



4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	1
4.1. MEIO FÍSICO	1
4.1.1. Caracterização Climática.....	1
4.1.2. Recursos Hídricos	24
4.1.3. Geologia.....	64
4.1.4. Caracterização Geotécnica	91
4.1.5. Sismicidade.....	97
4.1.6. Geomorfologia.....	129
4.1.7. Pedologia	139
4.1.8. Recursos Minerais.....	163
4.2. MEIO BIÓTICO	153
4.2.1. Introdução	153
4.2.2. Ecossistemas Aquáticos.....	153
4.2.3. Ecossistemas Terrestres.....	166
4.3. MEIO ANTRÓPICO.....	184
4.3.1. Dados Gerais da Área de Influência Indireta	185
4.3.2. Uso e Ocupação do Solo (ver Mapa Temático em anexo)	186
4.3.3. Dinâmica Populacional.....	190
4.3.4. Atividades Econômicas.....	192
4.3.5. Infra-Estrutura Urbana e Social	197
4.4. SÍNTESE PRELIMINAR DA QUALIDADE AMBIENTAL.....	216
4.4.1. Qualidade das Águas.....	216
4.4.2. Qualidade do Ar	225
4.4.3. Monitoramento Ambiental - Programas Pré-Operacional e Operacional.....	227
4.4.4. Avaliação Preliminar dos Efeitos Ambientais da FEC-I.....	264
5. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	1
5.1 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	4
5.1.1. Termo-Fonte.....	8
5.1.2. Estudo de Dispersão, Transporte e Deposição	11
5.1.3. CÁLCULO DE DOSE - CAP88.....	40
5.2. EFLUENTES LÍQUIDOS	50
5.2.1. Considerações Gerais	50
5.2.2. Termo-Fonte.....	50
5.2.3. Avaliação do Descarte no sistema do médio Paraíba do Sul.....	51
5.2.4. Bases da Avaliação de Possíveis Impactos na Represa do Funil.....	53
5.2.5. Dose Efetiva Total.....	60
5.3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	61
5.3.1. Meio Físico.....	61
5.3.2. Meio Biótico	68
5.3.3. Meio Antrópico.....	70



Figura 4.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS.....	3
Figura 4.2 PRECIPITAÇÃO - NORMAIS MENSAIS	5
Figura 4.3 PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS	8
Figura 4.4 GRÁFICOS DE BALANÇO HÍDRICO	14
Figura 4.5 ROSA DOS VENTOS	17
Figura 4.6 ROSA DOS VENTOS	17
Figura 4.7 ROSA DOS VENTOS	18
Figura 4.8 ROSA DOS VENTOS	18
Figura 4.9 ROSA DOS VENTOS	19
Figura 4.10 ROSA DOS VENTOS	19
Figura 4.11 BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL	26
Figura 4.12 HIDROGRAFIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA.....	28
Figura 4.13 RESERVATÓRIO DO FUNIL.....	31
Figura 4.14 LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA EM ITATIAIA	48
Figura 4.15 LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA EM RESENDE.....	50
Figura 4.16 MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DE RESENDE E ARREDORES.....	57
Figura 4.17 MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS DOMÍNIOS ESTRUTURAIS E DE CLASSIFICAÇÃO TECTÔNICA DOS GRANITÓIDES	65
Figura 4.18 GEOLOGIA DA ÁREA DA BACIA DE RESENDE.....	68
Figura 4.19 COLUNA ESTRATIGRÁFICA PARA O QUATERNÁRIO DO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL.....	71
Figura 4.20 ESTRUTURAS ASSOCIADAS A BORDA SW DA BACIA DE RESENDE.....	73
Figura 4.21 MAPA DE LINEAMENTOS INTERPRETADOS DE MOSAICO DE RADAR.....	76
Figura 4.22 SISTEMAS DE LINEAMENTO	80
Figura 4.23 MAPA GEOLÓGICO	84
Figura 4.24 PRINCIPAIS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ENTRE O MACIÇO DO ITATIAIA E O RIO PARAÍBA DO SUL.....	86
Figura 4.25 SEÇÃO TRANSVERSAL DO SUBSOLO-BARRAGEM AUXILIAR DE NHANGAPI.....	94
Figura 4.26 PLANTA DE SITUAÇÃO - BARRAGEM AUXILIAR DE NHANGAPI	95
Figura 4.27 SEÇÕES SUBSOLO - BARRAGEM AUXILIAR DE NHANGAPI	96
Figura 4.28 MAPA DE ISOSSISTAS	103
Figura 4.29 MAPA DE EPICENTROS E ÁREA AFETADAS PELOS SISMOS.....	103
Figura 4.30 MAPA DE ZONAS SISMOGÊNICAS.....	105
Figura 4.31 EPICENTROS COM DADOS MACROSSÍSMICOS E INSTRUMENTAIS.....	105
Figura 4.32 SISMOTECTÔNICO DA REGIÃO SUDESTE.....	107
Figura 4.33 SISMICIDADE	110
Figura 4.34 SISMICIDADE	111
Figura 4.35 SISMICIDADE	112
Figura 4.36 SISMICIDADE	113
Figura 4.37 SISMICIDADE	114
Figura 4.38 SISMICIDADE	115
Figura 4.39 SISMICIDADE	116
Figura 4.40 SISMICIDADE	117
Figura 4.41 SISMICIDADE	118
Figura 4.42 SISMICIDADE	119
Figura 4.43 SISMICIDADE	120
Figura 4.44 SISMICIDADE	121
Figura 4.45 SISMICIDADE	122
Figura 4.46 SISMICIDADE	123
Figura 4.47 SISMICIDADE	124
Figura 4.48 SISMICIDADE	125
Figura 4.49 SISMICIDADE.....	126
Figura 4.50 SISMO DE MOGI-GUAÇU (SP)	127
Figura 4.51 SISMO DE CUNHA (SP).....	127
Figura 4.52 MAPA GEOMORFOLÓGICO - ANUÁRIO RJ - MAPA 10.....	132



Figura 4.53 MAPA DE SOLOS ANUÁRIO, MAPA 11	142
--	-----

Tabela 4.1 PRECIPITAÇÃO - NORMAIS MENSAIS E MÁXIMAS EM 24 HORAS	4
Tabela 4.2 MÉDIAS MENSAIS DE CHUVAS	6
Tabela 4.3 MÉDIAS MENSAIS DE CHUVAS	7
Tabela 4.4 TOTAL MENSAL DE CHUVAS, DIAS DE CHUVA, DÉFICIT E EXCESSO CHUVA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE RESENDE (1991-1996).....	9
Tabela 4.5 VALORES TOTAIS DE CHUVA EXTRAPOLADOS PARA OS ANOS DE 1992, 1993, 1994 E 1995 NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE RESENDE.....	11
Tabela 4.6 NORMAIS DE TEMPERATURAS MENSAIS E ANUAIS - (°C).....	11
Tabela 4.7 MÁXIMAS E MÍNIMAS ABSOLUTAS.....	12
Tabela 4.8 BALANÇO HÍDRICO MENSAL	13
Tabela 4.9 BALANÇO HÍDRICO MENSAL	13
Tabela 4.10 BALANÇO HÍDRICO MENSAL	14
Tabela 4.11 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO.....	16
Tabela 4.12 FREQUÊNCIA (%) TOTAL DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s).....	16
Tabela 4.13 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO.....	20
Tabela 4.14 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Diurno: 1986.....	21
Tabela 4.15 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Noturno: 1986.....	21
Tabela 4.16 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Diurno: 1987.....	22
Tabela 4.17 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Noturno: 1987.....	22
Tabela 4.18 NORMAIS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA, UMIDADE RELATIVA DO AR, NEBULOSIDADE, EVAPORAÇÃO E INSOLAÇÃO TOTAL	24
Tabela 4.19 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DO RESERVATÓRIO DO FUNIL.....	29
Tabela 4.20 REGIMES FLUVIAIS.....	34
Tabela 4.21 RESUMO DE MEDIÇÕES DE DESCARGA DO RIO PARAÍBA EM CRUZEIRO	35
Tabela 4.22 RESUMO DE MEDIÇÕES DE DESCARGA DO RIO PARAÍBA EM QUELUZ.....	40
Tabela 4.23 DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS - FUNIL (m ³ /s).....	46
Tabela 4.24 VAZÕES DO RIO PARAÍBA DO SUL EM ITATIAIA	49
Tabela 4.25 VAZÕES DO RIO PARAÍBA DO SUL EM RESENDE.....	51
Tabela 4.26 SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA DA BACIA	53
Tabela 4.27 DADOS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DA BACIA DE RESENDE E ARREDORES.....	56
Tabela 4.28 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS NO CRISTALINO	60
Tabela 4.29 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS NOS SEDIMENTOS	62
Tabela 4.30 DIREÇÕES DOS SISTEMAS DE LINEAMENTO	79
Tabela 4.31 TEORES DE U, Th, Nb,Zr, TiO ₂ e P ₂ O ₅ x UNIDADES MORFOLÓGICAS	88
Tabela 4.32 TEORES DE U, Th, Nb, Zr, Ti x GRANULOMETRIA.....	89
Tabela 4.33 ESCALA DE INTENSIDADE MERCALLI MODIFICADA VERSÃO 1956.....	99
Tabela 4.34 FENÔMENOS SÍSMICOS.....	109
Tabela 4.35 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	133
Tabela 4.36 NÍVEIS TAXONÔMICOS INFERIORES.....	133
Tabela 4.37 NÍVEIS TAXONÔMICOS INFERIORES.....	134
Tabela 4.38 MODELADOS DE DISSECAÇÃO	134
Tabela 4.39 LEGENDA DE MAPEAMENTO - GRANDES GRUPOS DE SOLOS.....	143
Tabela 4.40.....	143
Tabela 4.41 FASES DE EROSAÇÃO	144
Tabela 4.42 SIMBOLOGIA CORRESPONDENTE ÀS CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS.....	158



4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

4.1. MEIO FÍSICO

4.1.1. Caracterização Climática

4.1.1.1. Meteorologia Regional

a) Generalidades

Segundo STEIN (1961 *apud* DANTAS *et al.* 1995), “A devastação dos morros cobertos de mata virgem (...) provocou a erosão e as mudanças climáticas. De um extremo ao outro do Vale do Paraíba a história se repetia, a natureza ajudando o trabalho destrutivo do homem. Tão má era a situação (...) que BURTON em 1867 proclamava que a região circunvizinha se achava despida de cafezais... as chuvas torrenciais seguindo as queimas anuais levaram completamente o humo dos morros devastados, arrastando-os para os estreitos vales pantanosos...”. Esta descrição mostra de forma inequívoca o catastrófico grau de desequilíbrio da dinâmica hidrológica promovida pelo café em escala regional. A Mata Atlântica havia sido erradicada do médio vale do rio Paraíba do Sul entre 1830 e 1860 e, por volta de 1850, toda a região entre Areias/SP e Valença/RJ, englobando cidades como Bananal, Resende e Vassouras estava coberta por um extenso manto de cafezais.

De acordo com DANTAS *et al.* (1995), “Em paralelo ao processo de entulhamento dos fundos dos vales fluviais, ocorria uma transformação irreversível na dinâmica climática regional, cujos efeitos já haviam sido sentidos em 1859, quando um relatório provincial acusava uma crescente irregularidade das estações: *No Congresso Agrícola relataram que nos bons tempos antigos chuvas abundantes caíam desde o princípio de agosto até o fim de maio com somente uma quinzena de tempo quente e seco, o veranico, durante esse período. A situação mudou completamente. Hoje em dia temos de oito a nove meses de seca e somente três a quatro meses de chuva.(...) Quinze anos mais tarde (1874) um habitante de Vassouras declarava que a devastação em massa das árvores nos pontos mais altos da província explicavam o desaparecimento das chuvas regulares e periódicas que ocorriam antigamente.*

Em síntese, pode-se dizer que num período de 30 a 40 anos, o café mudou irreversivelmente um regime hidrológico típico de uma floresta tropical pluvial para o de uma savana. Pode-se imaginar então que o tipo climático super-úmido, sem registro de seca o ano inteiro, existente atualmente no sul da Bahia e no oeste da Amazônia, teria se estendido antigamente por todo o domínio original da Mata Atlântica e com a derrubada da mata virgem, o tipo climático semi-úmido, típico do Cerrado Brasileiro, teria avançado sobre toda a área degradada.

Com base na análise de GOLDI, cientista e meteorologista da época, além de uma concentração anual de chuvas de verão, a mudança climática acarretou também num aumento de eventos críticos (chuvas torrenciais), capazes de acionar diversos processos erosivos e agravando o já dramático cenário ambiental do médio vale do Paraíba do Sul em fins do século XIX.



A Mata Atlântica mantinha uma baixa amplitude térmica anual na região, que tendia a homogeneizar o impacto dos sistemas frontais o ano inteiro e promovia um clima sempre úmido, sem secas, exceto o denominado veranico que durava apenas 15 dias no mês de julho. A isto associa-se as chuvas convectivas produzidas pela evapotranspiração da floresta pluvial, que apesar de sua atuação local, contribuía para uma melhor distribuição anual das chuvas na região.”

Na região que abrange o Projeto existem quatro estações meteorológicas, a saber: Resende, Barreirinha, Fazenda Agulhas Negras e Bananal (Figura 4.1). As três primeiras situam-se no Estado do Rio de Janeiro e, a última, no Estado de São Paulo. Os dados climáticos apresentados são baseados, principalmente, nas estações de Resende, Fazenda Agulhas Negras e Barreirinha, por estarem situadas próximas ao empreendimento. Os dados climáticos e meteorológicos foram extraídos da publicação “Indicadores Climáticos do Estado do Rio de Janeiro - 1978”, editado pela FIDERJ (Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro); das “Normais Climatológicas - 1961-1990”, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); do “Relatório do Local - Complexo Industrial de Resende”, elaborado pelas Empresas Nucleares Brasileiras (1977).

b) Tipo de Clima

Conforme a classificação climática de *Köppen*, o tipo climático é mesotérmico com verões quentes e estação chuvosa no verão. O clima é continental do tipo Aw, isto é, com uma estação seca bem acentuada coincidindo com o inverno. Segundo a classificação de *Thornthwaite*, o clima é úmido com pouca ou nenhuma deficiência de água, mesotérmico, com calor bem distribuído o ano todo.

As serras do Mar e da Mantiqueira funcionam como uma barreira efetiva, tendendo a canalizar os ventos, predominando os fluxos de leste (sentido Rio-São Paulo).

c) Precipitação Pluviométrica

Na Tabela 4.1 são apresentados os dados de precipitação obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na Estação Meteorológica de Resende, localizada na seguinte posição: lat. 22°29’S; long. 44°28’W e altitude de 440 m, no período 1931/1990. Também são destacadas as precipitações máximas em 24 h neste período pois, são estas chuvas de grande intensidade concentrada em poucas horas, as principais causadoras de problemas geotécnicos (escorregamentos, erosão acelerada, recalques de terreno, etc.) e inundações. Também são causadoras deste tipo de problema as chuvas prolongadas de baixa intensidade e, de modo mais amplo, a distribuição irregular das chuvas durante o ano.

Figura 4.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

■ INMET

● DNAEE

LIGHT

Tabela 4.1 PRECIPITAÇÃO - NORMAIS MENCIAIS E MÁXIMAS EM 24 HORAS

Estação Meteorológica de Resende

Período: 1931/1960 e 1961/1990

MESES	PRECIPITAÇÃO TOTAL (1931-1960)	PRECIPITAÇÃO TOTAL (1961-1990)	MÁXIMA EM 24 HORAS (1931-1990)	DATA (DIA/ANO)
Janeiro	271,7	289,4	125,4	14/48
Fevereiro	249,5	219,3	141,0	15/87
Março	212,0	219,4	109,7	26/82
Abril	86,6	113,9	118,8	25/84
Maio	37,1	42,2	48,5	7/55
Junho	23,8	24,9	63,9	15/58
Julho	16,3	22,2	33,1	21/83
Agosto	22,8	30,5	63,2	30/77
Setembro	52,0	60,3	44,2	27/89
Outubro	119,9	124,3	78,1	15/43
Novembro	165,9	182,7	226,6	26/75
Dezembro	246,7	263,4	162,7	6/50
ANUAL	1.504,3	1.592,5	226,6	26/75

Fonte: INMET

A Figura 4.2 mostra os valores normais mensais das estações meteorológicas de Resende, Barreirinha e Fazenda Agulhas Negras.

As normais mensais confirmam um período chuvoso entre outubro e março, sendo janeiro o mês onde geralmente as chuvas são mais intensas (média de 289,4 mm entre 1961 e 1990). Os meses de abril e setembro apresentam características sub-úmidas, sendo os meses entre maio e agosto notadamente mais secos. O total médio anual de precipitação na Estação Meteorológica de Resende, no período de 1931 a 1990, ficou compreendido entre 1.500 e 1.600 mm.

A maior chuva em 24 h no período 1931-1990 ocorreu no dia 26/11/1975 e alcançou um total de 226,6 mm.

Também é importante para a caracterização pluviométrica da área de influência direta do empreendimento os dados da Estação de Fazenda Agulhas Negras (DNAEE), localizada na seguinte posição: lat. 22° 21' s, long. 44° 36' w e altitude de 1.460 m.

A importância dos dados provenientes desta estação reside no fato do córrego da Água Branca ter sua bacia de captação contida predominantemente na vertente Sul do maciço do Itatiaia, onde a precipitação pluviométrica é bastante superior às observadas no fundo do vale do Paraíba, conforme a Tabela 4.2.

Figura 4.2 PRECIPITAÇÃO - NORMAIS MENSAIS

Estação Meteorológica de Resende - 1931/1990

Estação Meteorológica de Fazenda Agulhas Negras - 1931/1975

Estação Meteorológica de Barreirinha - 1931/1975

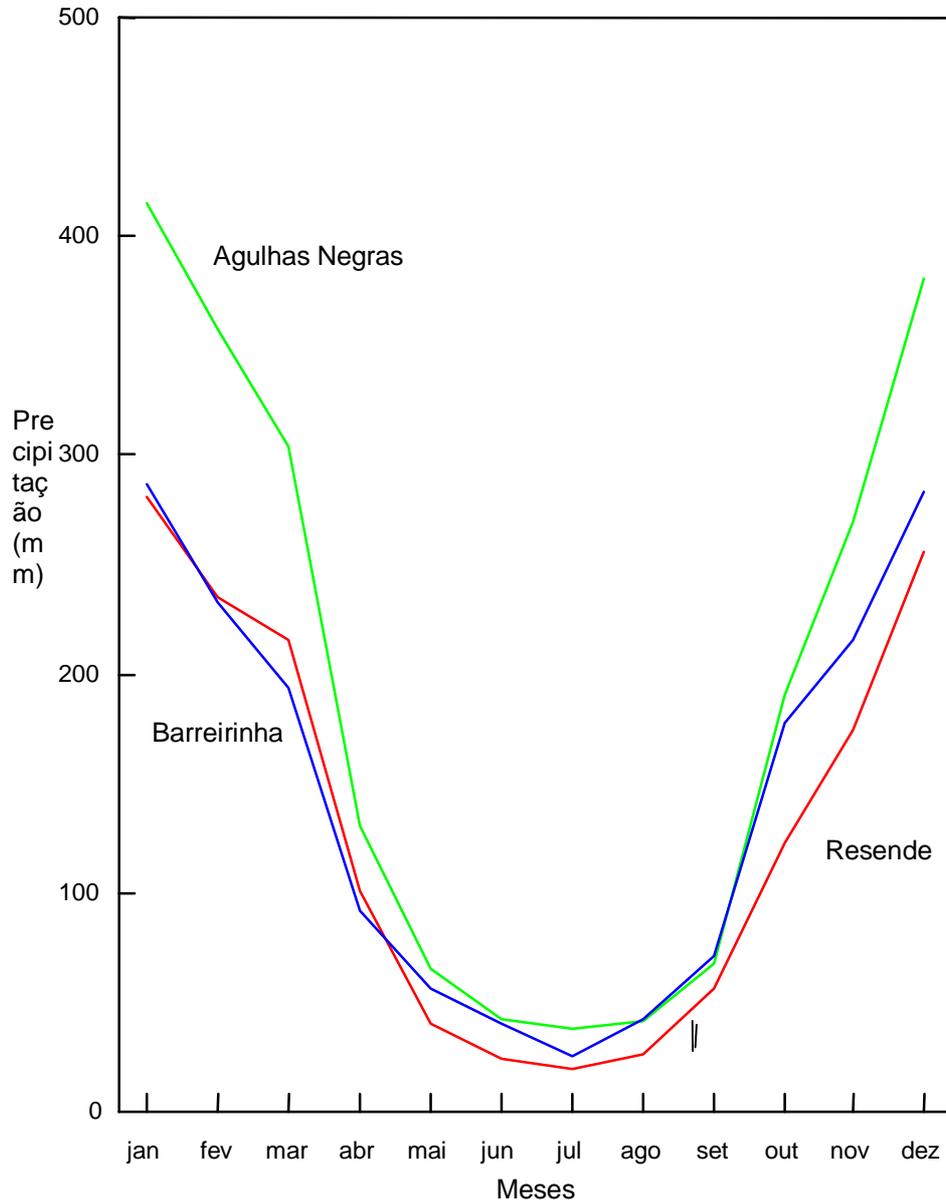




Tabela 4.2 MÉDIAS MENS AIS DE CHUVAS
Estação Meteorológica de Fazenda Agulhas Negras
Período: 1931/ 1975

MESES	MÉDIA (mm)	MÍNIMO OBSERVADO (mm)	MÁXIMO OBSERVADO (mm)
Janeiro	414,4	96,1	860,3
Fevereiro	357,7	138,5	725,3
Março	304,1	67,6	639,5
Abril	131,0	0	331,3
Maio	65,5	0	170,5
Junho	42,5	0	332,5
Julho	37,6	0	126,5
Agosto	41,9	0	138,7
Setembro	67,2	0	229,5
Outubro	190,6	42,1	37,5
Novembro	269,0	53,3	496,5
Dezembro	380,1	99,7	739,6
ANUAL	2.302,2	1.286,7	3.276,7

Fonte: FIDERJ (1978)

Podemos observar na Tabela 4.2 acima que as chuvas no maciço do Itatiaia apresentam, em média, valores anuais cerca 45 % mais elevados do que no fundo do vale do rio Paraíba do Sul. São notáveis os valores máximos mensais de 860,3 mm (jan), 725,3 mm (fev) e 739,6 mm (dez), que representam a queda, em apenas 30 dias, da metade da chuva na cidade de Resende e arredores em um ano.

Durante a estação chuvosa (entre novembro e março), portanto, o córrego da Água Branca, cujo leito limita a Norte a área da INB, poderá apresentar vazões consideráveis.

A Estação Meteorológica de Barreirinha (INMET), localizada a oeste da INB (lat. 22° 27', long. 44° 50' e altitude 757 m) apresenta valores médios de chuvas superiores aos observados na Estação de Resende, conforme pode ser observado na Tabela 4.3.



