Quaternários da Era Cenozoica da época Pleistoceno, correspondem aos trechos da LT da torre 117 a 114, torre 112, vão da torre 109 ao vão da torre 105, torre 98 a torre 88, da torre 1005 a torre 1007.

### 6.2.5. Espeleologia

Grande parte do território brasileiro é composta por terrenos propícios à ocorrência de ambientes cársticos em diferentes litologias. Conforme Piló e Auler (2011), apesar de o potencial espeleológico brasileiro situar-se na faixa de algumas centenas de milhares de cavernas, menos de 5% das cavidades naturais subterrâneas brasileiras são conhecidas.

Dessa forma, os autores acima citados defendem a adoção de um referencial para a construção de modelo do potencial espeleológico no país (baseado em dados estimados), a partir da relação entre o número de cavernas conhecidas nas principais litologias, com o provável potencial ainda não conhecido Figura 76.

Litologia	Número de cavernas conhecidas	Provável potencial (cavernas ainda não conhecidas)	Porcentagem de cavernas conhecidas
Carbonatos	7.000	> 150.000	< 5%
Quartzitos	510 <sup>(*)</sup>	> 50.000	< 1%
Arenitos	510 <sup>(*)</sup>	> 50.000	< 1%
Minério de Ferro	2.000	> 10.000	< 20%
Outras litologias	200	> 50.000	< 0,5%

Fonte: Piló e Auler (2011, p. 9), modificado por Jansen et al., 2012.

**Figura 76** - Estimativa do potencial espeleológico brasileiro em relação às cavernas conhecidas por litologia

Conforme pesquisas realizadas no Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas – CECAV a área de estudo (AE) possui áreas mapeadas com grau Muito Alto para ocorrência de cavernas, onde abrange também a AII e AID, conforme ilustra a Figura 77, visto que na AII e AID a litologia predominante é

composta por Quartzitos e o restante por outras litologias, onde para a litologia de quartzitos o percentual de cavernas conhecidas é menor que 1%, e para outras litologias o percentual de cavernas conhecidas é inferior a 0,5%, conforme ilustra a Figura 76.

A metodologia criada pelo CECAV para gerar a classificação litológica que estabelece o grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil foram utilizados, além da revisão bibliográfica sobre as principais formações litológicas das cavidades registradas na base de dados do CECAV, os seguintes dados:

- Localização das províncias espeleológicas brasileiras;
- Mapa Geológico do Brasil, com ênfase nas “Litologia1”, “Litologia2” e “Nome da Unidade”, na escala de 1:2.500.000 (CPRM, 2003);
- Localização de 10.257 cavidades existentes na base de dados do CECAV em 01/06/2012, gerados a partir da integração de dados oriundos de bibliografia especializada, pesquisas e estudos ambientais, Cadastro Nacional de Cavernas (CNC), da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e CODEX, da Redespeleo Brasil.

Foram utilizadas as cinco classes de grau de potencialidade anteriormente estabelecidas (JANSEN, 2011): “Muito Alto”; “Alto”; “Médio”; “Baixo”; e “Ocorrência Improvável”.

Para cada classe foram agrupados os tipos de rochas, ponderando seus aspectos e respeitando a frequência de ocorrência de cavidades.

Como resultado, obteve-se que 78,4% das cavidades estão localizadas em áreas com graus de potencialidade de ocorrência Muito Alto e Alto, ou seja, desenvolvidas basicamente em rochas carbonáticas e em formações ferríferas; 12,8% em áreas com grau de potencialidade Médio, englobando, em especial, os arenitos e quartzitos, com vários registros de ocorrência em todo o Brasil; e 8,7% do total em locais de Baixa potencialidade e Ocorrência Improvável.

Os tipos de litologias que abrangem a AII e AID são Quartzitos de potencialidade média a ocorrências de cavernas, Gnaisses, anfibolitos, mármore e granitos de potencialidade baixa a ocorrência de cavernas, e Areias, silte e Argila de potencialidade de ocorrência improvável de cavernas. Apesar das litologias predominantes serem de potenciais médio, baixo e improvável o mapeamento de

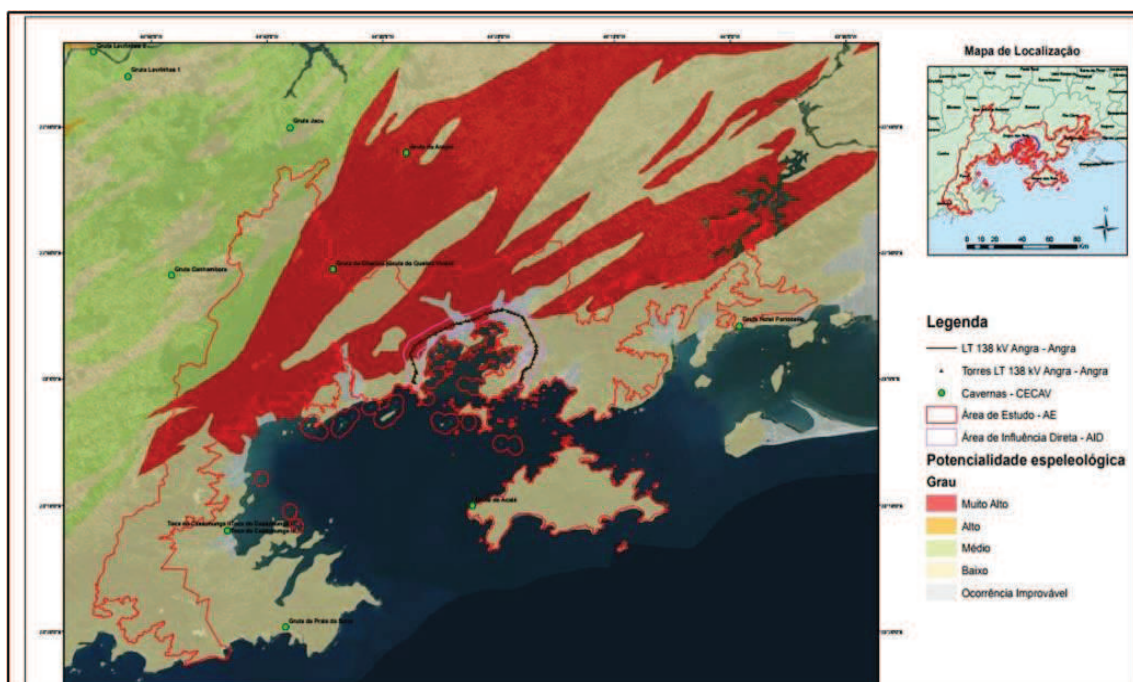
potencialidades espeleológicas considerou como “Muito Alto” o potencial de áreas inseridas na All e na AID, conforme ilustra a Figura 77.

Com relação as cavernas registradas na Base de dados do CECAV na Área de Estudo existe apenas uma caverna, situada na Ilha Grande denominada de Gruta do Acaiaí (Figura 77) e localizada na coordenada O 44°22'16.198"/ S 23°10'3.997".

Esta se apresenta, contudo, em uma área mais isolada da AE, visto que a área de intervenção do empreendimento está situada no continente e a gruta do Acaiaí situada em Ilha Grande, esta caverna está em uma área de baixa potencialidade espeleológica.

Segundo a Instrução Normativa Iphan 01/2015, a referida gruta não apresenta elementos que justifiquem a intervenção do mesmo, como ser tombada em nível federal ou apresente vestígios arqueológicos.

Na All do empreendimento não constam cavernas mapeadas, apesar de algumas áreas da All estarem classificadas como potencial espeleológico “Muito Alto” o que corrobora com a afirmação do CECAV em que apesar do território brasileiro encontrar –se sobre terrenos propícios á ocorrências de ambientes cársticos em variadas litologias apenas 5% das cavidades subterrâneas são conhecidas, e as litologias da área de estudo terem menos de 1% á menos de 0,5% das cavidades subterrâneas conhecidas segundo estimativa do CECAV.