Tabela 4.3 MÉDIAS MENSAS DE CHUVAS
Estação Meteorológica de Barreirinha
Período: 1931/1975

MESES	MÉDIA (mm)	MÍNIMO OBSERVADO (mm)	MÁXIMO OBSERVADO (mm)
Janeiro	286,4	94,2	531,5
Fevereiro	232,5	59,6	542,2
Março	193,6	59,5	428,5
Abril	92,3	20,0	162,1
Maio	55,6	0	154,5
Junho	40,6	0,8	139,5
Julho	25,0	0,6	65,3
Agosto	42,6	0,1	161,6
Setembro	70,7	0,3	250,3
Outubro	177,5	86,6	308,5
Novembro	215,8	63,6	361,8
Dezembro	283,6	99,5	645,5
Anual	1.716,7	1.172,2	2.721,2

Fonte: FIDERJ (1978)

Foi elaborado pela HIDROSERVICE (1980) um estudo probabilístico de precipitações intensas, utilizando os dados pluviométricos da Estação Meteorológica de Resende, para o dimensionamento do sistema de drenagem da área de ampliação da fábrica. Como resultado, foram estabelecidas curvas de probabilidade de ocorrência de precipitações de várias durações para diferentes períodos de recorrência. Estas curvas acham-se apresentadas na Figura 4.3, onde pode-se observar, por exemplo, que é de 5% a probabilidade de ocorrência de uma precipitação de 30 minutos com valor igual ou superior a 64 mm. O período de retorno correspondente, neste caso, é de 20 anos. Para uma probabilidade de 1%, ou seja, para um período de retorno de 100 anos, a estimativa do valor da precipitação para a duração de 30 minutos é igual ou superior a 84 mm.

MEIS *et al.* (1981) realizaram uma análise das distribuições das precipitações na localidade de Resende ao longo de 66 anos contínuos (1912-1977). Numa primeira aproximação ao comportamento da precipitação, os autores definiram que a média aritmética anual atinge os 1563,4 mm. Os autores concluem que “Os resultados obtidos no presente trabalho deixam perceber que a distribuição das chuvas na localidade de Resende sofreu algumas modificações no decorrer do presente século. A alta variabilidade das precipitações totais anuais não apresenta porém um caráter de aleatoriedade, evidenciando claramente uma tendência cíclica alternativa entre períodos mais e menos úmidos. A ciclicidade tal como é detectada numa escala de década se insere, entretanto, no contexto mais amplo das variações seculares do comportamento das precipitações que, na região, mostram ligeira tendência à redução da pluviosidade”.

Figura 4.3 PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS ANUAIS DE VÁRIAS DURAÇÕES

As variações na distribuição das precipitações na região de Resende refletem, em última análise, a dinâmica atmosférica regional onde se observa o predomínio da atuação da Massa Tropical Atlântica associada aos efeitos perturbadores da Frente Polar Atlântica. No período do inverno, de um modo geral, estes efeitos são menos sensíveis na formação das precipitações. Em direção ao verão, entretanto, as chuvas frontais ou ciclônicas tornam-se gradativamente mais freqüentes. Durante o verão propriamente dito a elevação da temperatura favorece a formação de precipitação mais intensas as quais resultam tanto dos movimentos convectivos do ar como do maior impacto térmico da passagem das frentes frias sobre a região (MONTEIRO, 1973).

Cumprе ressaltar que o caráter rítmico do comportamento observado na série temporal de Resende deve estar em grande parte associado às pulsações da frente polar sobre a região. A variação de frequência destas pulsações no decorrer do tempo tende a gerar a problemática ligada à variabilidade e à persistência das distribuições das precipitações.”

Na Tabela 4.4 estão representados os totais mensais da pluviometria na estação meteorológica de Resende nos últimos 6 anos (1991-1996), bem como o total de dias chuvosos em cada mês e os déficits e excedentes hídricos no mesmo período. Em todos os anos observam-se lacunas em determinados meses, o que impede o cálculo da pluviometria total anual.

Na Tabela 4.5 estão representados os totais parciais de pluviometria dos anos de 1992, 1993, 1995 e 1996, somados ao valor da normal mensal (período 1961-1990) do mês dado. Os totais anuais extrapolados indicam que os anos de 1992, 1993 e 1995 situaram-se no entorno da normal e, o ano de 1996, apresentou um valor 25% acima da normal (1.592,5 mm).

Tabela 4.4 TOTAL MENSAL DE CHUVAS, DIAS DE CHUVA, DÉFICIT E EXCESSO CHUVA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE RESENDE (1991-1996)

ANO	MÊS	TOTAL PLUVIOM. (mm)	DIAS DE CHUVA	DÉFICIT DE CHUVA (mm)	EXCESSO DE CHUVA (mm)
1991	setembro	73,1	8	0,2	0
	outubro	124,9	11	0	0
	novembro	124,6	13	0	0
	dezembro	191,7	20	0	0
1992	janeiro	-	-	-	-
	fevereiro	91,3	13	0	0
	março	223,7	18	0	29,1
	abril	85,1	14	0	0
	maio	87,9	11	0	19,1
	junho	0,7	2	0	0
	julho	18,1	10	17,2	0
	agosto	21,9	9	10,9	0
	setembro	152,8	14	0	0
	outubro	162,3	16	0	59,3
	novembro	311,9	20	0	217,2
	dezembro	164,4	14	0	53,7

Tabela 4.4

cont.

ANO	MÊS	TOTAL PLUVOM. (mm)	DIAS DE CHUVA	DÉFICIT DE CHUVA (mm)	EXCESSO DE CHUVA (mm)
1993	janeiro	-	-	-	-
	fevereiro	283,5	21	0	383,0
	março	363,9	22	0	168,9
	abril	102,0	7	0	7,2
	maio	21,5	11	0	0
	junho	43,0	13	0	0
	julho	13,9	11	39,7	0
	agosto	3,6	8	51,0	0
	setembro	86,0	13	0	0
	outubro	122,7	14	0	0
	novembro	26,2	3	81,3	0
	dezembro	232,2	23	0	12,3
1994	janeiro	-	-	-	-
	fevereiro	-	-	-	-
	março	288,0	23	0	123,9
	abril	112,	13	0	27,7
	maio	96,5	12	0	0
	junho	26,1	14	0	0
	julho	14,4	4	0	0
	agosto	-	-	-	-
	setembro	2,8	3	58,2	0
	outubro	ND	ND	ND	ND
	novembro	ND	ND	ND	ND
	dezembro	147,0	16	0	0
1995	janeiro	364,7	21	0	212,4
	fevereiro	-	-	-	-
	março	120,8	15	0	0
	abril	40,3	7	29,6	0
	maio	60,1	9	8,6	0
	junho	15,4	6	27,1	0
	julho	24,0	8	30,9	0
	agosto	9,3	5	57,2	0
	setembro	96,5	8	0	0
	outubro	196,9	16	0	43,3
	novembro	128,1	15	0	29,3
	dezembro	286,9	18	0	164,7
1996	janeiro	254,0	19	0	108,1
	fevereiro	250,1	13	0	135,0
	março	342,4	25	0	225,4
	abril	116,2	16	0	19,5
	maio	19,6	11	0	0
	junho	11,8	10	30,7	0
	julho	-	-	-	-
	agosto	62,7	4	0	0
	setembro	182,8	14	0	32,8
	outubro	121,4	16	0	16,3
	novembro	310,4	17	0	189,9
	dezembro	286,9	18	0	164,7

Fonte: Boletim Agroclimático Mensal (INMET)

ND = Não disponível - = Não coletado

Tabela 4.5 VALORES TOTAIS DE CHUVA EXTRAPOLADOS PARA OS ANOS DE 1992, 1993, 1994 E 1995 NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE RESENDE

ANO	VALOR PARCIAL (mm)	NORMAL MENSAL 1961-1990 (mm)		NORMAL EXTRAPOLADO (mm)
1992	1.320,1	289,4	janeiro	1.609,5
1993	1.298,5	289,4	janeiro	1.587,9
1994	1.343,0	219,3	fevereiro	1.562,3
1995	1.958,3	22,2	julho	1.980,5

Fonte: INMET

c) Temperatura

Através das normais de temperatura da estação meteorológica de Resende no período 1931-1990 (Tabela 4.6), observa-se que o mês mais quente do ano é fevereiro, com temperatura média de 24,1°C, e o mês mais frio julho, com 17,2°C. A temperatura média anual neste período foi de 21,1°C.

A região em estudo apresenta clima quente entre os meses de novembro e março (média entre 22 e 25°C). Entre os meses de abril e outubro, as temperaturas são menos elevadas (média entre 17 e 22°C).

A temperatura máxima absoluta ocorreu no dia 01/03/1977, atingindo 39,2°C e, a mínima absoluta foi de 1,4°C, no dia 01/06/1979 (Tabela 4.7).

Tabela 4.6 NORMAIS DE TEMPERATURAS MENSAS E ANUAIS - (°C)

Estação Meteorológica de Resende

Período: 1931/1960 e 1961/1990

MESES	TEMPERATURAS MÁXIMAS MÉDIAS		TEMPERATURAS MÍNIMAS MÉDIAS		TEMPERATURAS MÉDIAS	
	1931-1960	1961-1990	1931-1960	1961-1990	1931-1960	1961-1990
Janeiro	30,9	30,2	19,5	19,9	24,0	23,9
Fevereiro	30,9	30,9	19,6	20,1	24,0	24,2
Março	30,1	29,8	19,0	19,7	23,3	23,5
Abril	28,0	27,6	17,2	18,0	21,5	21,7
Maió	26,4	25,8	14,5	15,1	19,3	19,4
Junho	25,6	24,7	12,2	12,8	17,6	17,6
Julho	25,4	24,7	11,5	12,1	17,2	17,2
Agosto	27,0	26,4	12,3	13,4	18,5	18,8
Setembro	27,4	27,1	14,7	15,4	20,0	20,2
Outubro	28,1	27,6	16,6	17,2	21,3	21,4
Novembro	28,6	28,7	17,5	18,3	22,0	22,5
Dezembro	29,3	29,1	18,7	19,3	22,9	23,1
ANO	28,1	27,7	16,1	16,8	21,0	21,1



Fonte: INMET

Tabela 4.7 MÁXIMAS E MÍNIMAS ABSOLUTAS
Estação Meteorológica de Resende
Período: 1931/1990

MESES	MÁXIMA ABSOLUTA DIÁRIA (°C)	DATA (DIA/ANO)	MÍNIMA ABSOLUTA DIÁRIA (°C)	DATA (DIA/ANO)
Janeiro	38,6	8/58	13,4	2/57
Fevereiro	37,8	2/56	14,0	13/57
Março	39,2	01/77	12,4	24/33
Abril	35,0	9/40	8,1	30/52
Maiο	34,5	3/41	4,7	16/68
Junho	32,1	19/55	1,4	01/79
Julho	34,0	22/63	2,4	6/53
Agosto	35,7	23/53	3,6	5/31
Setembro	37,8	24/60	4,5	5/41
Outubro	38,9	7/46	7,7	13/47
Novembro	38,0	13/51 e 26/63	9,8	12/64
Dezembro	38,9	14/46	11,8	1/56
ANO	39,2	01/03/77	1,4	01/06/79

Fonte: INMET

d) Balanço Hídrico Mensal

Uma análise comparativa dos gráficos de balanço hídrico das estações Resende, Barreirinha e Fazenda Agulhas Negras (Figuras 4.4a, 4.4b e 4.4c) mostra a diminuição do déficit hídrico, nessa ordem, devido ao aumento de cotas das estações meteorológicas. A estação de Resende (440 m) apresenta 5 meses com déficit hídrico (de maio a setembro); na estação Barreirinha (757 m) o déficit hídrico é observado em dois meses (julho e agosto); e na estação Fazenda Agulhas Negras, cuja altitude é de 1.460 m, não existe o déficit hídrico. As tabelas 4.8 a 4.10 a seguir ilustram o balanço hídrico mensal de cada estação.

Simbologia utilizada nas tabelas 4.8, 4.9 e 4.10:

Capacidade de Campo Estimada = 125 mm

EP = Evapotranspiração Potencial

ARM = Armazenamento

DEF = Deficiência

P = Precipitação

ER = Evapotranspiração Real

EXC = Excesso

Tabela 4.8 BALANÇO HÍDRICO MENSAL

Estação Meteorológica de Resende

Período - 1931/ 1975

MESES	P (mm)	EP (mm)	ER (mm)	ARM (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Janeiro	282,1	121,1	121,1	125,0	161,0	0,0
Fevereiro	239,4	107,3	107,3	125,0	132,0	0,0
Março	215,8	105,2	105,2	125,0	110,6	0,0
Abril	94,5	80,8	80,8	125,0	13,7	0,0
Maio	35,1	60,2	58,2	101,9	0,0	2,0
Junho	23,7	46,6	41,5	84,0	0,0	5,0
Julho	16,3	46,7	34,7	65,6	0,0	12,0
Agosto	24,8	57,7	39,6	50,7	0,0	18,0
Setembro	47,9	71,3	57,5	41,0	0,0	13,7
Outubro	128,3	86,9	86,9	82,4	0,0	0,0
Novembro	173,2	96,6	96,6	125,0	3,0	0,0
Dezembro	254,2	111,7	111,7	125,0	142,5	0,0
TOTAL	1.535,3	992,1	941,4	-	593,9	50,7

Fonte : FIDERJ (1978) (Método: THORNTHWAITE E MATHER, 1955)

Tabela 4.9 BALANÇO HÍDRICO MENSAL

Estação Meteorológica de Barreirinha

Período - 1931/1975

MESES	P (mm)	EP (mm)	ER (mm)	ARM (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Janeiro	286,4	106,7	106,7	125,0	179,7	0,0
Fevereiro	232,5	92,8	92,8	125,0	139,7	0,0
Março	193,6	89,7	89,7	125,0	103,9	0,0
Abril	92,3	68,7	68,7	125,0	23,6	0,0
Maio	55,6	52,2	52,2	125,0	3,4	0,0
Junho	40,6	43,8	43,8	121,8	0,0	0,0
Julho	25,0	42,9	41,8	104,9	0,0	1,0
Agosto	42,6	53,2	51,2	96,3	0,0	2,0
Setembro	70,7	65,8	65,8	101,2	0,0	0,0
Outubro	177,5	76,4	76,4	125,0	77,3	0,0
Novembro	215,8	82,8	82,8	125,0	133,0	0,0
Dezembro	283,6	98,2	98,2	125,0	185,4	0,0
TOTAL	1.716,2	873,2	870,2	-	846,0	3,0

Fonte: FIDERJ (1978) (Método: THORNTHWAITE E MATHER, 1955)

Tabela 4.10 BALANÇO HÍDRICO MENSAL

Estação Meteorológica de Fazenda Agulhas Negras

Período - 1931/1975

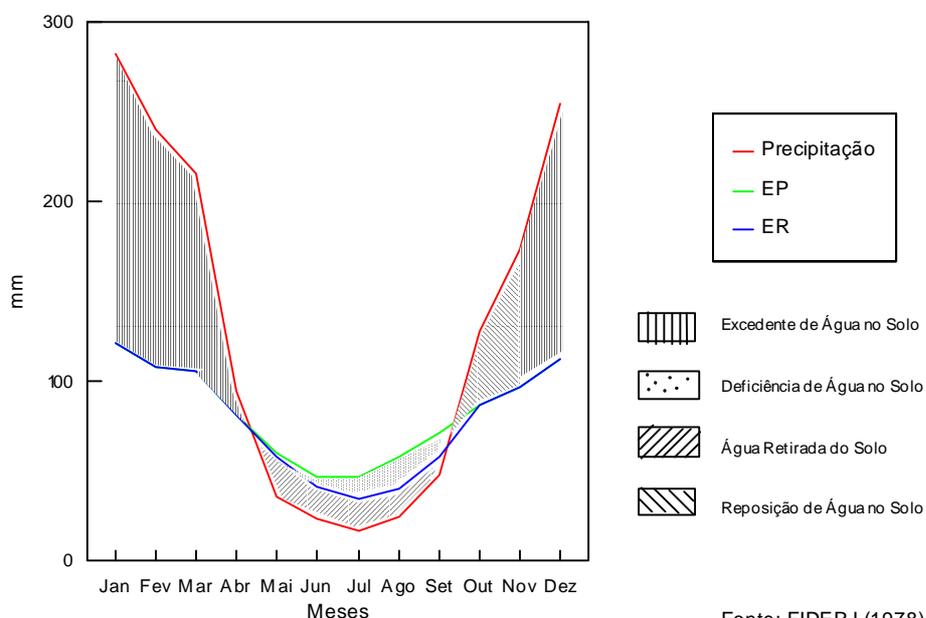
MESES	P (mm)	EP (mm)	ER (mm)	ARM (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Janeiro	414,4	89,4	89,4	125,0	325,0	0
Fevereiro	357,7	77,1	77,1	125,0	280,6	0
Março	304,1	73,9	73,9	125,0	230,2	0
Abril	131,0	55,2	55,2	125,0	75,8	0
Mai	65,5	41,7	41,7	125,0	23,8	0
Junho	42,5	33,1	33,1	125,0	9,4	0
Julho	37,6	32,3	32,3	125,0	5,3	0
Agosto	41,9	41,5	41,5	125,0	0,4	0
Setembro	67,2	53,0	53,0	125,0	14,2	0
Outubro	190,6	65,2	65,2	125,0	125,4	0
Novembro	269,0	69,6	69,6	125,0	199,4	0
Dezembro	380,1	79,5	79,5	125,0	300,6	0
TOTAL	2.301,6	711,5	711,5	-	1.590,1	0

Fonte: FIDERJ (1978)

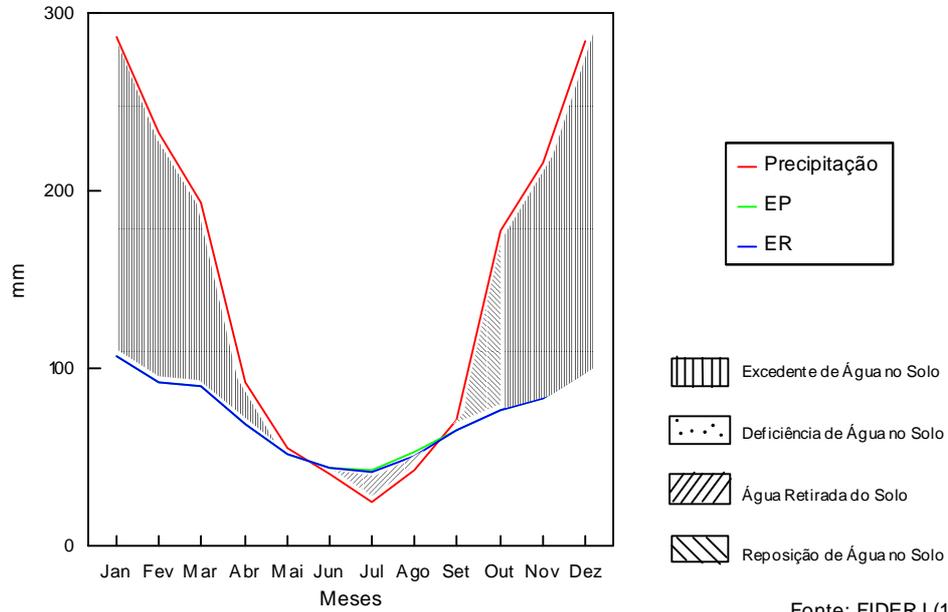
(Método: THORNTHWAITTE E MATHER, 1955)

Figura 4.4 GRÁFICOS DE BALANÇO HÍDRICO

a) Estação Resende

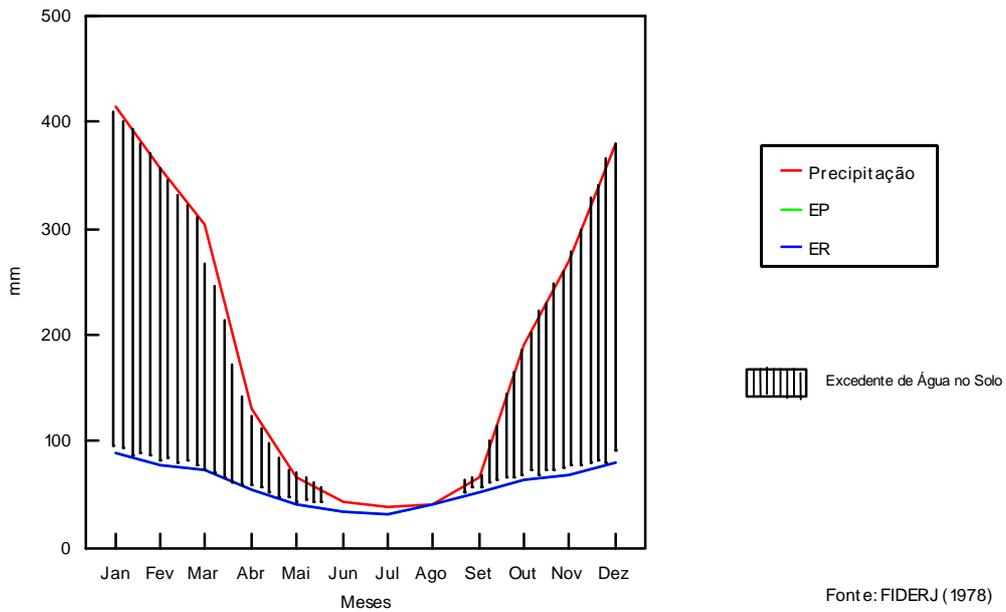


b) Estação Barreirinha



Fonte: FIDERJ (1978)

c) Estação Fazenda Agulhas Negras



Fonte: FIDERJ (1978)

e) Ventos

As rosas dos ventos apresentadas a seguir (Figuras 4.5 a 4.10) mostram a frequência em percentagem de ocorrência de ventos em oito direções, classes de velocidade específicas e períodos calmos para os anos de 1966/70, 1982, 1986 e 1987. Das rosa dos ventos, algumas generalizações são imediatamente evidentes:

- Efeito de canalização com a mais alta percentagem de ventos de Leste;
- Alta frequência de ventos calmos;
- Pequena percentagem de ventos de Norte e de Sul.

A Tabela 4.11 sumariza os dados de ventos do período 1966-1970 na estação de Resende. A direção predominante é de Leste, com a velocidade média de 4,5 m/s. A Tabela 4.12 resume os valores totais para cada estação climática neste mesmo período. Os valores de ventos referentes aos anos de 1982, 1986 (diurno e noturno) e 1987 (diurno e noturno) e apresentados nas Figuras 4.5 a 4.10 encontram-se nas Tabelas 4.13 a 4.17.

O vento máximo registrado na estação de Resende nesse período foi de 75 km/h.

Tabela 4.11 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO
Resende - Período: 1966/1970 - Total

VELOCIDADE	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMOS	TOTAL
CALMOS	-	-	-	-	-	-	-	-	71,75	71,75
1,6 - 3,3	0,20	1,14	5,82	0,26	0,15	0,11	0,57	0,11		8,37
3,4 - 5,4	0,17	0,83	9,34	0,48	0,20	0,20	1,00	0,22		12,44
5,5 - 7,9	0,06	0,26	3,70	0,39	0,15	0,09	0,52	0,06		5,22
8,0 - 10,7	0,04	0,07	1,00	0,11	0,02	0,04	0,35	0,02		1,64
10,8 - 13,8	-	0,02	0,24	0,04	-	-	0,13	-		0,42
> 13,9	-	0,04	0,06	-	-	-	0,07	-		0,17
TOTAL	0,46	2,36	20,16	1,27	0,52	0,44	2,67	0,41	71,75	100,00

Fonte: INMET
ENB (1977)

Tabela 4.12 FREQUÊNCIA (%) TOTAL DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s)
POR DIREÇÃO PARA CADA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA

VELOCIDADE	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMOS	TOTAL
VERÃO	0,98	2,18	13,86	0,90	0,68	0,53	2,64	1,13	77,1	100
OUTONO	0,22	1,83	12,68	0,66	0,37		2,13	0,15	81,96	100
INVERNO	0,29	3,01	24,55	0,73	0,44	0,44	2,86		67,68	100
PRIMAVERA	0,36	2,41	29,36	2,78	0,59	0,80	2,93	0,36	60,41	100

Fonte: INMET

Figura 4.5 ROSA DOS VENTOS
RESENDE - PERÍODO 1966/1970 - TOTAL

Figura 4.6 ROSA DOS VENTOS
RESENDE - PERÍODO 1982 - TOTAL

Figura 4.7 ROSA DOS VENTOS
RESENDE - PERÍODO 1986 - DIURNO

Figura 4.8 ROSA DOS VENTOS
RESENDE - PERÍODO 1986 - NOTURNO

Figura 4.9 ROSA DOS VENTOS
RESENDE - PERÍODO 1987 - DIURNO

Figura 4.10 ROSA DOS VENTOS
RESENDE - PERÍODO 1987 - NOTURNO

Tabela 4.13 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO
Resende - Período: 1982

VELOCIDADE	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMOS
CALMOS	-	-	-	-	-	-	-	-	9,3
0,6 - 1,6	0,83	0,74	1,1	0,74	0,37	0,37	1,3	1,1	-
1,6 - 3,1	0,37	0,83	3,1	1,86	0,56	0,3	2,0	0,74	-
3,2 - 6,1	0,18	1,3	10,2	3,3	0,37	0,37	2,0	0,37	-
6,2 - 10	-	0,74	4,8	0,37	0,10	0,15	0,65	0,05	-
> 10	-	0,09	0,37	0,2	-	-	-	-	-
TOTAL	1,38	3,7	19,57	6,47	1,4	1,19	5,95	2,26	9,3

Obs.: Estes valores foram obtidos a partir da rosa de ventos apresentada na Figura 4.6, obtida do Relatório de Monitoração Ambiental - Meteorologia e Hidrologia do CIR, 1982, NUCLEBRÁS-INB

Tabela 4.14 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Diurno: 1986

Velocidade (m/s)	Direções																	
	calmos	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	TOTAL
Calmos	11,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,37
0,6 a 1,0	-	0,18	0,13	0,34	0,31	0,13	0,13	-	-	-	0,07	0,13	0,26	0,21	0,18	0,13	0,07	2,27
1,1 a 1,5	-	0,42	0,58	0,93	1,11	1,11	0,93	0,23	0,18	0,02	0,18	0,63	1,14	1,96	0,85	0,58	0,39	11,24
1,6 a 2,0	-	0,39	0,90	1,14	1,19	2,13	0,95	0,34	0,26	0,07	0,10	0,42	0,77	1,40	0,66	0,31	0,18	11,21
2,1 a 3,0	-	0,50	1,27	3,61	3,64	4,62	2,52	0,71	0,18	0,13	0,42	1,11	2,02	1,70	0,61	0,23	0,26	23,53
3,1 a 4,5	-	0,58	1,59	5,82	4,75	4,97	1,22	0,50	0,13	0,13	0,26	1,14	1,80	1,32	0,34	0,29	0,07	24,91
4,6 a 6,0	-	0,02	0,50	2,95	2,31	1,27	0,05	-	0,02	-	0,02	0,34	0,95	0,26	0,05	-	-	8,74
6,1 a 8,0	-	0,10	0,23	1,99	1,01	0,21	-	0,02	0,02	0,02	-	0,02	0,39	0,10	0,07	-	-	4,18
8,1 a 10,0	-	-	0,07	0,55	0,29	0,05	-	-	-	-	-	-	0,07	0,05	0,02	-	-	1,10
> 10,0	-	-	0,05	0,47	0,23	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	0,02	-	-	0,79
Total	11,37	2,19	5,32	17,80	14,84	14,49	5,80	1,80	0,79	0,37	1,05	3,79	7,42	7,00	2,80	1,54	0,97	100,00

Tabela 4.15 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Noturno: 1986

Velocidade (m/s)	Direções																	
	calmos	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	TOTAL
Calmos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,37
0,6 a 1,0	-	0,17	0,17	0,27	0,20	0,15	0,05	0,02	0,10	0,10	0,07	0,27	0,50	0,91	0,25	0,20	0,12	3,55
1,1 a 1,5	-	0,63	0,96	1,70	0,96	0,91	0,25	-	0,12	0,07	0,35	1,29	2,66	4,06	2,38	0,96	0,25	17,55
1,6 a 2,0	-	0,33	0,38	1,80	1,29	0,55	0,07	-	0,10	0,05	0,07	0,68	1,87	2,86	0,96	0,25	0,12	11,38
2,1 a 3,0	-	0,15	0,50	3,78	3,65	1,21	0,20	0,07	0,12	0,05	0,10	0,50	3,19	3,63	0,76	0,33	0,07	18,29
3,1 a 4,5	-	0,17	0,50	4,84	5,07	1,70	0,10	-	-	0,05	0,07	0,68	1,49	0,78	0,20	0,02	0,02	15,81
4,6 a 6,0	-	0,05	0,20	3,80	3,27	0,48	0,12	-	-	-	0,05	0,22	0,60	0,12	0,02	-	-	8,93
6,1 a 8,0	-	0,05	0,73	2,99	1,70	0,22	0,02	-	-	0,02	0,02	0,02	0,20	-	-	-	-	5,97
8,1 a 10,0	-	-	0,25	1,42	0,40	0,07	-	-	-	-	-	0,02	0,02	-	-	-	-	2,18
> 10,0	-	-	0,12	0,30	0,10	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	0,54
Total	0,00	1,55	3,81	20,90	16,64	5,29	0,81	0,09	0,54	0,34	0,73	3,68	10,55	12,36	4,57	1,76	0,58	84,20

Tabela 4.16 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Diurno: 1987

Velocidade (m/s)	Direções																	
	calmos	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	TOTAL
Calmos	8,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,40
0,6 a 1,0	-	0,04	0,09	0,09	0,18	-	0,22	-	-	-	-	0,13	0,09	0,57	0,13	-	-	1,54
1,1 a 1,5	-	0,48	0,48	1,40	1,44	1,97	0,61	0,22	0,09	-	0,18	0,53	0,92	1,84	0,79	0,31	0,09	11,35
1,6 a 2,0	-	0,44	0,53	1,36	1,75	1,97	1,44	0,31	-	-	0,13	0,74	1,53	1,44	0,66	0,13	0,13	12,56
2,1 a 3,0	-	0,70	0,70	2,10	2,54	5,56	2,36	2,06	0,09	0,22	0,39	1,14	1,31	1,40	0,44	0,09	0,14	21,24
3,1 a 4,5	-	0,22	0,44	5,08	4,81	6,26	1,49	1,14	0,04	0,18	0,57	2,01	2,93	1,66	0,22	0,04	0,04	27,13
4,6 a 6,0	-	-	0,22	2,49	2,41	1,31	0,09	0,04	0,04	-	0,13	1,01	1,01	0,35	0,04	-	0,04	9,18
6,1 a 8,0	-	-	0,04	2,01	1,53	0,31	0,04	0,04	-	-	0,04	0,35	0,66	0,44	0,04	-	-	5,50
8,1 a 10,0	-	-	-	1,31	0,13	0,26	-	-	-	-	-	0,09	0,44	0,13	-	0,04	-	2,40
> 10,0	-	-	-	0,22	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,09	-	-	-	0,39
Total	8,40	1,88	2,49	16,06	15,23	17,64	6,26	3,81	0,26	0,39	1,44	6,00	8,93	7,92	2,32	0,61	0,35	99,69

Tabela 4.17 FREQUÊNCIA (%) DE VELOCIDADE MÉDIA (m/s) POR DIREÇÃO - Resende - Período Noturno: 1987

Velocidade (m/s)	Direções																	
	calmos	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	TOTAL
Calmos	12,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,37
0,6 a 1,0	-	0,12	0,16	0,45	0,16	0,16	0,08	0,04	0,08	0,04	0,04	-	0,36	0,77	0,36	0,04	-	2,86
1,1 a 1,5	-	0,41	0,98	1,84	1,80	0,61	0,16	0,08	0,12	0,08	0,16	1,35	1,92	4,88	2,42	0,73	0,08	17,62
1,6 a 2,0	-	0,20	0,32	1,64	1,39	0,41	0,04	-	0,04	0,04	0,04	0,69	1,39	3,32	1,14	0,36	-	11,02
2,1 a 3,0	-	0,28	0,28	1,84	4,02	1,96	0,20	0,04	0,04	-	0,04	0,73	2,66	3,07	0,28	0,20	-	15,64
3,1 a 4,5	-	-	0,12	3,56	5,78	3,44	0,12	0,08	-	-	0,08	0,65	1,80	1,14	0,08	-	-	16,85
4,6 a 6,0	-	0,04	0,12	1,68	5,17	1,55	-	-	0,04	0,04	0,08	0,32	0,73	0,20	-	-	-	9,97
6,1 a 8,0	-	-	0,08	3,81	3,89	0,41	0,08	-	-	-	-	0,32	0,36	0,04	-	-	-	8,99
8,1 a 10,0	-	-	0,08	1,23	1,02	0,08	-	-	-	-	-	0,16	0,24	-	-	-	-	2,81
> 10,0	-	-	-	0,24	0,28	-	-	-	-	-	-	0,04	0,04	0,04	-	-	-	0,64

Total	12,96	1,05	2,14	16,29	23,51	8,62	0,68	0,24	0,32	0,290	,44	4,26	9,50	13,46	4,28	1,33	0,08	99,36
-------	-------	------	------	-------	-------	------	------	------	------	-------	-----	------	------	-------	------	------	------	-------

f) Outros Parâmetros

Na Tabela 4.18 são apresentados os valores normais mensais de pressão atmosférica, umidade relativa do ar, nebulosidade, evaporação e insolação total na Estação Meteorológica de Resende no período 1961-1990.

Tabela 4.18 NORMAIS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA, UMIDADE RELATIVA DO AR, NEBULOSIDADE, EVAPORAÇÃO E INSOLAÇÃO TOTAL
Estação Meteorológica de Resende
Período: 1961/90

MESES	PRESSÃO ATM. (mb)	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	NEBULOSIDADE (0 a 10)	EVAPORAÇÃO TOTAL (mm)	INSOLAÇÃO TOTAL (Horas e Décimos)
Janeiro	961,7	76	7,0	63,0	162,0
Fevereiro	962,3	75	7,0	63,2	150,9
Março	963,1	77	6,0	61,6	161,1
Abril	964,8	77	6,0	54,0	153,6
Mai	966,5	77	5,0	53,1	173,3
Junho	968,2	76	5,0	51,2	164,8
Julho	969,1	73	5,0	82,1	178,5
Agosto	967,7	70	5,0	82,1	178,5
Setembro	966,4	72	7,0	82,0	137,8
Outubro	964,2	72	7,0	82,0	130,0
Novembro	962,4	73	7,0	77,3	140,8
Dezembro	961,7	76	8,0	66,2	137,2
ANO	964,8	74	6,2	801,3	1877,6

Fonte: INMET (1992)

4.1.2. Recursos Hídricos

4.1.2.1. Hidrografia Regional

a) Introdução

A região do Projeto está situada na bacia do rio Paraíba do Sul, cujas fontes de alimentação são, principalmente, as vertentes das serras do Mar e da Mantiqueira. A gênese estrutural evidencia-se no rumo retilíneo que adotam seus afluentes, sobretudo os da vertente da serra do Mar, tais como os rios do Bananal, do Barreiro de Baixo, Formoso, Ribeirão Santana, entre outros. Outro aspecto da gênese estrutural é o rejuvenescimento da paisagem, mostrando uma dissecação profunda nos diferentes blocos ou compartimentos estruturais que originalmente tinham alcançado um alto grau de peneplanização.

b) Bacia do Rio Paraíba do Sul

A bacia do rio Paraíba do Sul apresenta uma superfície de 57.000 km², sendo que 13.500 km² situam-se no Estado de São Paulo; 20.900 km² no Estado de Minas Gerais e 22.600 km² no Estado do Rio de Janeiro (Figura 4.11).

O rio Paraíba do Sul, com nascentes no Estado de São Paulo, percorre o Estado do Rio de Janeiro constituindo parte de sua divisa com o Estado de Minas Gerais. Seu percurso total é de aproximadamente 1.145 km e suas águas são lançadas no Oceano Atlântico em São João da Barra/RJ. Seus afluentes principais são os rios Paraitinga e Paraibuna, cujas confluências situam-se nas vizinhanças da cidade de Paraibuna/SP, na cota 612 m.

O rio Paraíba do Sul pode ser dividido em três trechos com características diferentes:

Curso Superior - Vai desde suas nascentes, a 1.800 m de altitude (rio Paraitinga), até Guararema/SP, na altitude de 572 m, com uma extensão aproximada de 272 km e uma declividade média de 4,9 m/km.

Curso Médio - Estende-se de Guararema/SP até Cachoeira Paulista/SP, com altitude de 515 m, desenvolvimento aproximado de 323 km e declividade média de 0,19 m/km.

Curso Inferior - Estende-se de Cachoeira Paulista/SP à sua embocadura no Oceano Atlântico, com uma extensão de 545 km e declividade média de 1 m/km.

Entre os afluentes que merecem maior atenção, excetuando-se o rio Paraitinga, já mencionado, temos:

- **Rio Preto:** Nasce no Brejo do Tijucal, próximo ao pico das Agulhas Negras (maciço do Itatiaia), numa altitude de 2.400 m, flui paralelo ao curso do Paraíba do Sul e deságua no rio Paraibuna, na divisa dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Trata-se de um rio de curso encachoeirado, correndo em vales as vezes bem profundos. Constitui o limite estadual entre Rio de Janeiro e Minas Gerais em toda a sua extensão, quando se une ao rio Paraibuna, em Monte Arinos. A bacia do rio Preto faz parte do Sistema da Mantiqueira, situando-se entre duas linhas de cristas. A sua extensão aproximada é de 211 km. Enquadra-se na categoria dos rios de regime tropical austral, apresentando um período de águas altas no verão e outro de águas baixas no inverno. Em 1954, foram registradas vazões de 183,5 m³/s e 19,2 m³/s (máxima e mínima).

- **Rio Piabanha:** Nasce nas vertentes da serra do Mar e atravessa a cidade de Petrópolis/RJ, tornando-se encachoeirado após Pedro do Rio/RJ.



Figura 4.11 BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

- **Rio Pomba:** Possui suas cabeceiras na serra da Mantiqueira, próximo a Santa Bárbara do Tugúrio/MG, atravessando importantes municípios como Guarariá/MG, Rio Pomba/MG, Cataguazes/MG e Santo Antônio de Pádua/RJ. Deságua no rio Paraíba do Sul nos limites de Cambuci e Santo Antônio de Pádua, no Estado do Rio de Janeiro. Sua extensão é de 265 km e possui uma bacia com superfície de 8.735 km².
- **Rio Paraibuna:** Possui suas nascentes na serra da Mantiqueira próximo a Dores do Paraibuna/MG, a 1.200 m de altitude. Atravessa os municípios de Santos Dumont/MG e Juiz de Fora/MG, confluindo com o rio Preto no limite dos estados de Minas Gerais com Rio de Janeiro. Apresenta uma morfologia encachoeirada. Estende-se por 160 km e sua bacia atinge uma área total de 8.585 km².
- **Rio Muriaé:** Nasce no município de Miraiá/MG, próximo à localidade de Dores de Vitória, atravessa os municípios de Miraiá/MG, Muriaé/MG e Itaperuna/RJ, lançando as águas no rio Paraíba do Sul. Possui uma extensão de 245 km e uma bacia de 7.980 km².

4.1.2.2. Aspectos Hidrográficos do Reservatório do Funil

a) Introdução

Na área de influência do projeto, o rio Paraíba do Sul possui seu vale alargado, meandrando no fundo aluvionar da depressão entre as serras do Mar e da Mantiqueira. Na região de Resende/RJ, o rio possui o seu talvegue na cota 380 m.

Conforme a divisão dos trechos característicos definidos anteriormente, o trecho inferior do rio Paraíba do Sul inicia-se no município de Cachoeira Paulista, ainda no Estado de São Paulo. A jusante deste ponto, distando uns 40 km, está a divisa com o Estado do Rio de Janeiro. Já no município de Resende/RJ, o rio Paraíba do Sul é represado por duas barragens, construídas por Furnas Centrais Elétricas S/A. A primeira, com a finalidade de contenção, é a barragem auxiliar de Nhangapi e, a segunda, a barragem do Funil, nas proximidades da cidade de Itatiaia/RJ, onde foi instalada a Usina Hidrelétrica do Funil, com capacidade instalada de 216 MW. Com a construção das barragens foi formado um lago de grande capacidade de armazenamento. Este fato provocou o levantamento do nível de base dos rios e córregos tributários do rio Paraíba do Sul nesse setor entre 40 e 70 m. (Figura 4.12)

O reservatório do Funil é um corpo d'água artificial construído na década de 60 com a finalidade de geração de energia elétrica. O rio Paraíba do Sul é, evidentemente, o principal tributário do reservatório do Funil, que também recebe a contribuição de inúmeros ribeirões, córregos e outros cursos menores, destacando-se os ribeirões Vermelho, Santana e Barreiro. As principais características morfométricas são apresentadas na Tabela 4.19.



Figura 4.12 HIDROGRAFIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA



Tabela 4.19 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DO RESERVATÓRIO DO FUNIL

Área superficial	40 km ²
Área da bacia de drenagem	16.680 km ²
Volume total	890 x 10 ⁶ m ³
Volume útil	620 x 10 ⁶ m ³
Profundidade média	22,2 m
Largura máxima	2 km
Comprimento máximo	25 km
Perímetro	320 km

A cota da superfície do lago está situada a uma altitude 440 m. A região em torno do reservatório possui relevo acidentado e encontra-se, na maior parte, desmatada e coberta por pastos ou capoeiras. O solo da região é de baixa permeabilidade e, com o desmatamento, são favorecidos os processos erosivos.

O reservatório do Funil tem como usos diretos a geração de energia elétrica, dessedentação de animais e a pesca, sendo integrante do sistema de abastecimento de água do Estado do Rio de Janeiro. Assim, a deterioração da qualidade de suas águas pode ocasionar graves conseqüências para o abastecimento hídrico dos municípios do médio Paraíba e Rio de Janeiro.

Além dos usos diretos mencionados, este reservatório tem desempenhado relevante papel do ponto de vista ambiental, funcionando como sistema decantador de sólidos, nutrientes orgânicos e metais pesados, prevenindo, até o momento, a ocorrência de condições extremadas no rio Paraíba do Sul à jusante, retendo grande quantidade de lançamentos ocorridos à montante da represa (AMORIM & FRANCA, 1981).

O lago apresenta formato tentacular, com dois braços secundários e um canal central que atinge cerca de 70 m de profundidade nas proximidades de barragem (Figura 4.13).

b) Área de Influência Direta

- Principais Afluentes da Margem Direita do Reservatório do Funil

Na área de influência direta do Projeto (Figura 4.12), os principais afluentes da margem direita lançam as águas ao Reservatório do Funil, com excessão do rio São Gerônimo.

- **Córrego Santa Clara** - Nasce na região da Fazendinha, próximo ao limite com o Estado de São Paulo. Estende-se por 4,5 km até o espelho d'água da represa.

- **Ribeirão Vermelho** - Origina-se na vertente da serra do Mar no Estado de São Paulo e, após passar pela cidade de Areias/SP, percorre cerca de 7 km até alcançar as águas do reservatório.

- **Ribeirão Passa Vinte** - Possui nascentes na divisa com o Estado de São Paulo e apresenta um curso de aproximadamente 3,5 km.





Figura 4.13 RESERVATÓRIO DO FUNIL



- **Ribeirão Santana** - Antes de construída a represa, o ribeirão Santana tinha como afluente o córrego do Pau d'Alho, hoje divididos pelo espelho d'água. O ribeirão Santana origina-se na vertente ocidental da serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, recebendo vários córregos como afluentes, destacando-se os seguintes: córrego da Vargem Grande, córrego Pessegueiro e córrego do Jacú. Após percorrer uma distância de 28 km, verte suas águas no braço mais ocidental da represa.
- **Ribeirão do Barreiro** - Origina-se também na serra da Bocaina, no Estado do Rio de Janeiro (Faz. São Miguel). Percorre uma distância de 13 km, passando pela cidade de São José do Barreiro/SP e desaguando na represa do Funil, ainda no Estado de São Paulo.
- Principais Afluentes da Margem Esquerda do Reservatório do Funil

Devido à interrupção antrópica por causa da construção das represas do Funil e Nhangapi ao final da década de 60, todos os cursos d'água da área de influência direta do Projeto levam as águas ao rio Paraíba do Sul.

- **Rio do Salto** - Apresenta suas nascentes na serra da Mantiqueira, a 2.350 m de altitude. Seu curso é sinuoso e constitui o limite entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Apresenta uma extensão de cerca de 22 km. A BR-354 o acompanha em vários trechos de seu curso. Recebe como afluentes o ribeirão do Pinha, que nasce na vertente Sudoeste da serra das Prateleiras, e os ribeirões Itatiaia e Palmital, com origem na vertente Sul da serra da Mantiqueira.
- **Ribeirão da Água Branca** - Nasce na serra das Prateleiras a uma altitude aproximada de 2.300 m. Segue a direção N-S até as proximidades da Fazenda da Água Branca onde, após receber o córrego do Paredão, na cota de 560 m, deflete para a direita e segue a direção NE-SW. Ao atingir o distrito de Engenheiro Passos/RJ, muda novamente de direção, seguindo de Oeste para Leste. Neste ponto, recebe pela margem direita o córrego dos Três Pinheiros. Segue margeando a estrada de ferro (RFFSA) e a Via Dutra até a localidade de Nhangapi, área do Complexo Industrial de Resende. No último trecho, o ribeirão tem seu curso retificado por um canal que ocorre paralelamente ao eixo da barragem e por um túnel que conduz suas águas até o rio Paraíba, a jusante da UHE do Funil.
- **Rio Campo Belo** - Nasce no setor Leste do maciço do Itatiaia. Sua extensão aproximada é de 20 km. O traçado de seu curso inferior é paralelo ao rio Paraíba do Sul, onde desemboca com o nome de rio Bonito.
- **Ribeirão das Pedras** - Nasce no setor oriental da serra do Palmital, a 1.670 m de altitude. Recebe o ribeirão do Palmital a uma altitude de 450 m. Percorre uma distância de cerca de 12 km levando as águas ao rio Paraíba do Sul. Seu trecho inferior é paralelo a este último.
- **Rio Alambarí** - Suas nascentes situam-se no setor oriental da serra de Ambari, a uma altitude de 2.000 m. Percorre uma distância de cerca de 22 km, desembocando no rio Paraíba do Sul entre Resende e Agulhas Negras.