**Figura 77 - Potencial Espeleológico.**

### 6.2.6. Níveis de Ruído

As ondas sonoras emitidas por fontes diversas de ruído se propagam no meio ambiente de várias formas. Qualquer processo que provoque flutuações no ar pode gerar ondas sonoras. Em zonas urbanas, um dos maiores responsáveis pelo ruído são os veículos automotivos (carros, caminhões, ônibus), além dos ruídos provocados por aeronaves.

O ruído produzido pela LTs é proveniente do efeito corona – ionização de ar na vizinhança do condutor, que se manifesta em linhas de alta voltagem (superiores a 230 kV). Este efeito se manifesta, no aspecto visual, através de emissões luminosas (filamentos azuis) e, no acústico, sob forma de chiado.

Este se intensifica em função de uma elevação na umidade do ar, podendo variar de 35 dB a mais de 50 dB, a 30 metros de distância da LT (WSZOLECK et al, 1999). Portanto populações assentadas próximas a essa LT podem ser incomodadas pela emissão sonora.

Visto que o empreendimento se trata de uma reconstrução de uma linha de transmissão de 138 kV a voltagem não provoca o efeito corona, portanto não provoca ruídos em sua operação, sendo assim serão levados em consideração somente os ruídos provocados pelas obras de reconstrução da linha.

A Figura 78 ilustra os níveis de ruído permitidos para os diversos uso e ocupação do solo.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Vizinhanças de hospitais (200m além divisa)	45	40
Área estritamente residencial urbana	50	45
Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito	60	55
Área mista, com vocação recreacional, sem corredores de trânsito	65	55
Área mista até 40m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	55
Área predominantemente industrial	70	60

**Figura 78** - Níveis de Ruído segundo a NBR 10.151:2000.

Para a reconstrução de linhas de transmissão, geralmente são necessários serviços de construção ou demolição de obras existentes, bem como supressão de vegetação. Isto demandará equipamentos de construção civil (tratores, compactadores, bate estacas, betoneiras, caminhões, equipamentos de lançamento de cabos, etc) que, em geral, emitem uma pressão sonora equivalente a 90 dB(A) (no caso de britadeira) medidos a 7 metros de distância. A Tabela 31 indica o nível sonoro previsto, em função da distância das obras.

**Tabela 31** - Níveis de Ruído conforme distância das Obras.

Distância das Obras (m)	Nível de Ruído (db (A))
7	90
20	81
50	73
100	67
200	61
300	57
400	55
500	53
600	51
700	50
800	49
900	48
1000	47
1500	43

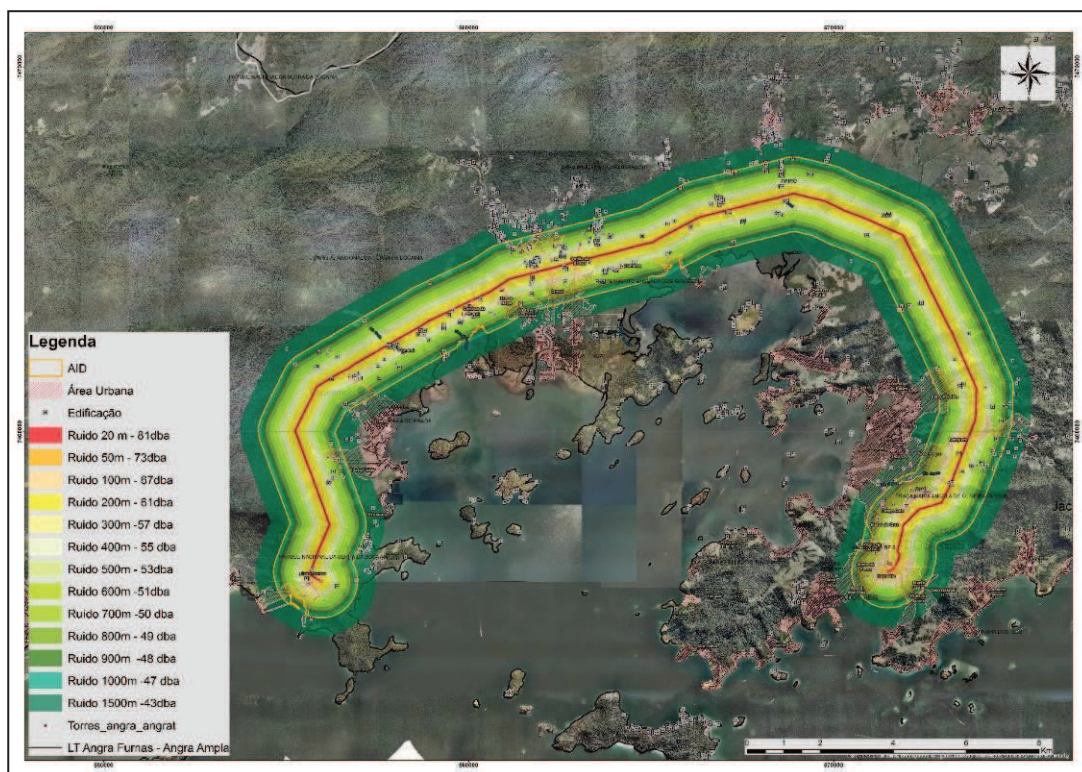
Visando identificar as comunidades passíveis de sofrer influência da poluição sonora do empreendimento durante as fases de implantação e operação, utilizou-se esta simulação de nível de ruídos de uma obra e da distância, identificou-se as comunidades mais passíveis de sofrer influências da poluição sonora, levando-se em conta apenas a simulação de nível de ruído conforme a Tabela 31, como não se tem o diagnóstico atual do nível de ruído da área de influência direta.

As comunidades passíveis de sofrer influência da poluição sonora causada pelo empreendimento são: a localidade de Cunhambebe em que os níveis de ruído simulados da Tabela 31 para a distância da localidade em relação a linha de transmissão vão de 61 dB a 43 dB, a localidade de Grataú em que os níveis de ruídos simulados vão de 67 dB a 55 dB, a localidade de Gamboa de Bracuí com níveis de ruído simulados de 90 dB a 55 dB, a localidade de Bracuí com níveis de ruídos simulados de 67dB a 55 dB, a localidade de Sertão do Bracuí com níveis de ruídos simulados de 67 dB a 50 dB, e a localidade de Banqueta com níveis de ruídos simulados de 90 dB a 70 dB.



Enfatizando que estes níveis são simulações de níveis de ruído de uma obra e das distâncias das localidades para o gerador de ruído, porém em uma situação real os níveis de ruído podem ser maiores do que as simulações para obra, devido ao fato de em áreas urbanas e próximas a rodovias e vias de acesso existir o ruído de fundo onde os decibéis podem ser maiores que o de uma obra próxima, o que encobriria os ruídos causados pelo empreendimento eliminando portanto o impacto da poluição sonora causada pela obra, já que esta poluição sonora já existiria por outros causadores que não são da obra em si.

A Figura 79 ilustra a simulação do gerador de ruído, que no caso seria toda a extensão da LT e das distâncias para o eixo, sendo que os níveis de ruído vão diminuindo conforme o distanciamento da fonte geradora de ruído.