4.1.2.3. Hidrografia Local

a) Introdução

Os recursos d'água superficial do local do empreendimento compõem-se, principalmente, pelas águas da represa do Funil, o ribeirão da Água Branca e numerosos pequenos cursos d'água locais, afluentes tanto do ribeirão como da represa.

Como já foi mencionado no item 4.1.2.2-b, o ribeirão da Água Branca após receber as águas provenientes do setor setentrional do local, inicia a travessia da área frontal à barragem auxiliar de terra de Nhangapi. Neste trecho, seu curso foi retificado, desembocando no rio Paraíba do Sul através de um canal e um túnel, a jusante da UHE do Funil.

b) Canal

Apresenta uma extensão de 1,85 km, com uma seção de 4 m na base, taludes de 2 a 3 m, altura máxima de 3 m e revestimento de concreto levemente armado com 0,12 m de espessura.

c) Túnel

Apresenta 3,6 km de extensão com seção em "D", largura de 3,60 m, altura de 3,20 m e seção com aproximadamente 10 m². A capacidade máxima de escoamento é de 45 m³/s, com 1% de declividade. Localmente a drenagem do local é feita para o Ribeirão da Água Branca, no setor norte e para o Reservatório do Funil no setor sul.

4.1.2.4. Hidrologia

a) Regime do rio Paraíba do Sul

As primeiras observações sobre o regime do rio Paraíba do Sul datam de 1926 e, segundo a classificação de Pardé, seu regime enquadra-se no tipo "tropical típico", caracterizado por um período de altos débitos no inverno, em coincidência com a mais baixa pluviosidade.

Segundo AZEVEDO (1972), nesta bacia há uma diferença entre o mês em que se registra o máximo pluvial (dezembro) e o que se registra o máximo fluvial (fevereiro). Os máximos fluviais registram-se em janeiro e, principalmente, em fevereiro, embora a pluviosidade já não seja tão elevada. As médias mensais mínimas acontecem na segunda metade do inverno, podendo prolongar-se até o início da primavera.

Com relação às cheias, acontecem com certa regularidade. As máximas anuais podem ocorrer em maior número de meses, apresentado-se menos concentradas em determinado período do ano. Os débitos mostram variações relativamente grandes de um ano para o outro. As mais fracas e as mais possantes cheias registradas no rio Paraíba do Sul em Barra do Pirai/RJ, em um período de 21 anos, foram de 578 m³/s, em 1941 e de 1.995 m³/s, em 1926.

Na Tabela 4.20 são apresentados alguns dados sobre os regimes do rio Paraíba do Sul e alguns de seus afluentes mais importantes, segundo o Boletim Pluviométrico nº 11 (DNAEE, 1953).

Tabela 4.20 REGIMES FLUVIAIS

RIO	LOCALIDADE MEDIDA	MÁXIMAS			MÍNIMAS			DEFLÚVIO ANUAL		ANO
		COTA (cm)	m ³ /s	l/s.m ²	COTA (cm)	m ³ /s	l/s.m ²	h/m ³	mm	
Paraíba	Cruzeiro	220	400	33,2	62	66	5,36	5556	451	1968
Paraíba	Queluz	226	403	31,1	80	67,5	5,21	5763	445	1968
Piabanha	Petrópolis	225	42,3	846	30	0,86	17,2	-	2161	1948
Piabanha	Pedro do Rio	461	141,2	269	58	5,78	11	-	977	1948
Piabanha	Areal	330	143,6	224,4	46	4,3	6,7	-	837	1948
Preto	Sobradinho	450	236,2	310,2	53	6,70	9,2	-	904	1948

b) Descargas Líquidas do rio Paraíba do Sul

- A Montante da Represa do Funil

Conforme o Inventário das Estações Pluviométricas do DNAEE, os dois postos de medidas mais próximos à represa do Funil estão localizados em Queluz/SP e Cruzeiro/SP, onde são feitas as medições diretas da descarga do rio.

As Tabelas 4.21 e 4.22 mostram os resultados obtidos para as descargas do rio Paraíba em Cruzeiro no período de 1935-1977 e Queluz em 1934-1977, respectivamente.

Na estação de Cruzeiro, a vazão média do rio Paraíba do Sul no período foi de 220,2 m³/s, com uma vazão máxima de 763 m³/s (06/03/52) e mínima de 58,7 m³/s (11/10/55). Na estação de Queluz, a vazão média obtida foi de 227,8 m³/s, com uma vazão máxima de 636 m³/s (29/12/34) e mínima de 59,9 m³/s (21/09/55). A média das velocidades médias do rio Paraíba do Sul nas estações de Cruzeiro e Queluz foi de, respectivamente, 0,707 e 0,951 m/s.

- Na Represa do Funil

Conforme informações fornecidas por FURNAS Centrais Elétricas S/A, a operação da UHE do Funil teve início em dezembro de 1969. A partir de então, até 1977, foram registrados os valores de descarga líquida no reservatório do Funil. As descargas médias mensais, assim como os valores extremos, são mostradas na Tabela 4.23.



Tabela 4.21 RESUMO DE MEDIÇÕES DE DESCARGA DO RIO PARAÍBA EM CRUZEIRO



Tabela 4.21 Cont



Tabela 4.21 Cont



Tabela 4.21 Cont



Tabela 4.21 Cont



Tabela 4.22 RESUMO DE MEDIÇÕES DE DESCARGA DO RIO PARAÍBA EM QUELUZ



Tabela 4.22 Cont



Tabela 4.22 Cont



Tabela 4.22 Cont



Tabela 4.22 Cont



Tabela 4.22 Cont

Tabela 4.23 DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS - FUNIL (m³/s)

ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	233	-
1970	268	372	365	169	145	154	153	170	173	148	204	135	217
1971	166	171	154	166	171	163	151	180	181	171	166	242	174
1972	293	346	355	200	169	178	174	175	160	210	233	218	226
1973	238	288	178	211	184	176	179	182	172	175	175	270	202
1974	294	261	308	231	172	172	183	190	182	176	164	141	206
1975	156	196	105	165	170	177	166	160	159	156	161	198	164
1976	249	334	296	250	213	219	263	241	210	257	247	294	256
1977	354	350	187	238	291	195	217	187	213	-	-	-	-
1986	172	167	304	208	202	212	198	200	195	204	226	261	212
1987	341	438	276	372	324	330	241	231	206	248	235	220	289
MÉDIA	253	292	253	211	210	198	193	192	185	194	201	221	216
MÁX.	354	438	365	372	324	330	263	241	213	248	247	294	-
MÍN.	156	167	164	165	145	154	151	160	159	148	161	141	-

Fonte: FURNAS



• A Jusante da Represa do Funil

A aproximadamente 2 km a jusante da represa do Funil, o rio Paraíba do Sul recebe o ribeirão da Água Branca (ou ribeirão Itatiaia) pela sua margem esquerda e segue seu curso natural até a cidade de Itatiaia/RJ, onde existe uma estação hidrométrica do DNAEE/CPRM, com as seguintes características:

- *Localização do Posto:* Nos terrenos da Fazenda Belos Prados, na Rua Cel. José Mendes Bernardes
- *Acessibilidade:* Pela Via Dutra até Itatiaia.
- *Coordenadas:* Latitude: 22°30'S Longitude: 44°33'S
- *Área da bacia hidrográfica:* 13.438 km²
- *Altitude do “zero” da escala:* 420 m, aproximadamente
- *Início das medições da vazão:* 10 de agosto de 1956
- *Cota de transbordamento:* 7,75 m
- *Curva chave:* Definidas quatro curvas, sendo que a última apresenta medições com dispersões consideráveis, ao longo de toda curva e as demais, apenas em cotas altas, sendo razoáveis as de cotas baixas.

A Figura 4.14 mostra a localização da estação com a posição do linígrafo.

Com os registros de vazões médias diárias deste posto, foram calculados os valores médios mensais e anotadas as máximas e mínimas anuais que estão contidos na Tabela 4.24.

A jusante da cidade de Itatiaia, percorrendo uma distância aproximada de 12 km, o rio Paraíba atinge a cidade de Resende, onde existe outra estação hidrométrica do DNAEE/CPRM com a seguinte ficha descritiva:

- *Localização:* As escalas fluviométricas estão localizadas na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, na cidade de Resende, 87 m a jusante da ponte nova.
- *Acessibilidade:* Via Dutra
- *Coordenadas geográfica:* Latitude: 22°22'S Longitude: 44°09'S
- *Área da bacia hidrográfica:* 13.930 km²
- *Altitude “Zero” da escala:* 400 m
- *Início das medições de vazão:* 3 de outubro de 1930
- *Sem medições nos anos de:* 1941, 43, 44 a 47
- *Curva chave:* Definidas quatro curvas com medições em cotas baixas e dispersões razoáveis, e cotas médias com acentuadas dispersões.

A Figura 4.15 mostra a localização do posto hidrométrico com a posição do linígrafo. Com os registros de vazões médias diárias do período de 1930 a 1973, foram calculadas as vazões médias mensais e as máximas e mínimas anuais que estão contidas na Tabela 4.25.



Figura 4.14 LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA EM ITATIAIA

Tabela 4.24 VAZÕES DO RIO PARAÍBA DO SUL EM ITATIAIA
Estação Nº 04.22.44.16/DNAEE

MES/ ANO	MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)												MÁXIMAS E MÍNIMAS ANUAIS (m ³ /s)	
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX.	MÍN.
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	109	139	151	207	-	-
1957	337	373	397	374	191	150	130	114	187	120	235	210	819	97,1
1958	209	426	384	265	267	261	176	136	157	172	223	302	774	56,7
1959	451	307	379	335	180	140	117	122	100	99,2	152	178	789	81,0
1960	224	311	474	219	181	145	155	154	153	161	186	328	729	106
1961	486	471	603	308	242	181	170	173	167	151	147		972	112
1962	306	482	479	240	188	160	158	169	193	248	245	230	904	145
1963	377	404	306	181	145	141	154	157	128	111	169	116	590	84,0
1964	182	341	190	166	151	137	159	152	126	143	135	184	669	93,1
1965	379	442	346	194	233	158	162	150	142	237	239	300	831	128
1966	534	294	490	309	225	163	159	182	176	205	318	363	1265*	146
1967	682	775	788	388	247	216	192	170	177	195	259	342	1233	151
1968	333	231	269	214	166	150	164	171	140	132	89,1	179	410	66,3
1969	175	199	219	196	125	139	133	148	122	123	196	195	417	73,3
1970	240	370	337	170	147	159	156	167	171	141	215	193	570	36,6 **
1971	168	177	153	162	171	149	148	173	172	155	152	222	334	50,3
1972	284	338	345	190	149	153	146	153	140	190	218	199	533	45,0
1973	222	270	157	1892	161	154	154	157	149	156	155	255	579	82,9

* Vazão máxima do período, ocorrido no dia 14/01/1966, quando o N.A. atingiu a 709 cm na régua linimétrica.

** Vazão mínima do período, ocorrido no dia 27/04/1970, quando o N.A. atingiu a 104 cm na régua linimétrica.

Figura 4.15 LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA EM RESENDE

Tabela 4.25 VAZÕES DO RIO PARAÍBA DO SUL EM RESENDE
 Estação Nº 04.22.44.02/DNAEE

MES/ ANO	MÉDIAS												MAX e MIN	
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX.	MÍN.
1930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	197	206	405	901	106
1931	-	-	657	428	252	202	161	134	151	199	179	410	1122	106
1932	-	-	511	271	162	165	162	140	126	162	150	345	973	106
1933	-	-	249	156	148	116	110	92	114	114	140	195	620	80
1934	-	300	343	223	151	122	102	63,5	98,6	115	97,3	399	706	71,2
1935	-	-	490	289	190	157	121	113	134	232	158	141	1173	85,2
1936	195	260	726	409	199	140	123	121	157	125	135	317	1102	98,2
1937	528	565	308	297	261	186	131	109	89,9	178	238	444	949	80,0
1938	502	403	439	328	225	187	148	174	164	253	294	329	897	115,0
1940	-	654	489	230	172	139	114	89,8	89,2	120	200	200	851	75,6
1941	280	205	253	208	126	107	110	74,5	182	241	233	306	496	66,8
1942	326	307	394	267	198	149	149	116	100	121	178	296	711	93,0
1943	327	368	371	222	142	124	102	104	94,5	154	154	236	925	75,6
1944	290	-	742	302	193	145	131	100	86,5	80,2	134	184	1090	66,8
1945	262	639	356	312	178	193	231	120	117	106	169	271	1415	80,0
1946	601	357	363	272	169	153	132	99,9	78,9	141	170	191	1331	71,2
1947	501	692	916	408	216	210	251	180	210	224	259	445	1444	152
1948	520	543	621	395	252	200	161	166	137	136	186	233	965	106
1949	440	515	327	258	160	147	133	102	96	106	153	242	1037	73,4
1950	451	801	632	469	286	197	166	130	103	156	200	419	1365	98,2
1951	412	548	622	480	247	184	165	147	114	127	137	203	863	98,2
1952	372	492	668	341	184	220	155	126	136	113	199	205	909	93,0
1953	135	206	182	242	169	122	99	86,7	94,2	107	211	245	474	69,0
1954	201	294	269	209	230	163	111	98,8	77,2	110	112	144	478	69,0
1955	316	183	228	186	136	113	84,6	68,2	81,8	73	134	201	519	53,8
1956	202	182	346	206	188	200	131	170	117	146	151	219	738	73,4
1957	343	391	418	395	204	164	141	120	196	125	244	227	779	98,2
1958	319	432	398	276	283	266	184	144	158	179	238	307	846	93,0
1959	472	334	401	356	195	152	129	131	107	104	165	192	735	82,6
1960	232	331	497	231	196	158	167	162	161	168	200	336	637	117
1961	516	494	617	337	261	189	174	172	164	150	147	211	834	114
1962	322	515	504	259	198	165	160	170	196	250	251	342	881	143
1963	389	431	323	188	150	142	156	157	127	114	172	120	607	85,2
1964	197	634	199	177	162	147	167	159	135	153	148	205	632	101
1965	404	477	378	211	255	178	182	168	153	253	252	312	774	140
1966	536	306	502	331	239	173	171	193	166	216	343	370	1138	140
1967	359	251	291	226	174	157	170	178	146	137	98	200	519	73,4
1969	195	218	225	205	138	152	144	157	132	129	242	245	486	80,0
1970	267	387	362	183	159	170	167	130	283	150	229	203	586	87,8
1971	179	192	192	162	188	174	174	225	237	164	165	222	437	80,0
1972	305	373	380	175	146	149	149	149	133	195	224	225	583	53,6
1973	197	237	172	197	169	155	158	158	158	159	165	277	589	88,0

Fonte: DNAEE



4.1.2.5. Uso das Águas Superficiais

Estudos realizados pelo IES, FEEMA e CETESB indicam que as águas do rio Paraíba do Sul são utilizadas intensivamente em todo o seu curso; tanto pelos núcleos urbanos instalados às suas margens quando do avanço da cultura cafeeira, quanto pelas indústrias químicas, alimentícias e outras, atraídas para a bacia do Paraíba em virtude da infra-estrutura resultante do desenvolvimento dos núcleos populacionais.

Cumprido ressaltar que praticamente todos os usuários das águas do rio Paraíba do Sul também o utilizam como corpo receptor de águas servidas.

4.1.2.6. Ocorrência de Enchentes

Tendo em vista a segurança das instalações contra prováveis enchentes e rompimento das barragens situadas a montante do local, foi elaborado um estudo visando a obtenção dos níveis d'água máximos da represa do Funil, quando da ocorrência da pior enchente provável (HIDROSERVICE, 1980).

Neste trabalho, foram consideradas duas hipóteses básicas. Uma baseada em premissas bastante improváveis, caracterizou a situação mais crítica e a outra, com maior probabilidade de ocorrência, teve por finalidade a verificação dos resultados obtidos na primeira, dentro da faixa de resultados possíveis.

Na primeira hipótese foram considerados os rompimentos sucessivos das barragens de Paraibuna - Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Buquira, situadas a montante do local.

Admitiu-se que, no momento do rompimento da primeira barragem (Paraibuna - Paraitinga), o nível d'água no reservatório estaria em cota máxima, assim como nas barragens subsequentes, que se romperiam ao serem atingidas pela onda de cheia. Considerou-se também que isto ocorreria simultaneamente com tempestades excepcionais, que acompanhariam a hidrógrafa de cheia, a partir do trecho próximo a Guararema, onde o rio Paraíba sofre um deflexão, invertendo o seu sentido de escoamento. Outra suposição feita no estudo foi a de que, tanto o dique, quanto a barragem de concreto do Funil ao serem atingidas pela onda de cheia, não se romperiam, o que realmente, é bastante improvável, já que o dique auxiliar de Nhangapi dificilmente suportaria o sobrepassamento.

Com o objetivo de avaliar os resultados obtidos através da primeira hipótese, postulou-se a segunda hipótese, onde foi considerado o comportamento do reservatório do Funil, sujeito unicamente à afluência de uma enchente maximizada sobre toda a bacia.

Para a simulação hidrológica da bacia, adotou-se o modelo matemático SSARR - "Streamflow, Synthesis and Reservoir Regulation" versão de nº 724-K-5-G0010 (U.S. Army Corps of Engineers *apud* HIDROSERVICE, 1980).

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.26 a seguir.

Tabela 4.26 SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA DA BACIA

	1ª HIPÓTESE	2ª HIPÓTESE
Máxima cota atingida pelo espelho d'água	469,40 m	468,80 m
Instante da ocorrência do nível máximo	171 horas após o primeiro rompimento	51 horas depois do início da enchente
Duração aproximada da enchente em Funil	366 horas	150 horas
Permanência do espelho d'água acima das cotas 469 e 468 respectivamente	120 horas de duração	258 horas de duração
Máxima descarga afluyente	12.600 m ³ /s	7.500 m ³ /s
Máxima descarga efluyente	12.600 m ³ /s	7.300 m ³ /s

Os estudos realizados mostram que, devido à ação regularizadora das várzeas a montante do local das obras em foco e em virtude da distância entre as barragens existentes e em projeto e o local das instalações, há pouca diferença nos resultados obtidos considerando-se as hipóteses 1 e 2.

Considerou-se também nos estudos, as ondas de natureza eólica, que poderiam ser formadas nestas circunstâncias. Em vista disto, adotou-se uma sobrelevação de 1,5 m, que adicionada aos níveis máximos obtidos, definiu a cota 471 m, acima da qual as instalações estarão seguras, quando da ocorrência das piores enchentes prováveis.

Baseado neste resultado, foram definidas as seguintes cotas para a implantação das diversas unidades do C.I.R.:

- Fábrica de Elemento Combustível: entre 475m e 482,5 m
- Usina de Conversão: 475 m
- Usina de Enriquecimento: 473 m

O trabalho da HIDROSERVICE (1980), que definiu as cotas seguras para implantação das instalações, foi elaborado com bastante critério e se enquadra na filosofia de segurança definida pelo Regulatory Guide 1.59 da U.S. Atomic Energy Commission (AEC). Sua apresentação, com a metodologia utilizada, dados básicos, valores adotados, resultados e conclusões, encontram-se no Relatório HIDROSERVICE REP - nº 04/77 no Anexo II, referente a Hidrologia.



4.1.2.7. Reservatório do Funil

a) Características Gerais

A UHE do Funil, situada no município de Itatiaia/RJ, na divisa dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, foi construída no final da década de 1960, com uma potência nominal de 210 MW, obtida através das suas 3 unidades geradoras.

O lago formado ocupa uma superfície de 40 km², com capacidade para armazenar um volume de 890 milhões de m³ de água na sua cota máxima de operação. O formato do reservatório é tentacular, com um canal central e dois braços secundários. A profundidade máxima é de 70 m nas proximidades da barragem, sendo a sua profundidade média de 22,2 m.

As águas do reservatório provêm, principalmente, do rio Paraíba do Sul, com pequenas contribuições de outros cursos d'água, tais como os ribeirões Santana, Vermelho e Barreiro, todos com as nascentes em território paulista.

O rio Paraíba do Sul alcança o reservatório com uma vazão média anual da ordem de 200 m³/s, após atravessar uma das regiões mais industrializadas do país e com elevada taxa de crescimento urbano. Sua bacia hidrográfica cobre uma superfície de 16.680 km², a maior parte situada no Estado de São Paulo. Conforme a CETESB, o vale do Paraíba no Estado de São Paulo ocupa 31 municípios, sendo que os situados no médio vale do Paraíba apresentam alta densidade demográfica devido à estruturação das atividades econômicas em consonância com as facilidades locais e acessos viários.

No trecho paulista do rio Paraíba, além das numerosas cidades que lançam toda sua carga de esgoto sanitário no rio, encontram-se instaladas indústrias de grande porte ligadas às atividades mecânica, metalúrgica, químico-farmacêutica, alimentícia, têxtil, petroquímica e outras que constituem a principal fonte de poluição química do rio Paraíba do Sul.

Destaca-se, ainda, como principal fator de impacto sobre o reservatório do Funil, a reduzida cobertura vegetal dos solos da bacia, seu uso inadequado e o processo acelerado de erosão.

b) Características Limnológicas

• Cátions e Ânions

As águas do reservatório do Funil apresentam baixa alcalinidade, da ordem de 12 mg/l, devido a bicarbonatos. Esta baixa alcalinidade das águas da bacia está associada à presença de solos silicatados e com baixo teor de cálcio, magnésio e sódio, cátions capazes de reter em solução os ânions que conferem alcalinidade às águas. Os níveis de cálcio e magnésio dentro do reservatório são respectivamente da ordem de 4,0 mg/l e 2,0 mg/l.

O pH varia em uma faixa estreita de valores, com uma flutuação média entre 6,4 e 7,5. Valores superiores são registrados no trecho final do reservatório, permitindo maior atividade fotossintética. No ponto FN-150 (conforme Figura 4.13), foram registrados valores superficiais de pH oscilando entre 8,0 e 8,6. Em profundidade, os valores caem abruptamente.

A condutividade média das águas superficiais é de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando de 42 a 62 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Esta condutividade varia espacialmente, observando-se decréscimos de até 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre os pontos FN-130 e FN-150 (Figura 4.13). A variação no conteúdo de sólidos dissolvidos, expressa pela condutividade, é indicativa de que uma fração destes sólidos é incorporada à fração particulada através dos processos biológicos e/ou pela formação de colóides químicos que, em ambos os casos, tendem a floculação e decantação no interior do reservatório. Nas camadas profundas, a condutividade tende à aumentar e, na ocorrência de baixos níveis de oxigênio dissolvido, observam-se valores altos devido à difusão de substâncias do sedimento para a água.

4.1.2.8. Hidrogeologia

a) Introdução

A caracterização da hidrologia subterrânea na área de influência da INB será baseada no estudo “Levantamento de Hidrologia Subterrânea para a Fábrica de Elementos Combustíveis-FEC - Relatório Regional” (FINKELSTEIN, 1980).

O conhecimento hidrogeológico apresentado é baseado na interpretação das informações obtidas do inventário de poços profundos e das condicionantes geológicas existentes à ocorrência de água subterrânea no subsolo regional .

Foram inventariados 43 poços tubulares profundos, a maioria perfurados em rochas cristalinas ou em sedimentos inconsolidados, e uma pequena quantidade perfurada nos dois materiais rochosos. Os poços receberam, como números de identificação, a ordem em que foram inventariados para facilitar sua referência, estando suas características e suas localizações agrupadas na Tabela 4.27 e na Figura 4.16.

b) Embasamento Cristalino

• Considerações Gerais

O termo “rochas cristalinas” é utilizado abrangendo todas as rochas que possuem textura cristalina, ou seja: o embasamento pré-cambriano e as intrusivas alcalinas meso-cenozóicas. Estas rochas podem ser agrupadas porque suas propriedades aquíferas são virtualmente as mesmas; podendo ser consideradas coletivamente como uma unidade hidrogeológica. Nas rochas alcalinas, não foi localizado nenhum poço tubular profundo, visto a região de ocorrência destas rochas possuir relevo muito alto e acidentado, muitos rios, córregos e nascentes, e uma ocupação humana escassa.

Tabela 4.27 DADOS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DA BACIA DE RESENDE E ARREDORES

Nº DO POÇO	LOCAL	PROF. (m)	DIÂM. (m)	REVES T (m)	FILTRO (m)	VAZÃO (m³/h)	N.E. (m)	N.D. (m)	AQUÍFERO	ENTRADA DE ÁGUA (metros)
1	FEC	152	0,15	74	7	6	15	75	gnáisse	38 e 65
2	FEC	150	0,15	49	7	3,5	3	80	r. de comp., gnáisse	24 - 28 e 40 - 43,5
3	FEC	95	0,15	24	-	28,8	5	25	gnáisse	40, 62 e 80
4	BR-116, km 303	60	0,15	44	7	12	13	40	sedimento, gnáisse	25, 35 e 55
5	BR-116, km 301,5	150	0,15	80	10,5	0,8	17	69	sedimento, gnáisse	32-36, 54-58, 76-79 e 144
6	BR-116, km 302	149	0,15	61	-	1,5	57	116	gnáisse	105 e 133
7	BR-116, km 310	139	0,15	139	10,5	16	3	52	sedimento	29-32, 45-52, 58-64, 94-113
8	Resende	131	0,15	104	20	8,8	18	49	sedimento, gnáisse	65-67, 98, 102, 114
9	BR-116, km 302	60	0,15	60	10	2,5	5	38	sedimento	18, 31, 35
10	Resende	100	0,15	80	2,3	0,8	6,2	26	sedimento	77,7 - 80
11	Resende	16	0,15	16	4,7	6	5,2	8	sedimento	7,3 - 12
12	BR-116, km 300,5	80	0,15	80	13,2	2,2	15	60	sedimento	64 - 77
13	BR-116, km 300,5	80	0,15	80	14,4	0,8	7	60	sedimento	61 - 75
14	BR-116, km 300,5	80	0,15	80	10,8	4,2	3	55	sedimento	68 - 79
15	BR-116, km 300,5	77,5	0,15	57	8,8	4,5	11	72	sedimento	17,5-20, 27-30, 48,7-52
16	BR-116, km 300,5	77	0,15	77	7,2	4,7	19	68	sedimento	16,6-19, 25, 8-28, 265, 8-68
17	Penedo	100	0,15	30	-	12	5	45	naísse	47, 73, 87
18	Penedo	150	-	-	-	0	-	-	-	-
19	Resende	120	0,15	80	10,6	6	1	64	sedimento, gnáisse	20-22, 40-42, 71-72, 100, 101
20	Penedo	65	0,15	25	-	2,4	4	42	gnáisse	39 e 47
21	BR-116, km 316	100	0,15	100	5,3	1,2	8	60	sedimento	43-45, 6, 73-75, 6
22	BR-116, km 316	70	0,15	18	-	6,6	5	30	gnáisse	30
23	Santa Isabel	52	0,15	52	-	18	5,2	15	sedimento	11, 2-15, 8, 21, 5-27, 9, 33, 2-39
24	Resende	57	0,15	57	4,6	22	4	19	sedimento	8, 8-11, 2, 18-20, 4
25	Bulhões	100	0,15	17	-	0,3	10	60	gnáisse	34
26	Bulhões	70	0,15	12	-	0,4	7	50	gnáisse	22
27	BR-116, km 301	81	0,15	81	38	14	9	45	sedimento	21, 7-40, 9, 46, 7-59, 3, 70, 9-77
28	BR-116, km 316	57	0,10	57	52	3,1	1	34	sedimento	37-42, 46-49

Tabela 4.27 cont.

Nº DO POÇO	LOCAL	PROF. (m)	DIÂM. (m)	REVES T (m)	FILTRO (m)	VAZÃO (m³/h)	N.E. (m)	N.D. (m)	AQUÍFERO	ENTRADA DE ÁGUA (metros)
29	BR-116, km 316	123	0,10	123	74	3,7	2	60	sedimento	37-53, 68-75, 99-104
30	Resende	120	0,10	120	55	18,7	0,7	13	sedimento, gnaísse	61-70, 74, 5-80, 102
31	Resende	108	0,12	60	18	4,8	2,2	45	гнаísse	23
32	Resende	46	0,12	46	28	12,5	6	30	sedimento, r. de comp.	19-23, 35-37, 42-46
33	BR-116, km 302,5	45	0,12	38	34	5,8	1,8	1,6	sedimento	14-28
34	Resende	35	0,12	35	11	0,3	3,4	18	sedimento	31-33,5
35	Resende	56	0,12	56	32	4,8	7	20	sedimento	34-46
36	Resende	95	-	-	-	0	-	-	sedimento, gnaísse	-
37	Resende	100	0,12	66	30	4	3,5	30	гнаísse	56, 72
38	BR-116, km 296	80	0,15	80	20	10	8	28	sedimento	15-26, 43-46, 65, 5-67,5
39	BR-116, km 334	61	0,15	51	15	2,2	6	45	r. de composta	13-25
40	Fazenda Fogueteiro	110	0,15	-	10	6,2	12	49	r. de comp., gnaísse	24, 4-27, 9, 35, 2-38, 7, 44, 7-48
41	Fazenda Fogueteiro	220	0,15	19	-	1,2	5	-	granito	97, 170, 199
42	Resende	66	0,12	57	46	4	3	6	sedimento, r. de comp.	11-21, 29-35, 44-53
43	BR-116, km 288	80	0,15	45	12	15	2	24	r. de comp., gnaísse	20-28, 77,5

Fonte: FINKELSTEIN, 1980

As características aquíferas das rochas cristalinas são condicionadas pela existência de fraturas, falhas e a amplitude do manto de intemperismo, pois a porosidade intersticial é praticamente nula, dado o caráter maciço de seus constituintes mineralógicos.

Aberturas intersticiais causadas por intemperismo formam zonas de espessuras variada, comumente de 3 a 30 m. Em áreas de erosão rápida, a rocha sã pode aflorar na superfície, enquanto que onde a erosão é lenta, a rocha intemperizada pode atingir muitas dezenas de metros. A passagem da rocha intemperizada para a sã pode ocorrer através de uma distância vertical variando de 3 a 6 m. As perfurações buscando água nas rochas cristalinas não devem desprezar a captação na zona de intemperismo pois esta, quando permeável, pode apresentar vazões significativas.

As aberturas secundárias, originadas por movimentos tectônicos, fraturas e falhas, não aumentam a porosidade da rocha sã na mesma proporção que o intemperismo. Segundo DAVIS (1969 *apud* FINKELSTEIN, 1980) este aumento não é maior que 2 a 5%. Em alguns lugares as fraturas são muito estreitas, em outros bem abertas, formando reservatórios de considerável capacidade. Sua abertura diminui com a profundidade, sendo convencionalmente que raramente estão abertas a mais de 150 m.



Figura 4.16 MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DE RESENDE E ARREDORES

Fonte: FINKELSTEIN, 1980

As causas que dão origem às fraturas são a tensão, contração e deformação. Onde há grandes deformações, as rochas podem se deslocar ao longo das fraturas, produzindo falhas e/ou zonas cisalhadas, que se estendem a grande profundidade e têm especial significado como reservatórios e condutos de água.

Nas áreas onde aflora o embasamento cristalino, a topografia é comumente controlada pelas feições estruturais das rochas. Os traços na superfície das feições principais são gravados no relevo pelos processos de erosão, pois são zonas de fraqueza.

As duas feições básicas refletidas na topografia são a xistosidade e o sistema de fraturamento. A xistosidade e um dos sistemas de fratura, na região de interesse, são paralelos. O outro sistema de fraturas tem a direção perpendicular aos primeiros, estando todas essas feições fortemente inclinadas. Outras feições que podem ser expressas e conter água são as falhas e zonas de contato entre rochas diferentes.

Os leitos onde os rios cursam o embasamento cristalino estão essencialmente ajustados ao padrão estrutural e indicam zonas de fraqueza, nas quais as rochas são permeáveis e percola água. Poços perfurados ao longo dessas zonas de fraqueza, ou melhor, na interseção de duas delas têm grande possibilidade de êxito. Assim como vales indicam zonas de fraqueza na rocha, colinas são comumente formadas de rochas mais resistentes e menos permeáveis.

É notável a existência de níveis de água diferentes encontrados, às vezes, em poços próximos. Esse fenômeno é explicado pelo fato que, no mesmo fendilhamento aquífero, existem diferenças na velocidade da água, sob a mesma pressão hidrostática, provocadas por variação na interligação e/ou abertura das fraturas.

• Características dos Poços no Embasamento Cristalino

As profundidades dos poços, com entradas de água somente na rocha sã, variam de 65 a 220 m, tendo uma profundidade média de 112 m, enquanto os poços com entradas de água tanto na rocha decomposta como na sã, variam de 61 a 150 m, com uma média de 100m (Tabela 4.28).

Tabela 4.28 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS NO CRISTALINO

Aquífero	Nº de poços		Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Esp. (m ³ /h/m)
Rocha Sã	11	Médio	112	10,7	51,8	6,2	0,24
		Máximo	220	57,0	116	28,8	1,44
		Mínimo	65	2,2	25,0	0,3	0
Rocha Decomposta e Sã	4	Médio	100	6,5	49,5	6,7	0,23
		Máximo	150	12,0	80,0	15,0	0,68
		Mínimo	61	3,0	24,0	2,2	0,04



Nesses poços as quantidades de fraturas com água variaram desde 14 até 199 m, de acordo com as seguintes profundidades:

0 - 30 m:	13,6%
31 - 60 m:	31,8%
61 - 90 m:	31,8%
91 - 120 m:	9,0%
121 - 150 m:	4,6%
151 - 180 m:	4,6%
181 - 210 m:	4,6%

Os dados acima indicam que a probabilidade de se encontrar fraturas com água é maior nos primeiros 90 m, diminuindo com a profundidade. A diminuição da abertura das fraturas com a profundidade pode ser constatada nos poços de números 6 e 41, que possuem baixa vazão. O nível piezométrico das zonas aquíferas em que a água se armazena nas fraturas é pouco profundo, aproximadamente 6 m em 10 poços.

As vazões variam de nula a 28,8 m³/h, sendo que a média nos poços que captam água também da rocha decomposta é um pouco maior, como era de se esperar. Entretanto, o valor da vazão não é medida adequada do êxito do poço, porque em muitos deles não são as vazões máximas possíveis. Uma medida mais significativa é a vazão específica, onde o rebaixamento necessário para obter a vazão é considerado.

As vazões específicas médias são praticamente idênticas nos poços captando água nos dois tipos de aquíferos. Se a rocha decomposta fosse bem permeável, a vazão específica dos poços que captassem água dela deveria ser bem mais alta, como pode ser comparado nos poços de números 40 e 41.

c) Água Subterrânea nos Sedimentos Terciários

• Considerações Gerais

Nos sedimentos, a existência de aquíferos está condicionada à ocorrência de água ocupando os poros entre as partículas rochosas, e que estes poros tenham tamanho suficiente para permitir o movimento de água sob ação da gravidade.

A maior espessura sedimentar da Bacia de Resende, comprovada através desse inventário, é a profundidade do poço n^o 7, que possui 139 m, não tendo alcançado o embasamento cristalino. Em 29 poços perfurados dentro da bacia, 13 atingiram a rocha cristalina a diversas profundidades, mostrando a existência de uma certa irregularidade.

Os perfis geológicos dos poços indicam uma sucessão de camadas arenosas e argilosas, entremeadas com níveis de cascalho. As camadas de areia pura são raras e contêm, na maioria das vezes, uma percentagem significativa de material pelítico. Apesar deste depósito sedimentar representar vários ciclos de deposição separados por intervalos de erosão, são hidrologicamente inter-relacionados e atuam como um simples aquífero por toda a bacia, sendo a água explorada nas camadas de areia e lentes de cascalho.



Os membros rudáceos são de pequena extensão e muito argilosos e, por suas posições estratigráficas e situações topográficas, estão acima da superfície freática, portanto não sendo aquíferos. Os depósitos holocênicos, porosos e permeáveis, mesmo possuindo pequena espessura, podem ser aproveitados em pequenos abastecimentos rurais, através de poços escavados.

- Características dos Poços nos Sedimentos Terciários

As vazões específicas obtidas são muito variadas, refletindo uma deficiência na qualidade dos poços. Os poços que, além do sedimento, retiram água também da rocha cristalina, têm a vazão média maior do que aqueles perfurados somente nos sedimentos. O mesmo ocorrendo com as vazões específicas médias. Isto é uma contradição, que confirma a imperfeição na captação manancial sedimentar, pois mostra que os resultados são melhores devido à água de fraturas, quando na realidade os sedimentos aquíferos tem capacidade de fornecer vazões maiores com rebaixamentos menores (Tabela 4.29).

Tabela 4.29 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS NOS SEDIMENTOS

Aquífero	Nº de poços		Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Esp. (m ³ /h/m)
Sedimento	19	Médio	72	6,5	39,7	6,5	0,42
		Máximo	139	19	72	22	2,14
		Mínimo	16	1	8	0,3	0,01
Sedimento e Rocha	7	Médio	99	8,3	38,7	9	0,60
		Máximo	150	18	69	18,7	1,52
		Mínimo	46	0,7	6	0,8	0,01

d) Recarga, Circulação e Descarga

A maior parte da água subterrânea na região em estudo é derivada da precipitação local. A parte restante entra na região, em alguns pontos, por fluxo subterrâneo de áreas adjacentes, porém em quantidade muito menor que a resultante da infiltração.

A quantidade de precipitação sobre o terreno é um fator fundamental na quantidade de água que alcança o aquífero subterrâneo. As duas estações pluviométricas escolhidas como representativas, Resende e Barreirinha, possuem médias anuais de chuva de 1.593 mm (período 1961-1990) e 1.717 mm (período 1931-1975), respectivamente. Utilizando a média entre elas de 1.655 mm, se observa que o volume anual precipitado em 1 km² é de 1,65x10⁶ m³.

Somente parcela pequena da precipitação alcança a zona de saturação. Parte flui como escoamento superficial pelas drenagens, parte evapora diretamente, e parte infiltra no solo. Da água que penetra no solo, uma quantidade é retida na zona das raízes, como umidade, sendo mais tarde evaporada ou transpirada pela vegetação. A água restante continua a infiltrar até alcançar a superfície freática.



Fatores como quantidade e intensidade de chuva, capacidade de infiltração do solo, permeabilidade da rocha, profundidade da superfície freática, topografia e vegetação afetam a quantidade de água subterrânea recarregada.

O balanço hídrico, segundo o método de THORNTHWAITE e MATHER, indica que no centro do vale existe disponibilidade de água para infiltração no período de novembro a abril e, nas encostas das serras que o limitam, no período de outubro a maio.

As zonas de fraturas da rocha cristalina não são alimentadas diretamente pela precipitação, a não ser nos cumes das serras. O expressivo manto de intemperismo desenvolvido nas áreas de encosta, bem como a formação alúvio-colvionar nos fundos dos vales, funcionam como fonte de alimentação deste aquífero. A água nesses materiais se move no contato com a rocha sã até encontrar as fraturas, fornecendo quantidades consideráveis de água numa restituição anual lenta e constante. Os excessos desta restituição aparecem, muitas vezes, brotando difusos nas proximidades do contato com o embasamento. Logo que a água chega à zona de saturação, começa a se mover na direção do gradiente hidráulico para pontos ou áreas de descarga.

A água é descarregada da zona de saturação onde a superfície freática intercepta a superfície topográfica: em rios e lagos, e em nascentes. Além disso, é evaporada onde a superfície freática está pouco profunda, sendo transpirada onde as raízes das plantas se estendem a orla de capilaridade. Uma quantidade relativamente pequena de água subterrânea deixa a região por fluxo subterrâneo lateral.

A exploração dos aquíferos por poços complementa, artificialmente e em pequenas quantidades, a descarga da região. A maior parte da água descarregada da zona de saturação, na região, percola para os rios, drenando pelas margens e fundo. Os rios, se mantendo perenes durante todo o ano, mostram que a descarga é contínua, pois é a água subterrânea que mantém o seu fluxo básico.

Não existe uma superfície freática regional típica, com linhas equipotenciais paralelas ou semi-paralelas, com altitude decaindo em direção ao rio Paraíba do Sul. Nesse ambiente de rochas cristalinas, com topografia acidentada, as elevações com seus interiores maciços comandam a circulação da água freática, em cada vale. Em cada área de tributário do rio Paraíba, a inclinação da superfície freática é das paredes do vale em direção ao rio, existindo um componente menor da inclinação paralelo à direção do fluxo do rio. Essa regra funciona no manto de intemperismo, no aluvião e na rocha fraturada, qualquer que seja sua trama. Pelo fundo dos vales o fluxo subterrâneo, não descarregado, percola em direção ao Paraíba do Sul, nível de base regional. Em toda a Bacia Sedimentar de Resende, o fluxo subterrâneo percola em direção ao rio Paraíba do Sul.

4.1.3 Geologia

4.1.3.1. Geologia Regional

a) Mapa Geológico da Área de Influência Direta do Empreendimento

O Mapa Geológico (MAP-000-04-002), em escala 1:100.000, encontra-se em anexo.

b) Embasamento Cristalino

Segundo MACHADO & DEMANGE (1994), “O segmento do Cinturão Paraíba do Sul, no Estado do Rio de Janeiro (...) organiza-se em quatro domínios estruturais maiores, dispostos, de NW para SE, na seguinte ordem: (1) Domínio Juiz de Fora, (2) Domínio Paraíba (Norte e Sul), (3) Domínio Serra dos Orgãos e (4) Domínio Litorâneo (Norte e Sul) (Figura 4.17).

O Domínio Juiz de Fora é formado por rochas metamórficas de alto grau, com amplo desenvolvimento de fácies granulito. Nele, distinguem-se três unidades: uma plutônica, com rochas charnockíticas, e duas outras essencialmente metassedimentares. Destas, uma é formada por gnaisses quartzo-feldspáticos e outra por gnaisses granadíferos, incluindo ainda gnaisses miloníticos e blastomiloníticos.

Segundo DNPM (1984), o metamorfismo das rochas deste domínio estrutural tem sido atribuído ao ciclo tectonometamórfico Transamazônico e, portanto, a idade destas é anterior a 1,8-2,2 G.a (Proterozóico Inferior). No Projeto RADAMBRASIL (1983), são apresentadas datações radiométricas de charnockitos deste domínio, cujas idades variaram de 2,2 a 2,65 G.a.

O Domínio Paraíba do Sul é subdividido por uma zona de cisalhamento em Domínio Paraíba Norte (fácies anfíbolito, a SW, e granulito, a NE) e Domínio Paraíba Sul. No domínio Norte afloram mais extensivamente rochas do embasamento e, no domínio Sul, predominam rochas metassedimentares. Segundo RADAMBRASIL (1983), as datações radiométricas de rochas deste domínio indicaram idades variando de 420 a 670 M.a., constatando que a hipótese mais provável é a formação destas rochas durante o ciclo tectono-metamórfico Brasileiro.

Os domínios Serra dos Orgãos e Litorâneo não serão abordados nesta descrição por estarem localizados distantes da região do empreendimento.

Figura 4.17 MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS DOMÍNIOS ESTRUTURAIS E DE CLASSIFICAÇÃO TECTÔNICA DOS GRANITÓIDES

c) Rochas Magmáticas Juro-Cretáceas

Diques de diabásio na forma de enxames, dispersos no embasamento, com direções próximas a N-S registram a presença na área da primeira fase de magmatismo relacionado à reativação da Plataforma Brasileira, provavelmente associado ao magmatismo basáltico fissural das bacias do Paraná e de Santos, ocorrido no Neojurássico e Eocretáceo.

As intrusões de rochas alcalinas, representadas pelos maciços de Itatiaia e Passa Quatro, de idade Neocretácea a Terciária, são constituídas por nefelina-sienitos, foiaitos, núcleos de alcali-sienitos e brechas magmáticas, cortadas localmente por alcali-granitos (PENALVA, 1967 *apud* SALVADOR 1994). LAUAR (1988 *apud* SALVADOR 1994) obteve através do método K/Ar idades de aproximadamente 66,7 Ma. para o maciço de Passa Quatro e 73 Ma. para o maciço de Itatiaia.

Neste mesmo intervalo de tempo podem ainda ser incluídas as faixas de rochas silicificadas que ocorrem paralelas a zonas de falhas. Nestas faixas, ocorre silicificação de rochas cataclásticas, brechas com fragmentos de rochas do embasamento em matriz silicosa e diques de rochas alcalinas também silicificados, produtos de percolação de soluções hidrotermais ligados a fases finais de diferenciação do magmatismo alcalino (IPT, 1983 *apud* SALVADOR 1994).

d) Sedimentos Terciários

MELO *et al.* (1985) realizaram uma revisão na proposta pioneira de estratigrafia da Bacia de Resende de AMADOR (1975) e AMADOR *et al.* (1978) baseada, segundo os autores, em correlações geomorfológicas que não consideraram o papel da tectônica na bacia. Foi mantida a designação Formação Resende para os depósitos terciários, abandonando-se as designações Formação Floriano e Formação Bulhões e, em seu lugar, foi definida uma “associação de depósitos quaternários de diversas origens, ligados à geomorfogênese, e que se relacionam de forma complexa, sendo, porém, claramente definíveis.”

A nova proposição de estratigrafia para a Bacia de Resende subdivide os sedimentos terciários em duas fácies: “uma rudácea, formada por depósitos de antigos cones de dejeção coalescentes; outra fluvial, constituída por depósitos de sistema fluvial anastomosado, contendo, eventualmente, porções mais distais de corridas de lamas da fácies rudácea.” (Figura 4.18).

A fácies rudácea da Formação Resende é melhor representada na extremidade oeste da bacia, também ocorrendo ao longo de toda sua borda norte em manchas isoladas. Estes depósitos são constituídos por camadas de conglomerados e brechas polimíticas (fragmentos de rochas do embasamento e dos maciços alcalinos) intercaladas com camadas de sedimentos com predominância de matriz lamítica ou arenosa, contendo poucos clastos de rocha de pequeno tamanho. As estruturas sedimentares presentes são a própria alternância de camadas, e incipiente estratificação, esta nas camadas arenosas da fácies rudácea da porção oeste da bacia.