**Figura 79 - Simulação do Nível de Ruído de uma Obra.**

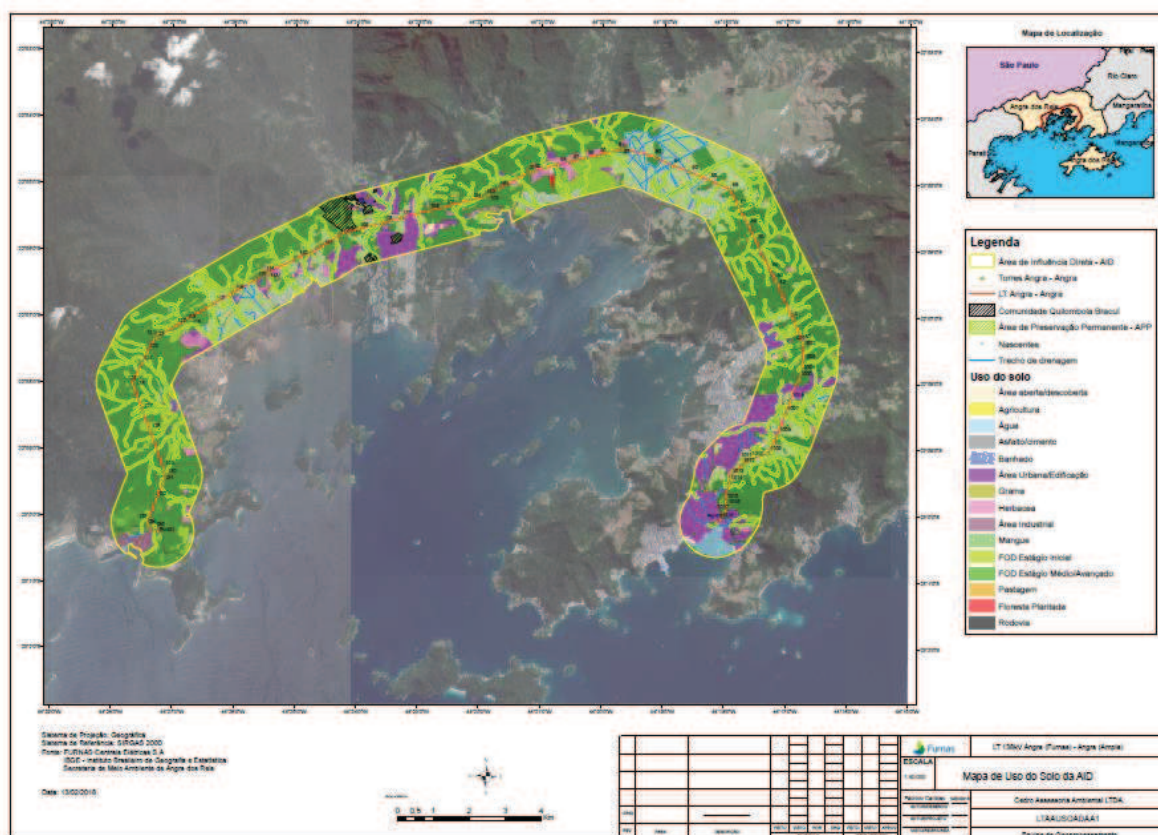
## 6.3. MEIO BIÓTICO

### 6.3.1. Caracterização dos Ecossistemas

A Linha de Transmissão de Energia LT 138 kV Angra (FURNAS) - Angra (Enel) localiza-se no município de Angra dos Reis e situa-se em uma região de domínio da Floresta Ombrófila Densa Montana, Submontana e Terras Baixas, apresentando como ecossistema associada a algumas manchas de Manguezal.

A fitofisionomia dominante na área de influência direta do empreendimento é a Floresta Ombrófila Densa Submonta, esta aparece com porções vegetacionais em estágio inicial, médio e avançado de regeneração. Porém, na área diretamente afetada pelo empreendimento a vegetação encontra-se em estágio médio de regeneração.

De acordo com o Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Tabela 32) pode-se aferir que as classes mais representativas correspondem a vegetação nativa 'Floresta Ombrófila Densa', seguidas por 'Áreas Urbanas' e 'Pastagens' (Figura 80).



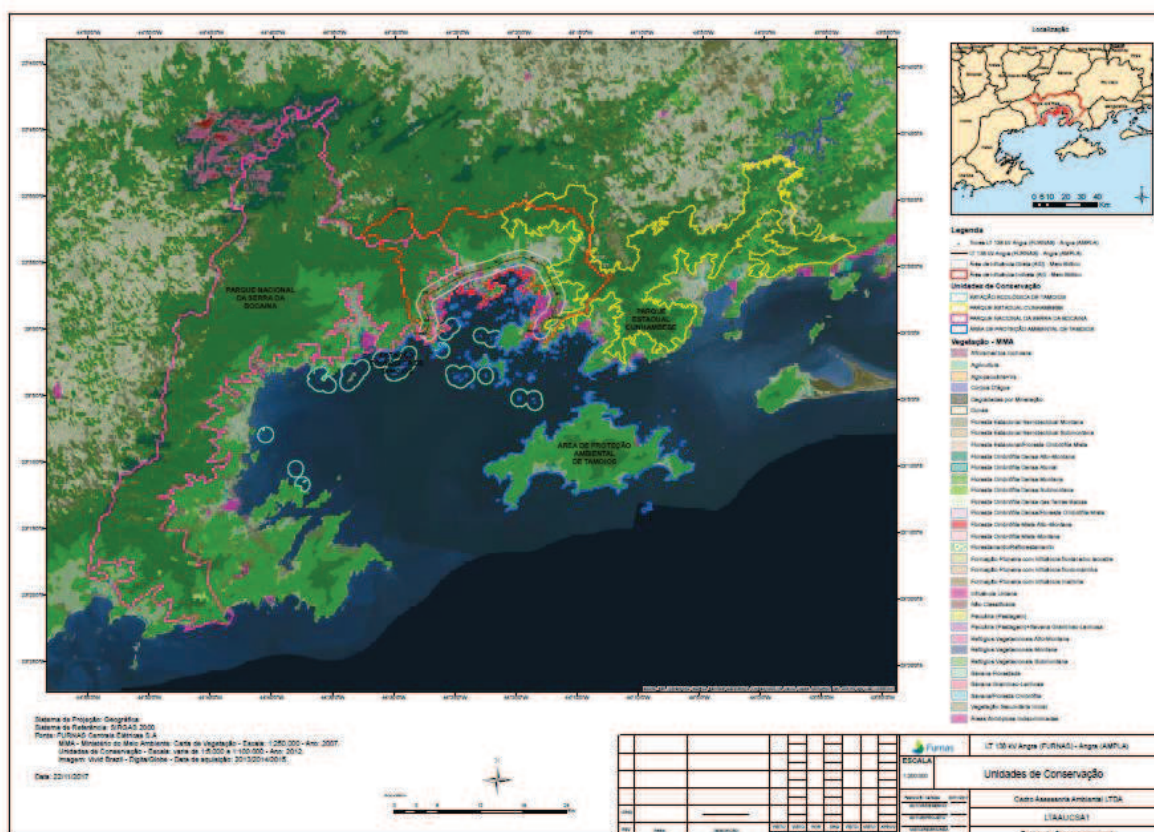
**Figura 80** - Ilustração do Mapa de Uso e Ocupação do Solo da LT 138 kV Angra (FURNAS) - Angra (Enel).

**Tabela 32** - Classes do Uso do solo com suas respectivas áreas.

Classe de Uso	Área (ha)	%
Área aberta/descoberta	28,92	0,41%
Agricultura	20,46	0,29%
Água	106,58	1,51%
Asfalto/cimento	4,08	0,06%
Banhado	2,25	0,03%
Área urbana/edificação	781,42	11,11%
Grama	33,34	0,47%

Classe de Uso	Área (ha)	%
Herbácea	188,24	2,68%
Área industrial	53,40	0,76%
Mangue	216,83	3,08%
FOD Estágio Médio/Avançado	3.866,23	54,95%
Pastagem	1.161,11	16,50%
FOD Estágio Inicial	530,61	7,54%
Reflorestamento	9,11	0,13%
Rodovia	33,94	0,48%
<b>Total</b>	<b>7.036,53</b>	<b>100,00%</b>