As características dos depósitos da fácies rudácea indica, transporte sob a forma de corridas de lama (*debris flow*) a partir do importante relevo da borda norte da bacia. Este relevo é ligado ao maciço do Itatiaia, e/ou à atividade de falhas normais que formaram a serra da Mantiqueira e a própria depressão tectônica.

Figura 4.18 GEOLOGIA DA ÁREA DA BACIA DE RESENDE



A fácies fluvial da Formação Resende é representada por sucessões de bancos com estratificação gradacional, com o material variando de conglomerático na base a pelítico no topo. Estratificações cruzadas acanaladas, diástemas, retrabalhamento de camadas pré-existentes e omissão de alguns termos granulométricos dentro da sequência de um banco são feições comuns.

Em alguns locais, como na seção-tipo da Formação Resende definida por AMADOR (1975), situada às margens do rio Paraíba do Sul a noroeste da cidade de Resende, predominam bancos que se iniciam na base por leitos de seixos, passam para areias grossas a conglomeráticas com estratificação cruzada planar ou tangencial na base e, em direção ao topo, para areias finas a siltes argilosos. Depósitos com tal constituição são interpretados como barras longitudinais de sistema fluvial entrelaçado. Algumas intercalações de lamitos maciços nesses depósitos podem constituir-se em porções distais de corridas de lama de leques aluviais tributários do sistema fluvial principal.

Os sedimentos da fácies rudácea possuem matriz argilosa rica em esmectita, considerada pelos autores um mineral aparentemente neoformado, refletindo, em parte, a composição mineralógica dos sedimentos originais. Minerais pesados instáveis como apatita, hornblenda e granada são relativamente abundantes. Os sedimentos da fácies fluvial apresentam constituintes do embasamento pré-cambriano e também dos maciços alcalinos. Porcentagens elevadas de feldspatos (caráter arcoseanos a sub-arcoseano), de biotita, bem como de granada em certos níveis, indicam elevada imaturidade mineralógica.

Na área da soleira de Resende, a nordeste desta cidade, sedimentos lamíticos a arenosos da fácies fluvial da Formação Resende apresentam concrecionamento carbonático em nódulos e ao longo de fraturas, interpretado como “caliche”, indicativo de paleoclima árido a semi-árido, com importante evaporação.

Em relação à tectônica da bacia, “A posição das falhas E-NE, a distribuição das fácies sedimentares, o basculamento dos sedimentos e sua maior espessura em direção ao norte, e a própria morfologia da área permitem caracterizar a Bacia de Resende como uma depressão assimétrica, em forma de semi-graben, formada na conjunção de blocos de falhas normais, basculados para N-NW.”

e) Sedimentos Quaternários

Os sedimentos pleistocênicos e holocênicos ocorrem em toda a área estudada, sobre rochas do embasamento ou sedimentos terciários.

O IPT (1983 *apud* SALVADOR, 1994) descreve, sobre os sedimentos terciários, uma superfície de cimeira muito regular, associada a um nível tabular de cascalhos com pouca matriz, com seixos de quartzo, quartzito e, por vezes, de rochas alcalinas, depósito este interpretado como resultante de sedimentação em clima semi-árido.

Depósitos de tálus são descritos nas proximidades dos maciços alcalinos e junto às cristas sustentadas por faixas de rochas silicificadas, além de aluviões rudáceos derivados do retrabalhamento destes tálus, colúvios e complexos colúvio-alúvios preenchendo alvéolos,



aluviões subatuais, aluviões em várzeas atuais e depósitos aluviais dispostos sobre os níveis de baixos terraços.

MOURA & MEIS (1986 *apud* SALVADOR, 1994) elaboraram uma coluna estratigráfica preliminar para a região de Bananal/SP, a qual poderia, segundo os autores, ser estendida para grande parte do vale do rio Paraíba do Sul. A partir destes estudos, MOURA & MELLO (1991 *apud* SALVADOR, 1994) propuseram formalmente uma classificação com base na definição de unidades aloestratigráficas, sugerindo nove aloformações que representariam os depósitos quaternários na região (Figura 4.19).

1. *Aloformação Santa Vitória*, de idade pleistocênica, compreendendo depósitos coluviais mais antigos;
2. *Aloformação Rio Bananal*, de idade pleistocênica, correspondendo também a depósitos coluviais de grande espessura, em descontinuidade sobre os depósitos da unidade anterior. O limite superior desta unidade é marcado por uma feição pedogenética (paleohorizonte A);
3. *Aloformação Rio das Três Barras*, de idade holocênica, interpretados como paleolagos resultantes de represamentos locais dos cursos fluviais;
4. *Aloformação Cotiara*, de idade holocênica, representada por depósitos coluviais, evidenciando uma nova fase de retrabalhamento dos regolitos e remodelamento das encostas;
5. *Aloformação Rialto*, de idade holocênica, representando níveis superiores de terraços fluviais nos vales principais;
6. *Aloformação Manso*, de idade holocênica, reunindo depósitos fluviais e de encostas interdigitados. A fácies Fazendinha representa os depósitos coluviais, a fácies Campinho representa depósitos aluviais e a Quebra-Canto, aluviais-coluviais. Correspondem ao nível superior de terraços fluviais em muitos vales tributários e parece registrar uma fase de grande instabilidade da paisagem, marcado por intensa atividade erosiva e entulhamento generalizado de vales fluviais;
7. *Aloformação Piracema*, de idade holocênica, representando uma fase de retrabalhamento de encostas, gerando novos depósitos coluviais;
8. *Aloformação Resgate*, de idade holocênica, representada por depósitos fluviais meandranes e documentado no nível intermediário dos terraços; e
9. *Aloformação Carrapato*, correspondendo a depósitos coluviais, representando uma fase recente de remodelamento das encostas, sendo o último evento identificado regionalmente.

Figura 4.19 COLUNA ESTRATIGRÁFICA PARA O QUATERNÁRIO DO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL

Fonte: Moura e Mello (1991)

4.1.3.2. Geologia Estrutural

a) Embasamento Pré-Cambriano

A região onde está inserido o empreendimento está situada na Faixa de Cisalhamento São Paulo (HASUI *et al.*, 1982). Trata-se de um feixe de falhas transcorrentes que se estende com direção NE-SW na região de Juiz de Fora/MG e Santo Antônio de Pádua/RJ até se perder sob a Bacia do Paraná nas regiões de Itu/SP, Castro/PR e Campo Largo/PR (Figura 4.20).

A Faixa de Cisalhamento São Paulo prossegue para norte além dos limites citados, através de feixe de falhas de empurrão, que configura a estrutura imbricada da região limítrofe entre Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Essas falhas têm vergência para o interior e, se a sul tem direções NE, para o norte tem a N-S. As faixas de cisalhamento constituem uma característica do Cinturão Móvel Costeiro, traduzindo os intensos deslocamentos do fim do ciclo Brasileiro (Neoproterozóico), sendo que muitas dessas falhas foram reativadas com caráter gravitacional (falhas normais) no Mesozóico-Cenozóico.

Segundo MACHADO & ENDO (1993), “a estrutura sinclinal do vale do Rio Paraíba do Sul no Rio de Janeiro é entendida (...) como uma megaestrutura em flor positiva, resultante da instalação de uma tectônica transpressional, com movimentação destal, de idade Brasileira. O Cinturão Ribeira, aqui entendido como um cinturão de cisalhamento, passa a ser denominado (...) Cinturão de Cisalhamento Atlântico, podendo ser distinguidas três zonas de cisalhamento principais que, de NW para SE, foram assim denominadas: Zona de Cisalhamento Juiz de Fora-Jaguari-Taxaquara, Z.C. Além Paraíba-Cubatão-Lancinha e Z.C. Niterói. Estas três zonas de cisalhamento foram englobadas sob a denominação de Sistema de Cisalhamento do Paraíba do Sul. Este sistema possui direção geral NE-SW a norte do paralelo 22°S (...) Algumas zonas de cisalhamento desse sistema parecem corresponder a reativações de estruturas mais antigas, cuja idade deve remontar pelo menos ao Transamazônico, constituindo assim uma matriz de atividade contínua pelo menos até o Terciário.”

De acordo com SADOWSKI (1991), “O conjunto de falhas, conhecidas como transcorrentes, que bordeja a costa sudeste brasileira envolvendo as falhas de Cubatão, Além-Paraíba, Lancinha, Itapeúna, etc., constitui parte de um Sistema de Falhamento de mais de 2.000 km de extensão com evolução e estruturação complexa, ao qual designamos de Sistema de Falhamentos Cubatão ou Megafalha Cubatão. (...) Os indícios texturais e tectoglifos de deformação mostram, para a falha de Cubatão, uma evolução extremamente complexa desde falhamento inverso até transcorrente destal e sinistral, como normal a oblíquo. Cataclasitos com evidências de recristalização posterior com imposição de novas xistosidades bem demonstram tal aspecto. As idades das rochas afetadas variam desde o Proterozóico Superior até o Mesozóico. Reativações chegam a afetar sedimentos do Cenozóico. E, há evidências, embora ainda tênues, de movimentação atual ao longo de falhas de direção NW que não pertenceriam ao Sistema.”



Figura 4.20 ESTRUTURAS ASSOCIADAS A BORDA SW DA BACIA DE RESENDE



Neste mesmo trabalho, o autor frisa a importância das fraturas NW na evolução tectônica da borda continental. O lineamento de Cabo Frio e Guapiara são os mais representativos deste sistema. RICCOMINI *et al.* (1989 *apud* SADOWSKI, 1991) comprovou a atividade de uma falha desta direção cortando o maciço alcalino de Itatiaia.

Segundo VALERIANO & HEILBRON (1993), “A estrutura pré-cambriana da porção central do Estado do Rio de Janeiro e região mineira adjacente, entre Bom Jardim de Minas e Barra do Piraí (...) é caracterizada pelo empilhamento de três grandes escamas de empurrão dirigidas para NW durante a orogênese brasileira (650 M.a), com intenso cisalhamento de baixo ângulo associado a metamorfismo de alto grau. A escama inferior (Domínio Tectônico Andrelândia, DTA) compõe-se de metassedimentos do Grupo Andrelândia e seu embasamento dobrado intensamente; a escama intermediária (Domínio Tectônico Juiz de Fora, DTJF), cujo empurrão basal acompanha a grosso modo o vale do Rio Preto, constitui-se de intenso imbricamento tectônico de rochas do Grupo Andrelândia com seu embasamento ortognáissico, em grande parte granulítico; e a escama superior (Domínio Tectônico Paraíba do Sul, DTPS) é composto por metassedimentos do Grupo Paraíba do Sul com muitos corpos granitóides gnaissificados.” O limite do empurrão basal do DTPS sobre o DTJF ocorreria sob os sedimentos terciários da Bacia de Resende, de modo que a sul desta bacia (inclusive o alto estrutural de Resende) afloram metassedimentos do Grupo Paraíba do Sul e ortognaisses intrusivos; e a norte aflora a intercalação tectônica entre metassedimentos do Grupo Andrelândia e seu embasamento ortognáissico, inclusive com rochas granulíticas.

Segundo MACHADO & DEMANGE (1994), a história deformacional do Cinturão Paraíba do Sul pode ser agrupada em quatro fases tectônicas regionais que, da mais antiga para a mais nova, são designadas de F₁, F₂, F₃ e F₄, e apresentam diferentes características:

“A fase F₁ responde pela formação de um bandamento deformacional, tendo sido acompanhada por intenso metamorfismo e migmatização. As dobras desta fase são raras e, quando presentes, são do tipo isoclinal. Nas rochas supra e infracrustais, ou estas estruturas foram integralmente transpostas pela fase F₂ ou elas não tiveram desenvolvimento regional.(...)”

A fase F₂ aparece como evento de deformação principal, sendo responsável pela geração da foliação regional (...). A esta fase associam-se, a nível regional, zonas de cisalhamento dúcteis de baixo ângulo, as quais imprimiram um forte caráter milonítico a blastomilonítico às rochas do domínio Juiz de Fora, assim como a certos núcleos do embasamento do domínio Paraíba.

A fase F₃ (...) foi responsável pela estruturação das grandes dobras regionais, com valor de sinclínório (domínio Paraíba), ou de anticlínório (domínio Serra dos Orgãos), e também pela implantação e reativação de zonas de cisalhamento de alto ângulo, cuja idade é posicionada ao redor de 550 Ma.(...)

A fase F₄, de direção transversal à orientação geral do cinturão (NW-SE a WNW-SSE e NNW-SSE), mostra-se descontínua e é responsável por estruturas de importância secundária. A esta fase associam-se dobras suaves e abertas e também zonas de cisalhamento rúpteis e rúpteis/dúcteis, menos expressivas que as anteriores.”

b) Bacia de Resende

ASMUS & FERRARI (1978 *apud* SALVADOR, 1994) sugerem um modelo de evolução da margem continental sudeste, iniciado durante a fase preliminar da abertura do oceano Atlântico (estágio pré-rift valley), entre o Permiano e o Triássico. Na região compreendida pela atual Bacia de Santos e faixa continental emersa adjacente, entre o Rio de Janeiro e Florianópolis, teria se desenvolvido uma área de tipo dômico. Tal soerguimento, causado provavelmente por anomalia tectono-térmica trará, segundo os autores, “implicações que irão refletir nos processos subsequentes de evolução da área”. “Processos de afinamento da crosta, de um lado, e acumulação de sedimentos, de outro, na sequência da evolução da margem continental, determinaram pronunciado desequilíbrio isostático entre porções continentais e oceânicas. Na busca do equilíbrio entre essas duas porções, deu-se continuado e oposto movimento vertical de soerguimento e subsidência, respectivamente (...) Esse desequilíbrio isostático desencadeou um jogo de intensos movimentos verticais, opostos, na bacia de Santos e na adjacente área continental emersa. Em resultado dos esforços a que esteve submetida a crosta, ocorreram falhamentos normais, principalmente, ao longo de direções de foliação e de falhamentos transversais pré-cambrianos. O deslizamento gravitacional ao longo dessas direções determinou o basculamento de blocos crustais, cujo arranjo, intensamente modificado hoje por processos erosivos e deposicionais, se configurou à maneira de cristas (as atuais Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e o Maciço Carioca) e as cavas intermediárias (os atuais semigrabens do Paraíba do Sul e Baixada Fluminense).”

CAMPANHA *et al.* (1985), através da coleta e análise conjunta da atitude de planos de falhas e estrias de atrito nelas contidas, procuraram determinar os eixos principais de deformação que afetaram as bacias tafrogênicas.

Foi determinado um padrão estrutural semelhante nas quatro bacias (São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda), com um esforço principal compressivo na direção vertical, gerando falhas normais; e um esforço trativo (direção de maior extensão) na direção NW-SE horizontal. Segundo os autores, estes esforços produziram “conjugados de falhas segundo a direção NE-SW, sendo o embaciamento e as falhas E-NE devidas à atitude das anisotropias planares pré-existentes. Falhas direcionais, principalmente na direção NW-SE, as quais foram explicadas por MELO (1984, 1985) como devidas a uma fase posterior relacionada a uma zona de cisalhamento transcorrente, poderiam também ser interpretadas como devidas à decomposição da componente cisalhante sobre os planos com essas direções, ou como devidas a rearranjos locais nos sistemas de esforços, ou ainda, para compatibilizar geometricamente os movimentos das falhas através de todo o sistema.”

O conjunto de sedimentos cenozóicos é cortado por estruturas correspondendo a quatro sistemas principais de lineamentos de direções ENE a EW, NNW, NNE e WNW (LIU, 1984; FRANCHITTO, 1987 e RICCOMINI, 1989 *apud* SALVADOR, 1994), que são caracterizadas por falhas de movimentação predominantemente normal ou reversa, de componente direcional, dextral ou sinistral e situações intermediárias. Além destas estruturas mais comuns, podem ser observadas algumas falhas de empurrão, dobras e juntas (Figura 4.21).



Figura 4.21 MAPA DE LINEAMENTOS INTERPRETADOS DE MOSAICO DE RADAR



As falhas de direção ENE a EW acompanham as antigas zonas de cisalhamento do embasamento, no limite da borda norte das bacias, conferindo a estas seu formato alongado. As movimentações são de caráter normal ou reverso, transcorrência dextral ou sinistral e deslocamentos com componentes intermediárias, podendo associar-se à estruturas em flor positivas e negativas (RICCOMINI, 1989 *apud* SALVADOR 1994).

As falhas do sistema ENE são oblíquas ao eixo das bacias, compartimentando-as internamente. Possuem caráter predominantemente transcorrente dextral, podendo ocorrer movimentações normais e reversas.

O sistema NNW é caracterizado por falhas ortogonais ao eixo da bacia, com caráter predominantemente normal e transcorrente sinistral, podendo, no entanto, ocorrer movimentações reversas e transcorrentes dextrais.

As falhas do sistema WNW controlam aparentemente os altos estruturais que compõem as soleiras de Queluz e Floriano-Barra Mansa, colocando blocos de rochas do embasamento sobre sedimentos cenozóicos.

As falhas de empurrão ocorrem localmente nas soleiras de Arujá, Queluz e Floriano-Barra Mansa, colocando blocos de embasamento sobre sedimentos cenozóicos.

Além de falhas, ocorrem na região dobras em escala mesoscópica e regional, sendo, dentre as primeiras, algumas provocadas por arrasto de falhamentos. Ocorrem ainda famílias de juntas pouco densas nos sedimentos.

c) Neotectônica

Segundo SALVADOR (1994), “Até o momento, foram cadastradas aproximadamente 60 dados de falhas em sedimentos coluvionares, colúvio-aluviais e aluviais quaternários. As direções gerais dos falhamentos são ENE e NNE, com movimentações normais e direcionais dextrais ou sinistrais, mostrando componentes intermediários. Estes falhamentos deslocam níveis conglomeráticos, nos quais os seixos exibem estrias de atrito.

As medidas tomadas de juntas em depósitos colúvio-aluviais indicam falhas conjugadas de direções ENE a NE e NNW a NW. Localmente, falhas de direção NE, concordantes com a foliação local, formam grabens com espessura de pelo menos 15 m, colocando, em contato tectônico lateral rochas do embasamento e sedimentos aluviais.(...)

Foram identificadas duas fases de geração de depósitos coluviais, três fases de geração de depósitos aluviais e três fases de movimentação tectônica.

A primeira fase neotectônica corresponde a transcorrência dextral, de idade supostamente neogênica-quaternária. Esta fase é responsável pela colocação de rochas do embasamento sobre sedimentos da Formação Resende.

Uma segunda fase neotectônica corresponde a uma extensão WNW-ESE, responsável pela colocação tectônica de sedimentos coluviais e terraços previamente depositados entre rochas

do embasamento. Esta fase é também responsável pela formação de feições de escarpas de falhas, associadas a vales atuais, onde ainda encontra-se preservada a morfologia de leques, com sedimentação Sul, coluvial, fornecendo sedimentos para terraços pré-atuais e atuais.

Estes sedimentos coluviais, bem como os terraços pré-atuais e atuais, são afetados por um tectonismo recente com esforço compressivo de direção E-W. Estas estruturas apontam para a existência de nova mudança do campo de esforços para um regime compressivo de direção aproximada E-W, posterior à extensão WNW-ESE proposta por RICCOMINI (1989) e concordante com as observações de ASSUMPÇÃO (1992).”

d) Mapa de Lineamentos

O termo lineamento significa “uma feição linear mapeável, simples ou composta, contínua ou descontínua, da superfície terrestre, cujas partes estão alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo e que difere distintamente dos padrões de feições que lhe são adjacentes e, presumivelmente, reflete um fenômeno de subsuperfície.” (HOBBS, 1904; O’LEARY *et al.*, 1976 *apud* FRANCHITTO, 1987)

SABINS Jr. (1978 *apud* FRANCHITTO, 1987) redefiniu o termo lineamento: “compõe-se pelas feições lineares da superfície terrestre, podendo ser geomórficos (causados pelo relevo) ou tonais (causado por contrastes tonais). As feições no terreno podem ser formas de relevo, limites lineares entre diferentes tipos de terrenos ou quebras dentro de uma unidade uniforme. Cursos d’água retilíneos e segmentos alinhados de vales são expressões geomórficas características dos lineamentos. Um lineamento tonal pode ser o limite reto entre áreas de tons contrastantes ou mesmo uma faixa realçada sobre fundo uniforme. Diferenças na vegetação, teor de umidade ou composição de solos e rochas, podem conduzir a acentuados contrastes tonais.”

Segundo os critérios de LIU (1984 *apud* FRANCHITTO, 1987), o reconhecimento e o traçado de lineamentos envolve a expressão dos elementos topográficos retilíneos do relevo, tais como linhas ou segmentos de escarpas; alinhamentos de cristas, vales e trechos de rios; lagos ou linhas de costa alongados; depressões alongadas (dolinas). Todos esses elementos acima relacionados são quase sempre controlados estruturalmente.

FRANCHITTO (1987), analisando a porção leste do estado de São Paulo, sul de Minas Gerais e sul do Rio de Janeiro, distinguiu sete sistemas de lineamentos. Três desses sistemas são concentrados preferencialmente em feixes e sua origem ligada a eventos tectônicos antigos, preterozóicos, sendo que suas feições registradas atualmente teriam sido geradas em zonas de cisalhamento. Os lineamentos dos outros quatro sistemas apresentam-se por toda a área, obedecendo determinados padrões de distribuição e sua origem é associada ao evento tectônico que gerou a abertura do Atlântico sul, no Meso-Cenozóico. Além disso, no Meso-Cenozóico é verificada também a reativação de dois dos sistemas antigos de lineamentos. O sistemas de lineamento são designados pelas letras A, B, C, D, E, F e G, conforme a Tabela 4.30.

Tabela 4.30 DIREÇÕES DOS SISTEMAS DE LINEAMENTO
FOTOINTERPRETADOS

SISTEMAS DE LINEAMENTOS FOTOINTERPRETADOS	DIREÇÃO DOS SISTEMAS
A	N70E
B	N20E
C	N70E
D	N80W
E	N20W
F	N60W
G	N50W

Os sistemas de lineamentos são descritos a seguir, obedecendo a sua ordem cronológica relativa, estabelecida a partir de observações fotointerpretativas de FRANCHITTO (1987) (Figura 4.22).

O sistema A corresponde ao sistema mais antigo, com direção N70°E, representado sobretudo por vales alongados. Assume-se que os lineamentos do sistema A, em passado remoto, constituíram um feixe de lineamentos que atualmente apresenta-se truncado e deslocado de maneira a evidenciar a ação de falhamentos transcorrentes a ele sobrepostos.

O sistema B constitui-se de lineamentos longos, contínuos e bem visíveis, marcados por vales rasos e abertos, com direção em torno de N20°E. Os lineamentos deste sistema se concentram ao longo de um feixe bem marcado próximo a linha do litoral passando pelos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Além dos lineamentos concentrados em feixes, existe uma profusão de outros lineamentos distribuídos pela área com a mesma direção N20°E e igualmente atribuídos ao sistema B.

Os feixes de lineamentos do sistema B apresentam uma componente horizontal de rejeito sinistral, acusada principalmente pela atual distribuição dos lineamentos do sistema A. A direção N-NE dada pelos lineamentos do sistema B funcionou no contexto da tectônica mesoceno-zóica, como uma antiga zona de fraqueza em que os lineamentos, sob novo regime de esforços tensionais, foram reativados com caráter predominantemente vertical (como falhas de gravidade). Tal sistema parece ter exercido papel fundamental no condicionamento da Bacia de Resende, com falhas de rejeito vertical de até 150 m (MELO, 1984 *apud* FRANCHITTO, 1987).

Figura 4.22 SISTEMAS DE LINEAMENTO



Represa do Funil



Lineamentos extraídos de produtos de sensore remotos



Fonte: Franchitto (1987) apud Salvador (1987)

O sistema de lineamentos denominado C constitui-se dos lineamentos mais evidentes de toda a região, com feições marcantes de direção N70°E. Este feixe constitui a chamada Zona de Cisalhamento São Paulo (HASUI *et al.*, 1982), e apresenta feições de deslocamentos horizontais com rejeito destral. São lineamentos longos e bem definidos topograficamente, expressos por cristas de vales muito alinhados e bastante persistentes através de diferentes litologias e zonas geomorfológicas.

Os lineamentos do sistema A não apresentam a mesma continuidade e retilinearidade que têm os do sistema C, por serem estes últimos mais novos. Além disso, apresentam pequenas diferenças em suas direções quando analisados num contexto de feixes de lineamentos. Os sistemas de lineamentos B e C, gerados à partir de eventos pré-cambrianos, apresentaram no Meso-Cenozóico, uma discreta reativação. Neste período, a chamada Reativação Wealdeniana, responsável pela abertura do Atlântico Sul, imprimiu a essas descontinuidades movimentos de caráter predominantemente vertical (falhas normais que formaram as bacias de Taubaté e Resende).

Os sistemas D, E, F e G possuem lineamentos extremamente retilíneos e, via de regra, estão presentes nos sedimentos das bacia sedimentares, não deixando dúvidas quanto a sua origem vinculada à tectônica terciária.

Os lineamentos do sistema D, com direção N80°W, compõem alinhamentos bem definidos por grandes extensões, representados por cristas e, principalmente, vales alongados. Sua distribuição é relativamente homogênea por toda a área, inclusive nos sedimentos da Bacia de Taubaté. Os lineamentos desse sistema possuem uma componente de rejeito horizontal que desloca destramente os lineamentos dos sistemas B, E e G.

Os lineamentos do sistema E tem direção aproximada N20°W e apresenta grande variação na direção média de seus componentes. É caracterizado por lineamentos curtos, expressos por vales rasos e amplos, bastante visíveis, mas que não definem grandes alinhamentos. Deslocam sinistralmente os lineamentos do sistema B, afetam os sedimentos das bacia terciárias e ainda são deslocados destralmente pelos lineamentos do sistema C.

O sistema de lineamentos F tem direção aproximada N60°W, com lineamentos curtos, regularmente distribuídos e com baixa densidade, dados pelo alinhamento de vales alongados e colinas suaves. A inflexão do eixo da Bacia de Resende com relação à de Taubaté e a morfologia da linha de costa sugerem um deslocamento destral para esse sistema (MELO, 1984 *apud* FRANCHITTO, 1987).

O sistema de lineamentos denominado G compõe-se de lineamentos relativamente longos, muito evidentes e bem distribuídos em toda a área com direção aproximada N50°W. É caracterizado pelo alinhamento geral das pequenas feições do relevo, segmentos de vales ou lineamentos tonais em áreas de relevo arrasado, onde a drenagem é muito encaixada, ou ainda, caracteriza-se por grandes sulcos na serra da Mantiqueira e na serra do Mar. Não foram encontradas evidências de componente horizontal de deslocamento, não obstante, os lineamentos do sistema G são deslocados destralmente pelo sistema D e também afetam os sedimentos das bacias terciárias.

Do exposto à respeito das relações verificadas entre os sistemas de lineamentos associados à tectônica meso-cenozóica, depreende-se que o sistema D é posterior ou concomitante aos sistemas E e G, e que houve uma reativação dos lineamentos do sistema C afetando o sistema E; portanto, também esta reativação é posterior a E.

4.1.3.3. Geologia Local

a) Embasamento Pré-Cambriano

As litologias pré-cambrianas estão representadas na área da INB em todo seu setor oeste e sul (Figura 4.23).

A feição mais notável da área é a potente zona de falha situada ao sul, que possui alinhamento ENE (N 65°E; N 75°E) e apresenta destaque na topografia local. Trata-se de uma faixa intensamente silicificada e deformada, constituindo um quartzito grosseiro, com atitudes em torno de 165/75 (*dip direction*). Também são observadas juntas de direção N70°W.

Esta estrutura tectônica, pertencente a grande faixa de cisalhamento de direção NE-SW, possui continuidade desde a região metropolitana de São Paulo, estendendo-se ao longo da borda sul da Bacia de Taubaté e penetrando por baixo dos sedimentos terciários da Bacia de Resende, exatamente na área da INB. É observada nesta faixa, no seu contato com o limite oeste da área da INB, uma grande extração de material pétreo (“saibreira”), explorada intermitentemente.

O embasamento pré-cambriano da área da INB ao sul da falha é, segundo o DRM/PETROBRÁS (1992), representado por biotita-quartzo-muscovita-xistos e gnaisses extremamente foliados, pertencentes a Unidade Rio Frio.

Ao norte da referida falha, até a Via Dutra, ocorrem predominantemente migmatitos com neossoma granítico de cor esbranquiçada e paleossoma de biotita-anfibólio-gnaisse; blastomilonitos a milonito gnaisses cinzentos. Tais litologias, segundo DRM/PETROBRÁS (1992), pertencem a Unidade Três Ilhas e possuem na área *strikes* ENE/NE, com mergulhos de até 75° para NNW.

As rochas do embasamento na área do empreendimento apresentam-se bastante alteradas em superfície, e estão recobertas por espesso colúvio vermelho-amarelo, com linha de pedra (*stone line*) na base. De acordo com os perfis geológicos dos três poços tubulares profundos existentes na área da INB (FINKELSTEIN, 1980), o embasamento cristalino no local é constituído por gnaisses mesocráticos a leucocráticos, capeados por um manto de rocha decomposta com espessura entre 3 e 6 m e, a leste da FEC-I, por sedimentos terciários da Bacia de Resende. Um fato curioso é a presença de um corpo de diabásio (provavelmente um *sill*), detectado no poço I (a norte da estação de tratamento de água) a uma profundidade entre 66 e 72 m e, no poço III (próximo a portaria principal), entre 54 e 60 m.

b) Sedimentos Terciários

Na maior parte da área da INB afloram os sedimentos terciários da Formação Resende, estando as edificações da FEC-I e FEC-II implantadas diretamente sobre esta unidade litoestratigráfica.

Figura 4.23 MAPA GEOLÓGICO



A atual área industrial, outrora constituída por colinas suaves com altitudes entre 450 e 490 m, foi utilizada como local de empréstimo para a construção da barragem auxiliar de Nhangapi. Com a retirada do material, foram formados extensos platôs onde estão expostas as sucessões sedimentares.

Ao longo do setor norte da área da INB, com ótimas exposições nos cortes da Via Dutra e da ferrovia, ocorrem conglomerados e brechas com blocos de sienito com diâmetros superiores a 1m, intercalados com camadas de pelitos e arenitos finos de coloração cinza-esverdeado. Tais sedimentos, notadamente os ruditos, constituem porções mais próximas de leques aluviais terciários, denominados por AMADOR (1975) como Membro Rudáceo da Formação Resende e, por MELO *et al.* (1985), fácies rudácea da Formação Resende. Uma feição interessante desta unidade é observada na encosta a leste da FEC-II, onde estão dispersos pela superfície do terreno matacões de sienito.

No restante da área, a sucessão sedimentar terciária é constituída por intercalações entre arenitos e pelitos. Os arenitos ocorrem na forma de camadas decimétricas, variando de arenitos grossos a médios na base, a arenitos finos e siltitos no topo. Estes possuem origem fluvial e/ou constituem uma fácies mais distal dos antigos leques aluviais. Os pelitos intercalados possuem quase sempre clastos angulosos de 1-2 mm de quartzo e feldspato, tendo sua origem ligada a antigas corridas de lama provenientes do maciço alcalino de Itatiaia ou do embasamento cristalino adjacente. Tanto a FEC-I como a FEC-II estão implantadas sobre estas sucessões.

De acordo com os perfis geológicos dos poços tubulares profundos da área da INB (FINKELSTEIN, 1980), os sedimentos terciários da Bacia de Resende são encontrados até uma profundidade de 24 m, constituindo uma sucessão de siltes arenosos e argilas siltosas de coloração creme, cinza e marrom claro.

c) Aspectos Geoquímicos dos Sedimentos da Bacia de Resende na Região do Maciço Alcalino de Itatiaia

BIDONE *et al.* (1984) realizaram em área piloto, localizada entre o maciço de Itatiaia e o rio Paraíba do Sul, um estudo de correlação entre as unidades geomorfológicas (Figura 4.23), a granulometria dos sedimentos e os teores de U, Th, Nb, Zr, P₂O₅ e TiO₅.

Foram amostrados 40 pontos levando-se em conta a distribuição mostrada na Figura 4.24.

Podemos observar que a área piloto estudada apresenta elevada semelhança com a área da INB, tanto na localização geográfica, como na distribuição das fácies sedimentares/unidades geomorfológicas.

Através da Tabela 4.31, e levando-se em conta os teores de Th e U nas rochas alcalinas do maciço de Itatiaia (U - 14 a 54 ppm e Th - 88 a 343 ppm, segundo dados da NUCLEBRÁS), observa-se: praticamente o desaparecimento do urânio dos sedimentos e a concentração pontual do tório em algumas amostras (amostras 4 e 6).

Figura 4.24 PRINCIPAIS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ENTRE O MACIÇO DO ITATIAIA E O RIO PARAÍBA DO SUL



Fonte: BIDONE *et al.* (1984)

Em relação aos teores de U, Th, Nb, Zr e TiO₂ versus a granulometria dos sedimentos (Tabela 4.31), observa-se que:

- A concentração de Th nas frações finas dos sedimentos;
- Nb e Zr apresentam uma leve tendência a concentrar nas frações grosseiras;
- TiO₂ concentra nas frações grosseiras das fácies de vertentes do maciço do Itatiaia;
- O U praticamente desaparece dos perfis.

Tabela 4.31 TEORES DE U, Th, Nb,Zr, TiO₂ e P₂O₅ x UNIDADES MORFOLÓGICAS

AMOSTRAS	U (ppm)	Th (ppm)	Nb (ppm)	Zr (ppm)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	
Vertente do Itatiaia							
N	9	0,1	<100	380	499	2,22	0,23
	6	4,3	1154,2	714,4	608,4	0,65	0,14
	5	2,5	372	627	1406	0,53	0,11
	4	10	118	732	1047	0,51	0,13
S	2	19	234	828	1790	0,76	0,23
Colinas Pré-Montanas							
N	15	11	<100	460	516	2,32	0,15
	14	8	<100	212	514	2,48	0,19
	13	3,3	<100	318	323	1,19	0,13
S	11	25	<100	460	518	2,18	0,20
Cones de Dejeção							
W	21	8,1	138	283	733	1,06	0,14
	22	2,8	<100	68,2	299	0,86	0,14
	25	12,9	274	91	644	0,82	0,14
E	24	8	<100	49,3	316	3,02	0,14
Glacís							
N	17	5	<100	120	214	2,54	0,12
	19	0,1	<100	90	326	2,43	0,13
S	28	9	<100	78	189	2,63	0,21

Fonte: BIDONE *et al.* (1984)



Tabela 4.32 TEORES DE U, Th, Nb, Zr, Ti x GRANULOMETRIA

Amostra	U	Th	Nb	Zr	Ti
M	8,95	470	725	1213	0,61%
06	4,3	1.154,2	714,4	608,4	0,65%
>63µ	2,4	920,1	707,0	517	0,79%
<63µ	0,3	18661	569,4	523	0,57%
05	2,5	372	627	1406	0,53%
>63µ	5,5	198	382	1125	0,27%
<63µ	2,5	662	346	795	0,34%
04	1,0	118	732	1047	0,51%
>63µ	7,8	83	717	886	0,31%
<63µ	3,2	264	545	793	0,30%
02	1,9	234	828	1790	0,761%
>63µ	8,1	111	612	1212	0,73%
<63µ	4,2	718	505	1045	0,52%
Fácies: Cones de Dejeção					
M	10,5	206	187	689	0,91%
21	8,1	138	283	733	1,06%
>63µ	0,3	39	173	315	07%
<63µ	1,3	34	300	378	1,42%
25	12,9	274	91	644	0,82%
>63µ	1,7	36	89	114	0,65%
<63µ	0,1	18	72	81	0,76%

Fonte: BIDONE *et al.* (1984)

Obs.: Valores U, Th, Nb e Zr em ppm

Os baixos teores de U nos sedimentos aflorantes na região da Bacia de Resende em relação as rochas do maciço do Itatiaia, segundo os autores, deve-se ao fato deste elemento não encontrar, nesse quadro geomorfológico-geo-químico, barreiras geoquímicas favoráveis à sua fixação nos sedimentos. O Th “resiste” melhor a intensa lixiviação no setor estudado, podendo fixar sobre as argilas das fácies de alteração sobre as vertentes do maciço do Itatiaia, até teores próximos a 2.000 ppm.

4.1.3.4. Mapa Geológico da Área de Influência Indireta do Empreendimento

a) Unidades Pré-Cambrianas e Eopaleozóicas

Entre o final da década de 70 e o início da década de 80, o Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) patrocinou o mapeamento geológico do Estado na escala 1:50.000. Diversas entidades privadas (empresas de consultoria) e públicas (UFRJ e CPRM) foram contratadas para o projeto, tendo cada uma recebido a incumbência de mapear a área correspondente a uma ou mais folhas do IBGE, escala 1:50.000.

Após exaustivos trabalhos de campo, laboratório e escritório, foram publicados os mapas e seus respectivos relatórios, onde são descritas, detalhadamente, todas as entidades de mapeamento definidas. Ocorre, entretanto, que ao serem colocadas lado a lado mapas



executados por equipes diferentes, ficou constatada a falta de uma coordenação centralizada neste projeto. Cada equipe, ao que parece, trabalhou independentemente e sem nenhuma integração, produzindo resultados finais muito conflitantes.

Em 1989, através de um convênio entre o DRM-RJ e a PETROBRÁS, foi iniciada a integração das folhas geológicas do *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro*. Em 1992, foi publicado o *Atlas Geológico do Rio de Janeiro* nas escalas 1:500.000 e 1:100.000, onde foi adotado mesmo critério informal de agrupamentos por unidades, utilizado nas folhas originais 1:50.000 do DRM-RJ:

Unidade: É a entidade litológica básica de mapeamento, de fácil reconhecimento na escala adotada e de cunho descritivo. A unidade pode ser de constituição litológica homogênea ou heterogênea e, neste caso, os constituintes não são discriminados na escala adotada (1:50.000 ou menores). A unidade deve ser caracterizada por suas estruturas mesoscópicas indicando-se sequência relativa das mesmas. Os limites entre unidades podem ser de natureza variável (nítido, transicional, tectônico).

Agrupamento: É a entidade que congrega duas ou mais unidades, com elenco de características em comum. Os agrupamentos, em vez de designações, podem ser numerados, sem que essa numeração tenha conotação sequencial.

Portanto, a integração das folhas geológicas do Rio de Janeiro gerou 46 unidades de mapeamento pré-cambrianas e eopaleozóicas e mais 7 variações litológicas de algumas destas, que foram individualizadas. As unidades do *Agrupamento I* são caracterizadas por rochas de aspecto magmático. As unidades do *Agrupamento II* são associadas a metamorfitos com aspecto laminar ou fitado, enquanto as rochas do *Agrupamento III* apresentam-se “mistras”, com elementos característicos dos agrupamentos I e II.

Na área de influência do empreendimento engloba as seguintes unidades, correspondentes aos agrupamentos I e II, bem como ao Pré-Cambriano indiferenciado e ao Grupo Açungui:

Agrupamento I

Unidade Três Ilhas (PC ti): Milonito gnaisses de migmatitos, com microclina rósea e granada; migmatito com estrutura flebítica a listrada, com paleossoma rico em anfibólio, e neossoma granítico de cor esbranquiçada; blastomilonito a milonito-gnaisse cinzento; gnaisse kinzigítico. Assinalam-se ocorrência de rochas charnockíticas. Esta unidade deriva da *Unidade Juiz de Fora* por milonitização, diaftorese e migmatização.

Unidade Rio Feio (PC rf): biotita-quartzo-muscovita-(sillimanita) (grafita) xistos feldspáticos associados a sillimanita-gnaisses e biotita (anfibólio) gnaisses extremamente laminados. Restritamente rochas calciosilicáticas e quartzitos.

Unidade Monte Verde (PC mv): Milonitos a cataclasitos enderbíticos de granulação fina, exibindo estrutura de fluxo; granulitos e milonito gnaisses enderbíticos.



Unidade Juiz de Fora (PC jf): Piroxênio-diorito, em parte charnockitizados e miloníticos, de granulação fina, verde escuro, com foliação pouco perceptível; enderbita e charnockito, em parte milonitizado, de cor verde acaramelada a verde garrafa, granulação fina a média. Quartzito branco, granoblástico, granulação fina a grosseira, transicional para termos xistosos. Intercalam-se faixas concordantes de rocha máfica xistosa.

Agrupamento II

Unidade Santo Eduardo (PC se): Milonito gnaisse e blastomilonito predominantes, geralmente bandados, porfirocláticos e porfiroblásticos, portando intercalações de anfibólio gnaisses migmatizados, interestratificados com quartzo xistos.

Pré-Cambriano não agrupado

Unidade Pedra Selada (PC ps): Migmatitos homogêneos de estrutura predominantemente nebulítica, com raros vestígios paleossomáticos de biotita-gnaisse; migmatitos granitóides porfiroblásticos grosseiros com paleossoma diorítico.

Granitos (PC gr): Rochas leuco-gnáissicas graníticas incipientemente migmatizadas.

Grupo Açungui

PC ga(x): Micaxistos e quartzo-mica-xistos

PC ga(Me): Migmatitos heterogêneo estromatíticos

PC ga(Dg): Migmatitos homogêneos

Pré-Cambriano Superior ao Ordoviciano

Batólito da Serra das Araras (PC bsa): Granito foliado cinzento, geralmente protomilonítico, granitóide, granulação média com domínios ricos em granada rosada e feldspato levemente esverdeado; mostra xenólitos parcialmente assimilados e em zonas fortemente catacladas, assume aspecto bandado; transiciona para migmatito onde o paleossoma é de rochas da *Unidade Três Ilhas*; em domínios ricos em granada adquire caráter de gnaisse kinzigítico e migmatito, onde o paleossoma é de rochas gnáissicas e quartzitos.

Unidade Granitos (PC gr): granitos cinzas claros a rosados, porfiroblásticos ou não, localmente foliados, com migmatização incipiente.

4.1.4. Caracterização Geotécnica

4.1.4.1. Topografia

A área da INB possui, na sua parte leste, uma topografia essencialmente pouco acidentada, constituída por terrenos aplainados, em virtude de terem sido utilizados como áreas de empréstimo, quando da construção da barragem auxiliar de Nhangapi da represa do Funil. Na sua porção leste e sul, a área apresenta uma topografia ondulada, com altitudes variando de



450 a pouco mais de 600 m. A porção extremo leste da área está numa cota inferior a da crista da barragem, que é de 469,5 m.

O local está situado na parte meridional da região geologicamente denominada Bacia de Resende. Ao norte, situa-se o maciço do Itatiaia, que constitui as grandes altitudes da região, atingindo cotas superiores a 2.500 m. Ao sul, ocorre uma faixa acidentada de terreno, com altitudes máximas variando entre 530 e 615 m. O ponto culminante da área da INB é a “saibreira”, localizada na potente zona de falhamento descrita no item Geologia Local.

Até 1962, a área no seu setor leste era constituída por pequenas elevações, que tinham altitudes variando entre 445 e 490 m. Em virtude do arrasamento do terreno para obtenção de terra de empréstimo, destinada a construção da barragem de Nhangapi, a parte mais elevada da região aplainada passou a ter uma altitude média de 470 m.

4.1.4.2. Aspectos Geotécnicos

Dos resultados de investigações geotécnicas das fundações da barragem de Nhangapi, em 1961, apresentados numa seção do subsolo, transversal à barragem (Figura 4.25) e numa seção do subsolo pelo eixo da barragem (Figura 4.26) observa-se que: o terreno que iria servir como apoio da barragem, na ombreira esquerda, orientada no sentido da área de empréstimo denominada Noroeste (atual área da INB), compreendia um espesso horizonte colúvio-aluvionar, assentado à cota 410 m no substrato migmatítico.

Na área de fundação da barragem, as sondagens atingiram profundidades da ordem de até 50 m, sendo que na região correspondente à ombreira esquerda foram encontrados matacões de sienito entre as cotas 415 e 435 m, com espessura da camada em torno de 20 m. Abaixo da cota 415 m, encontrou-se o biotita-gnaiss migmatítico de textura zonada com boa xistosidade, sendo a rocha coesa, porém friável.

De modo geral, nas outras partes da barragem, o terreno tinha uma camada superficial de material colúvio-aluvionar, variável em espessura, tendo como substrato de apoio o migmatito. Às vezes, entre a camada superficial e o substrato, era observada uma camada de migmatito muito decomposto.

A investigação geotécnica do empréstimo Noroeste foi realizado em duas etapas. Na primeira, em 1957, foram realizados trabalhos de campo para efetuar ensaios de caracterização. Na segunda fase de estudos, em 1961-1962, realizou-se um levantamento sistemático da área, com sondagens a trado dispostas em quadriculado de 100 m de lado (Figura 4.25). As amostras, correspondendo cada uma a um metro de furo, foram recolhidas ao laboratório de campo e aí classificadas táctil e visualmente.

Alguns solos, ensaiados à compactação, revelaram densidades aparentes secas máximas inferiores a 1,35 t/m³, e umidades ótimas superiores a 40%. A Figura 4.26 apresenta seções típicas do subsolo, juntamente com os resultados dos ensaios de caracterização realizados, isto antes do local ser utilizado como área de empréstimo.



De modo geral, espera-se que o tipo de litologia predominante no subsolo seja aquele encontrado na barragem de Nhangapi, mas à profundidade bem inferior, em virtude do grande volume de material retirado deste local.

Figura 4.25 SEÇÃO TRANSVERSAL DO SUBSOLO-BARRAGEM AUXILIAR DE NHANGAPI

Figura 4.26 PLANTA DE SITUAÇÃO - BARRAGEM AUXILIAR DE NHANGAPI
Empréstimo Noroeste

Figura 4.27 SEÇÕES SUBSOLO - BARRAGEM AUXILIAR DE NHANGAPI
Empréstimo Noroeste



No sítio em questão, foram efetuadas 25 sondagens a percussão pela TECNOSOLO S.A., distanciadas cerca de 200 a 300 m uma das outras.