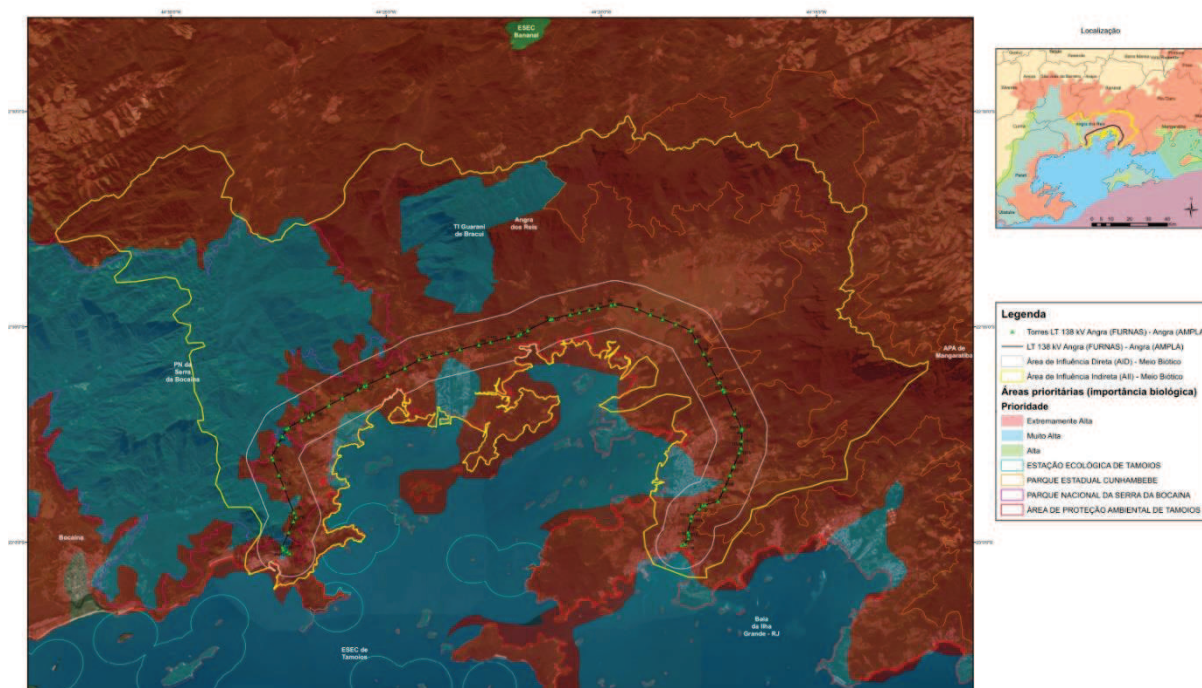
A dominância da classe de Floresta Ombrófila Densa Estágio Médio/Avançado (Tabela 32) na área de inserção do empreendimento é o reflexo da existência de Unidades de Conservação, em especial: Parque Nacional da Serra da Bocaina (onde estão localizadas as torres 121, 122, 123, 125, 129, 130, 131 e 132) e Parque Estadual Cunhambebe (torres 81, 82 e 83) (Figura 81).



**Figura 81** - Ilustração do Mapa de Unidades de Conservação da LT 138 kV Angra (FURNAS) - Angra (Enel).

Além das Unidades de Conservação já implantadas, o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007) elenca as áreas prioritárias para conservação, áreas essas que poderão ser criadas novas unidades de conservação, ou mesmo as existentes

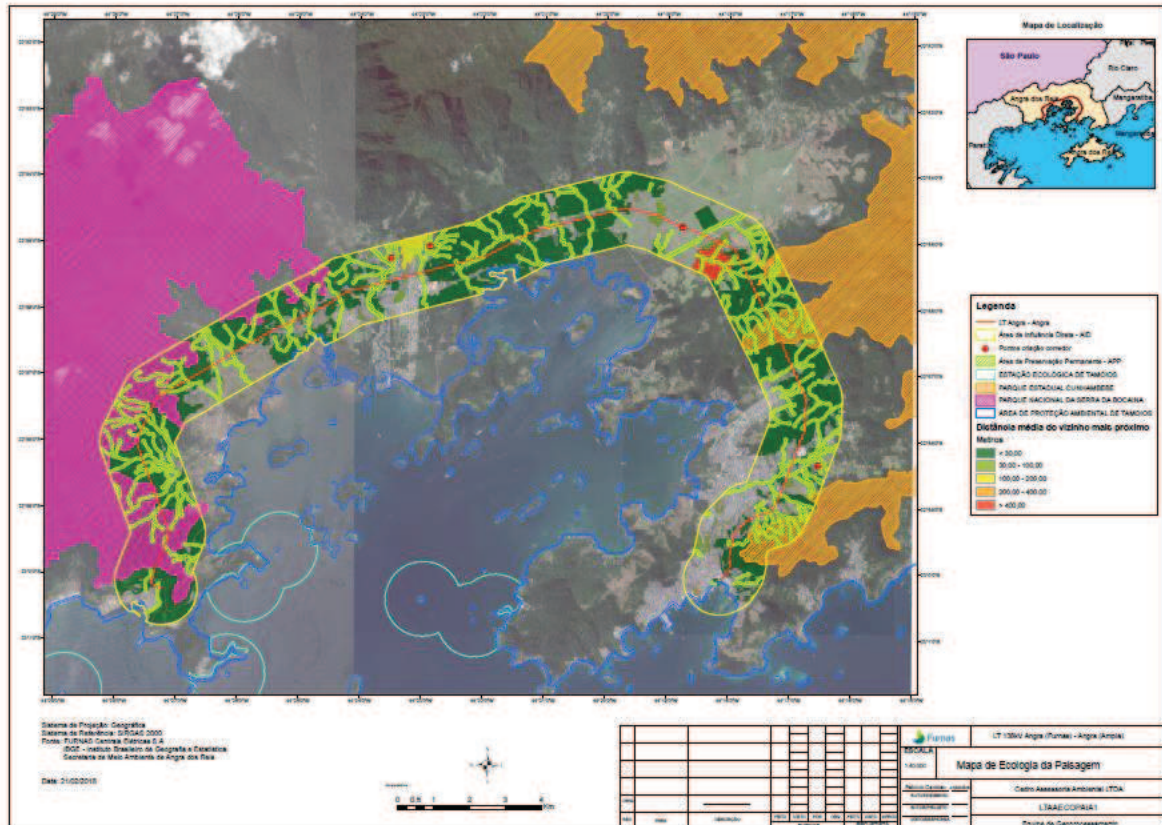
terem suas áreas ampliadas, visando dessa forma um aumento de áreas protegidas salvaguardando a conservação de espécies e sítios reprodutivos (Figura 82).



**Figura 82** – Ilustração das Áreas Prioritárias para Conservação na área de inserção da LT 138 kV Angra (FURNAS) - Angra (Enel).

De acordo com a avaliação e caracterização da paisagem de inserção da LT 138 kV Angra (FURNAS) - Angra (Enel) observa-se uma significativa quantidade de Áreas de Preservação Permanente (APP), sendo em sua maioria em áreas conservadas em termos vegetacionais. Em termos quantitativos as APP ocupam uma área de 11,86 ha dentro da Área Diretamente Afetada (ADA), representando 13,95% da área total da ADA.

Contudo, o estudo de ecologia da paisagem permitiu apontar pontos de fragilidade em termos de conectividade, pontos esses que são recomendados para compensação da supressão de vegetação necessária para implantação do empreendimento (Figura 83).



**Figura 83** - Ilustração do Mapa de Ecologia de Paisagem com indicação das áreas recomendadas para compensação florestal

### 6.3.2. Flora

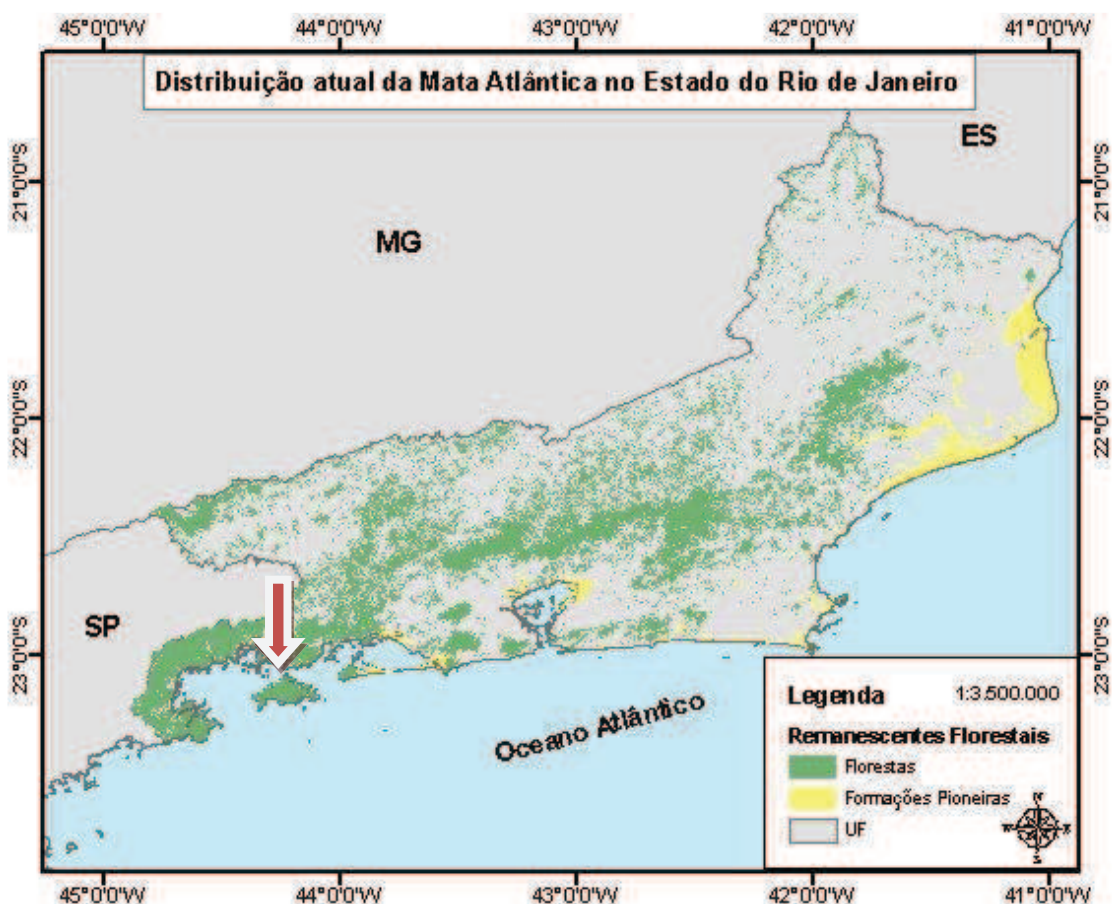
#### 6.3.2.1. Introdução

A Região Sul Fluminense (também chamada de Costa Verde e onde projeta-se o empreendimento), localizada na Serra do Mar, inclui o maior bloco de remanescente de Mata Atlântica, nele estão concentrados três dos quatro principais centros de endemismo prioritizados para a conservação, abrangendo áreas florestadas nos municípios de Angra do Reis, Paraty, Mangaratiba, Rio Claro e Ilha da Marambaia (Rocha et al. 2003, Aguiar 2005).

O Estado do Rio de Janeiro encontra-se totalmente inserido no bioma Mata Atlântica, apresentando um total de 30,6% da cobertura vegetal nativa, em diferentes estágios sucessionais, dos quais quase 27% são florestas (PROBIO, 2006)

Estendendo-se do litoral ao interior, localiza-se entre 41°W e 45°W de longitude e a 20°S e 23°S de latitude. O relevo do Estado é caracterizado por dois grandes domínios: as terras altas e as baixadas. Fazem parte das terras altas o Planalto de Itatiaia e inúmeras serras, como a dos Órgãos e a da Bocaina, cujos pontos culminantes são Agulhas Negras com 2.791,55m, Pedra dos Três Picos com 2.310m e Pico do Macela com 1.840m, nos Municípios de Itatiaia, Teresópolis/Nova Friburgo e Parati, respectivamente (CIDE, 2008).

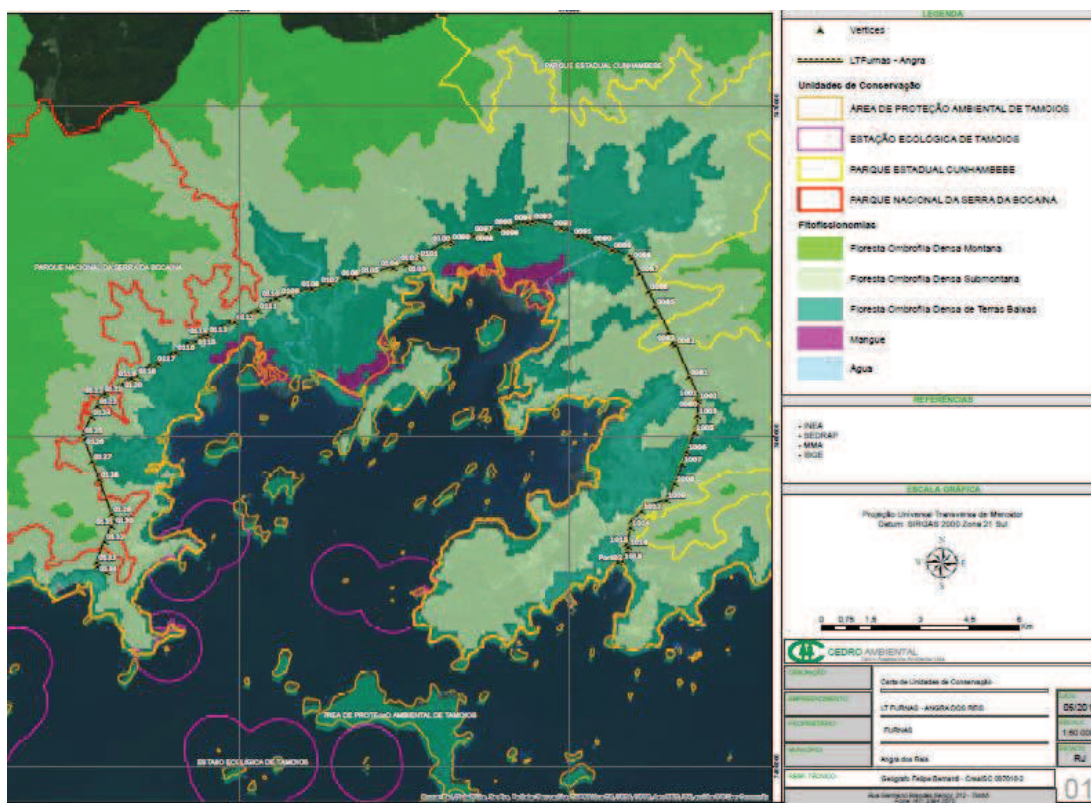
Encontram-se nas terras altas, sobretudo nas áreas de relevo mais acidentado, os mais expressivos remanescentes da Mata Atlântica, assim como as maiores evidências de regeneração natural desta floresta. A Figura 84 ilustra a localização do empreendimento e dos remanescentes de vegetação de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro.



**Figura 84** - Remanescentes florestais e formações pioneiras no estado do Rio de Janeiro. A seta indica a localização aproximada do empreendimento (Fonte: Gomes et. al 2009).

De acordo com o mapa das fisionomias vegetais encontradas no Rio de Janeiro, no local do empreendimento a vegetação pertence originalmente às

fisionomias Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, conforme Figura 85 e mapa no caderno de mapas, em anexo.



**Figura 85** - Fisionomias vegetais na área do empreendimento.

De acordo com estudos analisados, além da fisionomia representada pela Floresta Ombrófila Densa (FOD), a AID do empreendimento é abrangida por remanescentes de mangue. No Estado do Rio de Janeiro, as áreas mais extensas de manguezal são a foz do rio Paraíba do Sul e as baías de Guanabara, Sepetiba e Angra dos Reis (FEEMA 1980; Menezes et al. 2000). No Estado, onde o manguezal ocupa área de aproximadamente 16.000km<sup>2</sup> (Kjerfve & Lacerda 1993), ocorrem as espécies típicas, tais como: *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*.

No entanto, as florestas que originalmente cobriam a AID do empreendimento encontram-se bastante fragmentas e descaracterizadas. Atualmente predomina a formação secundária, ou seja, trata-se de uma vegetação que surge após ocorrer corte raso ou alguma agressão que dizime a floresta primária, onde hoje grande parte encontra-se nos estádios médio e avançado de regeneração.

### 6.3.2.2. Caracterização da Vegetação da ADA e AID

Visando subsidiar tecnicamente este processo de licenciamento ambiental, foi elaborado um diagnóstico da vegetação, sendo que os objetivos foram:

- Identificar e caracterizar as formações vegetais da Área Diretamente Afetada (ADA) e na Área de Influência Direta (AID);
- Realizar o levantamento quantitativo para as espécies arbóreas e caracterizar quanto ao estágio sucessional;
- Levantamento florístico das fisionomias registradas na ADA e AID;
- Apontar as espécies bioindicadoras, de importância ecológica, raras, ameaçadas de extinção; de valor econômico, medicinal, alimentício e ornamental;
- Analisar os principais impactos decorrentes da reconstrução do empreendimento;
- Propor medidas mitigatórias e compensatórias correspondentes.

### Metodologia

Visando organizar as informações levantadas em campo, o estudo está dividido em: levantamento qualitativo e levantamento quantitativo. A metodologia utilizada no levantamento qualitativo consiste na caracterização da vegetação por meio do método de caminhamento (modificado/adaptado de Filgueiras et al., 1994), onde percorreu-se estradas, caminhos, trilhas, pastagens, margens de cursos hídricos e áreas de floresta, realizando-se levantamentos expeditos, com identificação visual das principais comunidades fito-fisionômicas e registro fotográfico das mesmas.

O levantamento quantitativo foi realizado através da instalação de 11 unidades amostrais ao longo da AID do empreendimento, sempre próximo do eixo da LT (**Tabela 33** e Figura 88). A seleção das unidades amostrais levou em consideração a presença de diferentes fisionomias vegetais na AID. As Unidades Amostrais possuem forma quadrada, com dimensões de 10 x 10 m, totalizando 100 m<sup>2</sup> cada. Deste modo, foi amostrada uma área total de 1.100,00 m<sup>2</sup>. Para a sua instalação, foi esticada uma trena de 10 m sobre o solo, e em seguida foram medidos 5 m para



cada lado da trena, formando quatro pontos em cada unidade amostral, sendo que estes foram marcados com fita zebraada (amarelo/preto). No indivíduo que marca o início da unidade amostral foi colocada uma plaqueta com a identificação da unidade amostral, conforme ilustram as Figura 86 e Figura 87.



**Figura 86:** Identificação das unidades amostrais.



**Figura 87:** Identificação das unidades amostrais.

**Tabela 33 -** Coordenadas das 11 Unidades Amostrais.

Unidade Amostral	Coordenadas (WGS84)	Altitude (m)	Fisionomia Vegetal
1	22° 55.650'S; 44° 23.854'W	10	FOD Terras Baixas
2	22° 55.540'S; 44° 23.271'W	35	FOD Submontana
3	22° 55.373'S; 44° 22.576'W	154	FOD Submontana
4	22° 54.973'S; 44° 21.525'W	39	FOD Submontana
5	22° 54.429'S; 44° 19.856'W	12	FOD Terras Baixas
6	22° 56.018'S; 44° 17.515'W	48	
7	22° 59.911'S; 44° 17.967'W	107	FOD Submontana
8	23° 0.025'S; 44° 27.400'W	140	FOD Submontana

Unidade Amostral	Coordenadas (WGS84)	Altitude (m)	Fisionomia Vegetal
9	22° 59.461'S; 44° 27.278'W	430	FOD Submontana
10	22° 56.433'S; 44° 25.648'W	41	FOD Submontana
11	22° 54.444'S; 44° 18.347'W	13	FOD Terras Baixas



**Figura 88** – Localização das unidades amostrais ao longo do traçado da LT.

As variáveis coletadas foram CAP (Circunferência à Altura do Peito), a altura total e a identificação da espécie. O CAP foi medido a 1,30m de altura do solo com auxílio de fita métrica (cm). O valor de CAP mínimo de inclusão foi igual a 12,0 cm (DAP 3,8 cm). A altura total, em metros, foi obtida utilizando-se uma trena a laser da marca Bosch. A identificação das espécies inventariadas ocorreu em campo, porém, para melhor identificação das mesmas, o material duvidoso de identificação ou desconhecido, foi coletado e posteriormente identificado com o auxílio da bibliografia.

As fórmulas utilizadas para os cálculos foram retiradas do livro Inventário Florestal (Pellico Netto e Brena, 1997) e seguem abaixo.

$$\text{Área basal (m}^2\text{)} = (\pi * \text{DAP}^2) / 40000$$

Sendo:

$\pi = 3,14$

DAP = Diâmetro a altura do peito (cm).

**Volume total (m<sup>3</sup>):  $VT = AB * H * FF$**

Sendo:

AB = Área Basal em m<sup>2</sup>;

H = Altura total em m;

Foi utilizada a equação do volume cilíndrico multiplicada por um fator de forma. De acordo com Soares (2011), o volume de uma árvore, com ou sem casca, pode ser estimado multiplicando-se o volume do cilindro, definido pelo DAP e pela altura total da árvore, por um fator de forma médio (FF) com ou sem casca. Para este trabalho adotou-se um fator de forma igual a 0,6.

Importante ressaltar que o empreendimento já se encontra instalado, sendo que haverá a troca parcial das torres e a troca total dos cabos. No entanto, a faixa de domínio da LT já existe e é realizada a manutenção e limpeza da mesma. Haverá necessidade de supressão de vegetação para a implantação do empreendimento, provavelmente, nas áreas de torres, faixa de serviço, praças de lançamento de cabos e abertura/manutenção de acessos.

Para a caracterização dos diferentes estágios sucessionais de regeneração da vegetação secundária da Floresta Ombrófila Densa no Estado do Rio de Janeiro foram utilizadas as terminologias ditadas pela Resolução CONAMA nº 06/1994 referentes aos estágios inicial, médio e avançado, identificados com base na análise da estrutura vegetacional e composição florística.

Para a classificação das angiospermas utilizou-se o sistema APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group IV, 2016) e para a escrita correta dos nomes científicos utilizou-se como base o site do herbário do Missouri Botanical Garden ([www.tropicos.org](http://www.tropicos.org)). Para auxiliar na designação de espécies nativas e exóticas do Brasil utilizou-se a Lista de Espécies da Flora do Brasil, onde constam a origem e endemismo das espécies ([www.floradobrasil.jbrj.gov.br](http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br)) e a lista do CONSEMA (2012).

Através deste levantamento quantitativo e qualitativo foi elaborada uma lista cumulativa das espécies vegetais presentes na ADA e AID, contendo o status de ameaça, seguindo as diretrizes da Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

(IUCN), Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES).

### **Resultados do levantamento qualitativo**

A AID da LT encontra-se bastante antropizada e urbanizada, sendo que o traçado da LT localiza-se principalmente na borda dos fragmentos da Serra da Bocaína, abrangendo também a Estação Ecológica de Tamoios, a APA de Tamoios e o parque Estadual Cunhambebe. Além disso, a AID da LT é abrangida pela rodovia BR 101, que é a principal via de acesso ao município e que possui tráfego intenso de veículos.

Em paralelo com o traçado da LT Angra (FURNAS) – Angra (Enel), objeto deste estudo, há ainda outras linhas de transmissão. Oportuno registrar que a LT Angra (FURNAS) – Angra (Enel), atravessa trechos da borda de duas Unidades de Conservação. O trecho compreendido entre as torres 0133 e 0121 abrange parcialmente uma porção representada pela borda do Parque Nacional da Serra da Bocaína e, o trecho entre as torres 0082 e 0084 abrange uma ponta do Parque Estadual do Cunhambebe.

A floresta nativa presente ao longo do traçado da LT pertence originalmente à formação Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. Mais distante do traçado, mas ainda na AID, observam-se remanescentes de mangue. A vegetação encontrada ao longo da ADA e AID do empreendimento encontra-se bastante alterada quando comparada com suas condições originais, estando sujeita a diversos impactos negativos, como a proximidade com as áreas urbanizadas, presença de gado, presença de espécies vegetais exóticas, extração ilegal de palmito (*Euterpe edulis*), despejo de resíduos e fragmentação.

Nos locais onde originalmente havia Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, hoje o que se observa principalmente são pastagens ou áreas urbanizadas/antropizadas, havendo poucos resquícios dessa formação na AID do empreendimento. As Figura 89 à Figura 137 ilustram as diferentes fisionomias verificadas na AID.



**Figura 89** – Vista de um trecho da BR 101.



**Figura 90** - Vista de um trecho da BR 101.



**Figura 91** - Vista de um trecho da BR 101 e área urbana no entorno.



**Figura 92** – Vista geral do Morro do Tatu, área urbana inserida na AID.



**Figura 93** – Subestação da Enel, localizada no Centro de Angra dos Reis.



**Figura 94** – Vista parcial da LT e da subestação da Enel, localizada no Centro



**Figura 95** - Vista de um trecho da BR 101 e área urbana no entorno.



**Figura 96** - Vista parcial da LT e do Centro de Angra dos Reis.



**Figura 97** - Subestação Angra, localizada próximo da Usina Nuclear.



**Figura 98** - Vista parcial da LT próximo da subestação Angra.



**Figura 99** - Presença de gado e fragmentação da vegetação na AID.



**Figura 100** - Presença de pinus em meio à remanescentes de floresta nativa de Angra dos Reis.



**Figura 101** - Presença de gado na AID.



**Figura 102** - Presença de gado na AID.



**Figura 103** - Presença de gado na AID.



**Figura 104** – Lagos artificiais e cultivo de espécies exóticas (banana) na AID.



**Figura 105** – Presença de estrada em meio ao fragmento de vegetação nativa e despejo de lixo/entulho.



**Figura 106** - Presença de estrada em meio ao fragmento de vegetação nativa e despejo de lixo/entulho.





**Figura 107** – Vista parcial do traçado da LT Angra-Angra (à esquerda – seta) e das outras LTs (à direita), com faixa de domínio implantada e roçada.



**Figura 108** – Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 109** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 110** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 111** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 112** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 113** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 114** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 115** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 116** - Vista parcial do traçado da LT, denotando a ausência de floresta nativa na APP do rio.



**Figura 117** - Vista parcial do traçado da LT, com uma vegetação rala ao longo da APP do rio.



**Figura 118** – Vista parcial de um remanescente de FOD de Terras Baixas na AID.



**Figura 119** - Vista parcial de um trecho onde originalmente havia FOD de Terras Baixas na AID (perto da torre 91).



**Figura 120** - Vista parcial do traçado da LT.



**Figura 121** - Vista parcial do traçado da LT, com vista para a torre 95.



**Figura 122** - Vista parcial do traçado da LT, com vista para a torre 80.



**Figura 123** - Vista parcial do traçado da LT, com vista para a torre 92.



**Figura 124** - Vista parcial do traçado da LT, com vista para a torre 118.



**Figura 125** - Vista parcial do traçado da LT, próximo da torre 98.



**Figura 126** - Vista parcial do traçado da LT, com acessos já existentes até as torres.



**Figura 127** - Vista parcial do traçado da LT, com faixa de domínio implantada.



**Figura 128** - Vista parcial do traçado da LT, próximo das torres 82 e 83.



**Figura 129** - Vista parcial do traçado da LT, próximo das torres 80 e 81.



**Figura 130** - Vista parcial do traçado da LT, próximo da torre 107.



**Figura 131** - Vista parcial do traçado da LT, próximo da torre 108.



**Figura 132** - Vista parcial do traçado da LT, com vista para as torres 108, 109 e 110.



**Figura 133** - Vista parcial do traçado da LT, próximo da torre 117.



**Figura 134** - Vista parcial do traçado da LT, próximo da torre 89.



**Figura 135** - Vista parcial do traçado da LT, próximo da torre 111.



**Figura 136** - Vista parcial do traçado da LT, entre a torre 92-93.



**Figura 137** - Vista parcial do traçado da LT, entre a torre 84-85.

Através dos resultados obtidos não foi possível observar uma diferença significativa na floresta que está localizada nas porções mais baixas do terreno, ou seja, não há uma diferença marcante entre as áreas com ocorrência de FOD de Terras Baixas e FOD Submontana. Conforme já mencionado, os locais onde originalmente eram cobertos por FOD de Terras Baixas, o que predomina atualmente são pastagens, havendo poucos remanescentes dessa formação, sendo que estes encontram-se muito alterados.

Inclusive, não foram observados indivíduos de olandi (*Calophyllum brasiliense*), que é uma espécie característica da FOD de Terras Baixas. Os remanescentes localizados nas cotas mais baixas têm o acesso facilitado quando comparado com os fragmentos localizados nas cotas mais elevadas e íngremes, o

que favorece a exploração e ocupação. No entanto, observam-se diferenças na composição da vegetação quando as cotas são mais elevadas e o terreno mais íngreme, acima de 300 m. Desta maneira, a descrição das fisionomias vegetais leva em consideração essas diferenças altitudinais.

A vegetação nativa presente ao longo da ADA e AID apresenta características de estágios inicial, médio e avançado de regeneração, ou seja, é uma floresta secundária. A presença de fragmentos com uma vegetação mais conservada, caracterizando um estágio avançado de regeneração foi pouco observado, estando mais restrito aos locais de difícil acesso, sendo que na maioria dos locais verifica-se uma vegetação em estágio médio de regeneração ou ainda pode-se constatar uma transição entre estes estágios regenerativos.

Os estágios sucessionais são tentativas de categorização das fases do processo da sucessão secundária e se orientam, basicamente, no processo de modificação da composição de espécies e da estrutura do ecossistema que ocorre ao longo do tempo, em uma determinada área (Odum 1988). Segundo as terminologias da Resolução CONAMA nº 06/1994 (CONAMA, 1994) e outros autores, pode-se segregar a vegetação secundária em:

1. Estágio Inicial de regeneração – também chamado de estágio pioneiro, secundário inicial e capoeirinha (Klein 1980), ou dos arbustos e arvoretas (Siminski et al. 2011). A vegetação é dominada por arbustos e ervas e se alguma árvore existir, esta é preexistente ao abandono da área. A comunidade de plantas lenhosas apresenta pequeno diâmetro e altura média, sendo que o diâmetro médio apresenta baixo coeficiente de variação (Clark 1996). Área basal por hectare com valores baixos (Siminski 2009). Em geral, pequeno número de espécies lenhosas, baixa complexidade da estrutura da vegetação, ou seja, com poucas sinúsias (IBGE 1992), epífitos vasculares ausentes ou raros, trepadeiras herbáceas, serapilheira formando fina camada.

A Resolução CONAMA 06/1994 define o estágio inicial como:

a) fisionomia herbáceo/arbustiva, cobertura aberta ou fechada, com a presença de espécies predominantemente heliófitas; plantas lenhosas, quando ocorrem, apresentam DAP médio de 5 cm e altura média de até 5 m;

- b) os indivíduos lenhosos ocorrentes pertencem a, no máximo, 20 espécies botânicas por hectare;
- c) as espécies são de crescimento rápido e ciclo biológico curto;
- d) a idade da comunidade varia de 0 a 10 anos;
- e) a área basal média é de 0 a 10 m<sup>2</sup>/ha;
- f) epífitas raras, podendo ocorrer trepadeiras;
- g) ausência de subosque;
- h) serapilheira, quando existente, forma uma camada fina pouco decomposta, contínua ou não.

2. Estágio Médio de Regeneração – também chamado de capoeira (Klein 1980), secundário inicial (Clark 1996), arbóreo pioneiro (Siminski et al. 2011). Na vegetação, predominam arvoretas e arbustos, sobre as herbáceas e se alguma árvore com maior porte existir, esta é preexistente ao abandono da área. A comunidade de plantas lenhosas apresenta pequeno diâmetro e altura média, mas os valores são superiores ao do estágio inicial, sendo que o diâmetro médio apresenta ainda baixo coeficiente de variação (Clark 1996). Área basal por hectare com valores médios (Siminski 2009). Domínio de espécies lenhosas, apesar do aumento, ainda é restrita à complexidade da estrutura da vegetação, ou seja, com poucas sinúsias (IBGE 1992), epífitos vasculares presentes em maior número que no estágio inicial, trepadeiras lenhosas com pequeno diâmetro, serapilheira presente variando de espessura.

A Resolução CONAMA 06/1994 define o estágio médio como:

- a) fisionomia arbustivo/arbórea, cobertura fechada com início de diferenciação em estratos e surgimento de espécies de sombra;
- b) as espécies lenhosas, por sombreamento, eliminam as componentes herbáceas ou de pequeno porte do estágio inicial;
- c) as árvores têm DAP médio variando de 10 a 20 cm, altura média variando de 5 até 12 m e idade entre 11 e 25 anos;
- d) sempre existe uma serapilheira, na qual há sempre muitas plântulas;
- e) a área basal média varia de 10 a 28 m<sup>2</sup>/ha;



f) muitas das árvores do estágio inicial podem permanecer, porém mais grossas e mais altas;

g) subosque presente;

h) trepadeiras, quando presentes são predominantemente lenhosas.

3. Estágio Avançado de Regeneração – também chamado de capoeirão e mata secundária (Klein 1980) e secundário avançado (Clark 1996), arbóreo avançado (Siminski et al. 2011). Na vegetação predominam árvores sobre as arvoretas e arbustos; as herbáceas são em menor quantidade e estas especializadas na condição de sombra. A comunidade de plantas lenhosas apresenta diâmetro e altura elevados, mas o diâmetro médio apresenta intermediário coeficiente de variação (Clark 1996). Área basal por hectare com valores elevados (Siminski 2009). Domínio de espécies lenhosas, com grande complexidade da estrutura da vegetação, ou seja, com várias sinúsias (IBGE 1992), epífitos vasculares presentes em abundância, trepadeiras lenhosas bem desenvolvidas, serapilheira presente e espessa.

A Resolução CONAMA 06/1994 define o estágio avançado como:

a) fisionomia arbórea, cobertura fechada formando um dossel relativamente uniforme no porte, podendo apresentar árvores emergentes com subosque já diferenciado em um ou mais estratos formados por espécies esciófilas;

b) grande variedade de espécies lenhosas com DAP médio 20 cm e altura superior a 20 m;

c) comunidade com idade acima de 25 anos;

d) há cipós, trepadeiras e abundância de epífitas;

e) a área basal média é superior a 28 m<sup>2</sup>/ha;

f) serapilheira sempre presente, com intensa decomposição;

g) as espécies arbóreas podem ser remanescentes do estágio médio acrescidas de outras que caracterizam esse estágio.

No entanto, a vegetação nativa, aqui representada pela Floresta Ombrófila Densa Submontana, possui uma elevada heterogeneidade estrutural – de tamanhos e composição específica das comunidades florestais secundárias, resultado da

influência, muitas vezes cumulativa, de uma série de perturbações antropogênicas e naturais na vegetação.

A composição florística da Floresta Ombrófila Densa é muito variada; é possível detectar padrões de vegetação distintos e grande heterogeneidade que ocorrem principalmente em função do clima e tipos de solo, que assumem proeminente valor entre os fatores determinantes de sua distribuição.

Diante disto, no presente estudo encontrou-se dificuldades em categorizar e separar a ocorrência do estágio médio e avançado ao longo da área de estudo, visto que as características destes dois estágios sucessionais se misturam e ocorrem ao longo de grande parte da área de estudo.

No entanto, na área de estudo verificam-se diferentes fisionomias/agrupamentos vegetais, sendo estas condicionadas principalmente pela posição em que se encontra ao longo da encosta. A vegetação que se encontra nas partes baixas do terreno e no início das encostas apresenta características distintas da vegetação que está localizada nas porções mais elevadas das encostas.

Desta maneira, para melhor caracterizar a ADA e a AID do empreendimento, optou-se em fazer uma descrição para as áreas da seguinte forma:

- ✓ floresta nativa nos estágios médio/avançado de regeneração que estão nas cotas mais baixas;
- ✓ floresta nativa nos estágios médio/avançado de regeneração que estão nas encostas e topos de morro;
- ✓ vegetação nativa em estágio inicial de regeneração / capoeirinha;
- ✓ manguezal.

#### **A) Floresta Nativa nos estágios médio/avançado de regeneração que estão nas cotas mais baixas**

Os resultados obtidos no levantamento quantitativo (descritos adiante neste capítulo), enquadram a vegetação amostrada no estágio médio de regeneração, onde obteve-se um DAP médio de 11,6 cm e altura total média de 5,68 m, conforme terminologias da Resolução do CONAMA 06/94. Estes resultados corroboram com a fisionomia que predomina nestes ambientes. No entanto, pode-se observar locais

mais preservados, com diferentes sinúcias e com indivíduos arbóreos emergentes (de grande porte), além de grande quantidade e diversidade de epífitos.

De modo geral, pode-se observar pelo menos três estratos ao longo dos remanescentes com floresta nativa, sendo a sinúcia das arbóreas (com altura girando em torno de 10m), das arvoretas (sub-bosque) e das herbáceas. Nos locais mais conservados observam-se indivíduos emergentes que ultrapassam 15 m.

Na sinúcia arbórea as espécies de maior destaque foram *Hieronyma alchorneoides* (licurana), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré), *Tapirira guianensis* (cupiúva), *Guapira opposita* (maria-mole), *Sparattosperma leucanthum* (caroba-branca), *Nectandra membranacea* (canela), *Alchornea glandulosa* (tanheiro), *Senna multijuga* (cássia-multijuga), *Citharexylum myrianthum* (tucaneira).

No sub-bosque da floresta as espécies mais comuns foram *Euterpe edulis* (palmiteiro), *Mollinedia schottiana* (pimenteira), *Guarea guidonia* (carrapeta), *Siparuna guianensis* (negramina), *Piper arboreum* (pariparoba), *Psychotria suterella* (pimenteira-do-mato), *Psychotria nuda* (grandiúva-d'anta) e *Miconia prasina* (pixirica). A presença de *Euterpe edulis* varia ao longo da AID do empreendimento, sendo que em alguns trechos verifica-se um maior adensamento de indivíduos, já em outros poucos indivíduos.

As espécies predominantes no estrato herbáceo variaram conforme as condições do ambiente. Em alguns locais registrou-se o predomínio de caetés (*Heliconia farinosa* e *Ctenanthe compressa*). É comum a presença de espécies regenerantes do componente arbóreo-arbustivo. Foram comumente observadas neste ambiente espécies de pteridófitas (principalmente *Ctenitis submarginalis*). Nos locais mais úmidos, geralmente próximo à cursos hídricos verifica-se o predomínio das espécies exóticas *Hedychium coronarium* (lírio-do-brejo) e *Musa* spp. (banana), geralmente associadas ainda com os caetés (*Heliconia farinosa* e *Ctenanthe compressa*).

Com relação ao componente epifítico e hemiepifítico, observou-se a presença de muitas espécies pertencentes à várias famílias botânicas. As espécies mais comumente observadas ao longo dos diferentes ambientes na AID foram as bromeliáceas (Figura 138 à Figura 181) *Neoregelia cruenta*, *Aechmea nudicaulis*, *Nidularium innocentii*, *Tillandsia stricta* e a Araceae *Monstera adansonii*. A maior

quantidade e a diversidade de espécies são visualmente registradas próximas aos cursos hídricos ou sobre indivíduos arbóreos mais antigos.



**Figura 138** - Vista geral da vegetação na AID.



**Figura 139** - Vista geral da vegetação na AID.



**Figura 140** - Vista geral da vegetação na AID.



**Figura 141** - Vista da vegetação margeando um dos acessos às torres.



**Figura 142** - Vista da vegetação margeando um dos acessos às torres.