Todas as instalações das fábricas com cargas elevadas ou estruturas que exigiam recalques diferenciais pequenos foram implantadas em áreas de corte; apenas as obras complementares de baixas cargas foram construídas sobre aterros.

Por algumas sondagens, que representam 72% do total realizado, constata-se que, a qualquer nível, os solos apresentam características geotécnicas para suportar a atuação de pressão vertical igual ou superior a 2,00 kg/cm².

Outras sondagens caracterizam a alguns níveis com suporte para atuação vertical da ordem de 1,0 kg/cm² e, no máximo, 1,50 kg/cm².

Assim sendo, podemos concluir que em grande parte do local e a vários níveis, os solos apresentam características geotécnicas para suportar a atuação de pressão vertical da ordem de 2,00 kg/cm².

Conclui-se que o local possui camadas de solos que não requerem fundações especiais, permitindo soluções usuais, simples e relativamente econômicas.

4.1.5. Sismicidade

4.1.5.1. Conceitos Básicos

Segundo PEREZ (1979), “Os estudos de sismicidade têm por finalidade determinar os aspectos particulares de cada região, associados a uma ou várias leis de ocorrência sísmica, cujos resultados são utilizados principalmente na engenharia sismológica, através da elaboração de códigos e normas sísmicas para sua aplicação em projetos de edificações, planejamento de cidades, obras civis, e organização de defesa civil. Entende-se por sismicidade a apresentação e a análise interpretativa de um conjunto adequado de dados sísmicos que fornece uma caracterização da atividade sísmica de uma determinada área. Este conceito não é bem definido do ponto de vista quantitativo, por estar associado às leis empíricas de ocorrência de atividade sísmica. mesmo assim, a relação “magnitude-freqüência” geralmente usada nos estudos de sismicidade permite uma comparação efetiva do nível de atividade sísmica entre as diversas áreas estudadas.”

Um evento sísmico é a liberação repentina de energia acumulada gradualmente no interior da Terra, através de ondas elásticas que se propagam em todas as direções, e que podem provocar fraturas ou falhas, visíveis algumas vezes na superfície. O ponto onde se inicia a liberação de energia se conhece como foco ou hipocentro. A projeção vertical do foco na superfície define o epicentro. Os parâmetros hipocentrais são: hora de origem do sismo, a latitude, a longitude e a profundidade local.

A magnitude sísmica representa a quantidade de energia liberada pelo sismo e a intensidade sísmica representa os efeitos desses fenômenos na superfície, que variam de acordo com a

posição do ponto de observação. Entre as diversas escalas de intensidade, a Escala de Intensidade Mercalli Modificada (MM), proposta em 1956, é a mais completa e recomendada para utilização a nível internacional.

Essa escala foi elaborada em 1902 pelo sismólogo e vulcanólogo italiano Mercalli, que estabeleceu dez graus para identificar os efeitos das ondas sísmicas. Em 1931, passou por modificações com finalidade de incluir o comportamento das construções submetidas a vibrações sísmicas na Califórnia e maior parte dos EUA. Essas modificações foram introduzidas por Wood & Neumann (1931). Richter (1958), preparou uma nova versão, incorporando elementos sobre a qualidade das construções afetadas, para evitar ambigüidade de linguagem nas descrições dos efeitos das ondas sísmicas. Esta versão é a que vem sendo adotada no Brasil, com relativa eficiência (Tabela 4.33).

- Classificação das construções (RICHTER, 1958)

A: Bem construída, com argamassa e projeto de execução; reforçada, de modo especial lateralmente e confinada ao mesmo tempo pelo uso de aço, concreto, etc.; projetada para resistir a forças laterais (identificada como reforçada/anti-sísmica).

B: Bem construída, com argamassa; reforçada, mas não projetada em detalhe para resistir a forças laterais (identificada como reforçada/sólida).

C: Construção normal (ou comum), com argamassa; não apresenta fragilidade extrema na junção de paredes, mas não reforçada nem projetada contra forças laterais (identificada como comum ou normal).

D: Construções com materiais fracos semelhante a adobe, argamassa de baixa qualidade e baixo padrão de edificação; fraca horizontalmente (identificada como fraca ou má qualidade).

Tabela 4.33 ESCALA DE INTENSIDADE MERCALLI MODIFICADA VERSÃO 1956.

Graus	EFEITOS NAS PESSOAS, CONTRUÇÕES E NATUREZA
I	Não sentido pelas pessoas. Relacionado aos efeitos marginais e de período longo de grandes terremotos
II	Sentido por poucas pessoas repousando, nos andares mais altos dos edifícios ou posicionados favoravelmente.
III	Sentido por várias pessoas dentro de casa. Objetos suspensos oscilam. A vibração é semelhante à passagem de caminhões leves. A duração pode ser estimada. Pode não ser reconhecido como um terremoto.
IV	Sentido por quase todas as pessoas. A vibração é semelhante á passagem de caminhões pesados; ou sensação semelhante a uma bola pesada arremessada contra uma parede. Carros parados balaçam. Janelas, pratos e portas movem-se acompanhados de ruídos. Copos tinem ao entrechocarem-se. Louças de barro chocam-se com barulho. Paredes e construções de madeira rangem quando a intensidade máxima é alcançada.
V	Sentido por uma pessoa fora de casa. Objetos suspensos oscilam muito. Pessoas acordam. Líquidos em recipientes sofrem perturbações, alguns chegando a derramar. Pequenos objetos deslocam-se, tombam e caem das prateleiras. Portas oscilam, com movimentos de abrir e fechar. Venezianas e quadros em paredes movem-se. Pêndulos de relógios param de oscilar, retomam o movimento, mudam de velocidade. Direção da vibração pode ser estimada.
VI	Sentido por todas as pessoa. Muitos se apavoram e correm para fora de casa. Pessoas caminham sem muita firmeza. Janelas, pratos e objetos de vidro quebram-se. Objetos de enfeite, livros, etc. caem das estantes. Quadros soltam-se das paredes. Móveis saem dos lugares ou se viram. Reboco e construção de má qualidade (D) racham-se. Pequenos sinos tocam (igreja, escola). Árvores e arbustos agitam-se visivelmente ou se lhes ouve a farfalhar.
VII	Pessoas dificilmente mantêm-se em pé. Sentido por motoristas dirigindo carros. Objetos suspensos vibram. Móveis quebram-se. Danos em construções de má qualidade (D), incluindo rachaduras. Chaminés frágeis quebram-se ao nível dos telhados. Queda de reboco, ladrilhos ou tijolos mal assentados, pedras telhas e cornijas (também parapeitos não reforçados e ornamentos arquitetônicos). Algumas rachaduras em construção comum (C). Ondas em reservatório de água. Água turva-se com lama em rios e lagoas. Pequenos escorregamentos e cavidades ao longo de camadas arenosas e de cascalho. Grandes sinos tocam. Danos em valetas ou canais de concreto para irrigação.
VIII	Motoristas de carros pertubam-se e perdem o controle da direção. Danos em construção comum (C); colapso parcial. Algum dano em construção reforçada/sólida (B). Nenhum, em construção reforçada/anti-sísmica (A). Queda de estoque e de alguns muros de alvenaria. Efeito de torção ou queda de chaminés; ruína de pilhas de produtos industriais, monumentos, torres e tanques elevados (caixa d'água). Casas pré-montadas movem-se sobre as fundações, se não fixadas corretamente; painéis de madeira mal fixados são arremessados à distância. Empilhamentos antigos de materiais desabam. Galhos de árvore quebram-se. Mudança de fluxo ou na temperatura de fontes de poços d'água. Fendas em terreno com umidade e em taludes íngremes.

Tabela 4. 33 (cont.)

Graus	EFEITOS NAS PESSOAS, CONSTRUÇÕES E NATUREZA
IX	Pânico geral das pessoas. Construção de mal qualidade (D) totalmente destruída. Construção comum (C) muito danificada, algumas vezes com colapso total. Construção reforçada/sólida (B) seriamente danificada (danos gerais à fundação). Estruturas pré-fabricadas são removidas das fundações, se não fixadas corretamente. Armações de obras civis destruídas. Sérios danos em reservatórios. Tubulações subterrâneas são quebradas. Fendas no terreno são notáveis. Em áreas aluviais ocorrem extrusões de areia e lama, podendo formar-se fontes sísmicas e crateras arenosas.
X	Maioria das construções e estruturas pré-montadas são destruídas juntamente com suas fundações. Algumas estruturas de madeira bem construídas e pontes são destruídas. Sérios danos em barragens, diques e aterros. Grandes deslizamentos de rochas e/ou solo. Água extravasa por sobre as margens de rios, canais, lagos, etc. Areia e lama são deslocados horizontalmente em praias e áreas de baixadas. Trilhos de ferrovias são ligeiramente entortados.
XI	Tubulações subterrâneas completamente destruídas. Trilhos de ferrovias bastante entortados.
XII	Destruição praticamente total. Grandes massas de rocha são deslocados. Linhas de visada e de nível distorcidas. São observada ondulações na superfície do terreno pela passagem das ondas sísmicas. Objetos são lançados ao ar.

4.1.5.2. Sismicidade na Região Sudeste

A região Sudeste se destaca no contexto da sismicidade brasileira por apresentar, historicamente, um grande número de sismos. Em grande parte, esta situação deve refletir o fator histórico da ocupação e concentração populacional, visto que muitos dos dados foram recuperados através de informações relacionadas em antigas publicações.

Os primeiros registros de sismos no Brasil remontam ao século XVI, fazendo parte de relatos, por vezes duvidosos. O primeiro trabalho de cunho científico foi de CAPANEMA (1859), que realizou uma tentativa de caracterização dos abalos ocorridos no país. A partir daí, diversos autores publicaram trabalhos a respeito da sismicidade no país, tratando, geralmente, de compilações de relatos de revistas e jornais, sem interpretações tectônicas, sendo os tentativamente interpretativos pouco conclusivos.

A partir da década de 70, a preocupação com estudos sísmicos tornou-se crescente, provocado pela implantação de grandes e numerosas obras de engenharia como usinas hidrelétricas e nucleares, as quais requerem condições especiais de estabilidade para sua segurança operacional, devendo o risco sísmico ser considerado e tratado quantitativamente. Estes estudos se firmaram com diversos trabalhos a respeito da estabilidade regional, relacionando a geologia e estruturas tectônicas presentes às ocorrência de sismos.

HASUI & PONÇANO (1978) relacionam a sismicidade da região Sudeste do Brasil às grandes descontinuidades proterozóicas, que tiveram várias reativações e influíram marcadamente nos processos geológicos dessa área. Estes, considerando os centros de áreas

afetadas por sismos naturais, verificaram a existência de estreita relação com algumas daquelas falhas, patenteadando sua atividade até hoje e demonstrando alguma instabilidade tectônica na região.

HABERLEHNER (1978) define dez províncias sismotectônicas no Brasil, ocupando 10 % de sua superfície total e concentrando 60% de toda atividade sísmica. Entre essas, a Zona de Transcorrência de São Paulo que, “do ponto de vista da atividade sísmica ocupa no Brasil o segundo lugar depois da Bacia do Acre, mas somente pelo número de tremores registrados e não pela intensidade dos mesmos.” O autor explicou esta atividade pela reativação neotectônica das “geofraturas’ pré-cambrianas.

SADOWSKI *et al.* (1978), discutindo os mecanismos para geração de tremores na Província Sísmica do Sudeste, destacam o sistema de falhamentos associado aos rifts da Serra do Mar e as falhas do sul de Minas Gerais. Segundo estes, “Na Serra do Mar uma série de abalos apresentou máximos ao longo do falhamento Cubatão-Além Paraíba distribuindo-se desde Cachoeiro do Itapemirim no Estado de Espírito Santo até as proximidades de Caraguatatuba e Paraibuna em São Paulo. No sul de Minas, alguns eventos coincidem como alinhamento da falha de Jacutinga. É de se lembrar que esta região, do ponto de vista tectônico, limita o cráton do São Francisco.”

HASUI (1979 *apud* SALVADOR, 1994) relacionou as áreas sísmicas a trechos do Cinturão Móvel Costeiro, que sofreram soerguimentos a partir do Jurássico, permitindo o desenvolvimento de campos de diques de diabásio, intrusões de corpos alcalinos no Cretáceo Inferior e Cretáceo Superior-Terciário, implantação de bacias tafrogênicas no Terciário-Pleistoceno e a morfogênese costeira. O autor descreve como sugestiva a coincidência de epicentros com o traço da falha de Cubatão.

A UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (1979 *apud* MIOTO & HASUI, 1982) resumiu o conhecimento sismo-tectônico da região sudeste brasileira, elaborando o estudo de correlação entre estabilidade regional para uso em Engenharia Civil. Os elementos geotectônicos foram incluídos parcialmente nos estudos e quatro regiões sismo-tectônicas foram definidas, além de suas inter-relações:

- a) Região 1, correspondendo à porção nordeste de São Paulo, de maior atividade sísmica do sul do Brasil, associada a “reativação dos grandes falhamentos transcorrentes paralelos ao litoral”;
- b) Região 2, compreendida entre o norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo, menos ativa que a anterior, associada aos movimentos ao longo de falhamentos paralelos à costa;
- c) Região 3, definida em extensão desde Cananéia/SP até Florianópolis/SC, de pequena atividade sísmica, constituindo uma região isolada; e
- d) Região 4, estabelecida na direção e posição do cursos do rio Grande (MG-SP), com registro de muitos sismos induzidos e do sismo de Pinhal (Figura 4.28).

ASSUMPCÃO *et al.* (1980 *apud* MIOTO & HASUI, 1982) realizaram um estudo detalhado dos principais sismos ocorridos na região sudeste, estabelecendo magnitudes, epicentros e intensidades sem, porém, qualquer interpretação tectônica. Através destes dados,



confeccionaram um mapa baseado em magnitudes, mostrando as áreas de abrangência de sismos. (Figura 4.29).

Figura 4.28 MAPA DE ISOSSISTAS

Figura 4.29 MAPA DE EPICENTROS E ÁREA AFETADAS PELOS SISMOS



MIOTO & HASUI (1982) consideram que os estudos de regionalização de sismicidade no Brasil introduziram várias denominações, tais como regiões sísmicas, zonas sísmicas, províncias sísmicas, províncias sismo-tectônicas, regiões sismo-tectônicas e zonas sismogênicas. Elas envolveriam correlações entre elementos de Geologia e Sismologia que, para uso em projetos de Engenharia Civil, são referidas em termos de estrutura geológica e sismo. Segundo os autores, “A definição de províncias sísmicas ou sismo-tectônicas emergiu de áreas de alta sismicidade, de bordas de placas, onde as feições estruturais ativas se configuram com maior clareza. Contudo, em áreas intraplacas, a configuração exata de unidades estruturais ativas é muito difícil. É possível reconhecer feições de vasta expressão territorial que, na história geológica, têm mostrado instabilidade intermitente, mas nas condições da epirogênese atual não se podem estabelecer senão áreas restritas sujeitas a acomodações.

Esta questão tem sido ressaltada nos estudos para implantação de usinas nucleares, para os quais se exige a correlação entre atividade sísmica e estrutura geológica ou província tectônica. Entretanto, as normas em vigor foram desenvolvidas para regiões de alta sismicidade, não se aplicando às condições longe de bordas de placas litosféricas. Estas regulamentações, praticamente definidas no oeste dos EUA, estão sendo revistas (USNRC, 1979) tendo em vista locações em ambiência intraplaca.

Em caráter provisório, parece adequado adotar a distinção de áreas, zonas e regiões sísmicas ou sismogênicas, até que se disponha de configuração adequada da neotectônica.” (Figura 4.30). HASUI *et al.* (1982) descrevem as zonas sismogênicas de Cunha (onde está incluída a INB) e de Caxambu (próxima a área do empreendimento):

Zona Sismogênica de Caxambu: Recortada de falhas, com numerosas fontes hidrotermais e de relevo acidentado. A província Mantiqueira é a que mais claramente reflete em seu relevo, estrutura e história geológica, a movimentação tectônica mesozóica-cenozóica. Os grandes desníveis representados pelas serras da Mantiqueira, da Bocaina, do Mar e dos Orgãos, e as diversas depressões tafrogênicas presentes nessa província são relacionadas a falhamentos e/ou fortes flexuras ativas no Terciário. É nessa região que os sismos têm sido mais freqüentemente assinalados.

Zona Sismogênica de Cunha: É a que apresenta maior número de epicentros. É também a que, por seu relevo, denota ter sofrido maior movimentação tectônica durante o Terciário. Naquela ocasião, nela se abateu o “graben” do médio vale do Paraíba e se alçaram os dois blocos adjacentes até cerca de 2.000 m de altitude, os da serra do Mar e da Bocaina. A incidência de sismos nas províncias Mantiqueira e Plataforma Continental adjacente decorre diretamente de sua posição geográfica durante os fenômenos que desnivelaram a área continental emersa e a Bacia de Santos. Esses processos moldaram-se em estruturas pré-cambrianas e cambro-ordovicianas, que em parte foram reativadas, favorecendo os deslocamentos verticais e orientando as linhas mestras dos relevos tectônicos.

Figura 4.30 MAPA DE ZONAS SISMOGÊNICAS

Figura 4.31 EPICENTROS COM DADOS MACROSSÍSMICOS E INSTRUMENTAIS



DIAS NETO (1986), diante do quadro da atividade sísmica da região Sudeste e das dificuldades de correlação com estruturas reconhecidas em superfície, afirma que as informações geofísicas (gravimetria e magnetometria) que forneçam a caracterização das descontinuidades crustais de caráter regional podem auxiliar significativamente as tentativas de interpretação. Segundo o autor, “Nesse contexto ficou bem caracterizado o forte gradiente gravimétrico linear, com orientação NW-SE, na área norte-noroeste, da região de interesse, como pode ser observado no mapa de epicentros (Figura 4.31 - apresentada anteriormente).

A continuidade para leste desta estrutura não está bem estabelecida em função da ausência de informações gravimétricas. Entretanto, a presença de rochas alcalinas do Senoniano ao Eoceno alinhadas de Cabo Frio a Poços de Caldas juntamente com bacias tetrogênicas cenozóicas, o desvio da linha de costa na altura do paralelo 23^o S acompanhado da forte inflexão do gradiente gravimétrico costeiro e a ocorrência do Alto de Cabo Frio separando as bacias de Campos e Santos, sugerem a conexão daquela descontinuidade com estes elementos constituintes do Alinhamento Cabo Frio-Poços de Caldas (...). Deve-se ressaltar que perto de 50% dos dados sísmicos confiáveis, apresentados no mapa de epicentros, além de 40% dos relatos de sismos, indicados no mapa sismotectônico (Figura 4.31), se posiciona nas proximidades ou coincidentes com o alinhamento referido. Desta forma, considera-se a forte possibilidade de relação entre estes eventos e esta descontinuidade.(...) Uma certa coincidência entre eventos sísmicos e rochas alcalinas meso-cenozóicas (Figura 4.32) pode sugerir que as estruturas que favoreceram a ascensão do magma poderiam, ainda hoje, estarem sendo utilizadas na liberação de esforços.”

4.1.5.3. Informações Sismológicas da Região Sudeste entre 1824 e 1981

Este item será compilado do trabalho de HASUI *et al.*, 1982 (Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia Regionais de Interesse às Usinas Nucleares da Praia de Itaorna, IPT/DMGA): “Segundo os autores, as considerações deste item se referem às informações coletadas, sintetizadas e descritas na Tabela em anexo. Para simplificação, na Tabela 4.33 foram reunidos os elementos da área afetada, data e horário, coordenadas do epicentro provável, erro de locação do epicentro, intensidade máxima no epicentro e magnitude. As dificuldades de análise dos eventos sísmicos, devido a problemas de registro por instrumentos, densidade populacional, etc., ficaram restritas a cerca de 1/3 do total dos eventos. As Figuras 4.33 a 4.49 apresentam a localização epicentral dos sismos ocorridos na região Sudeste entre 1824 e 1981, e as isossistas correspondentes. O círculo de raio de 325 km está centrado na Usina Nuclear de Angra dos Reis, situada cerca de 58 km a SSE da INB.



Figura 4.32 SISMOTECTÔNICO DA REGIÃO SUDESTE

4.1.5.4. Características Sismológicas Locais

Segundo o Mapa de Zonas Sismogênicas de MIOTO & HASUI (*op. cit.*), o empreendimento em estudo está situado na Zona Sismogênica de Cunha, bastante próximo ao limite da Zona Sismogênica de Caxambu (vide item 4.1.5.2).

O primeiro registro de atividade sísmica na área de influência do empreendimento em estudo ocorreu em 31/07/1861, tendo sido sentido em várias cidades dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, apresentando uma área afetada de 52.000 km². Segundo notícias da época, “As pessoas foram acordadas bruscamente, vários objetos sobre as mesas e telhas dos telhados se precipitaram, e os móveis se movimentaram.”, caracterizando uma intensidade máxima de V M.M. (Tabela 4.34).

O terremoto de 31/07/1886 (São Pedro e São Paulo) afetou extensas porções da parte sul de Minas Gerais e setores adjacentes dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Os efeitos máximos reportados ocorreram em Itajubá/MG, causando queda de mobília, de telhas e um forte ruído. A intensidade máxima deste terremoto foi estimada em V-VI M.M.

O sismo de maior intensidade e magnitude dentre esses foi o de Pinhal, que alcançou VI MM na porção centro-leste do Estado de São Paulo, embora tenha atingido o setor oeste do Estado do Rio de Janeiro com intensidade III M.M. (Figura 4.50).

Tabela 4.34 FENÔMENOS SÍSMICOS

Nº	Local	Data	Magnitude (m _b)
1	Caxambu - MG	-/-/1824	não calculada
2	Campanha - MG	15/07/1839	não calculada
3	Itajubá - MG	31/07/1861	4,3
4	Campanha - MG	08/04/1863	3,4
5	Rio de Janeiro - RJ	-/07/1866	não calculada
6	Jaguara - MG	-/07/1867	não calculada
7	Sorocaba - SP	30/10/1874	3,5
8	Cristina - MG	09/06/1876	não calculada
9	Ouro Preto - MG	09/06/1876 a 09/12/1876	não calculada
10	Poços de Caldas - MG	21/10/1882	não calculada
11	Além Paraíba - MG	21/02/1883	não calculada
12	São Pedro e São Paulo - RJ	09/05/1886	4,0
13	Rio de Janeiro - RJ	-/-/1889	não calculada
14	Bom Sucesso - MG	04/04/1901, 05/04/1901, -/05/1901, 01/07/1901, -/08/1901	não calculada
15	Bom Sucesso - MG	04/09/1901 e -/10/1901	não calculada
16	Guaranésia - MG	24/11/1906	não calculada
17	Carandaí - MG	04/12/1906	não calculada
18	Campos - RJ	05/05/1917	4,3
19	Bom Sucesso - MG	05/06/1919 a 28/11/1919	não calculada
20	Bom Sucesso - MG	31/01/1920	3,8
21	Bom Sucesso - MG	11/03/1920	não calculada
22	Pinhal - SP	27/01/1922	5,1 ± 0,3
23	Bom Sucesso - MG	21/10/1935	não calculada
24	Cananéia - SP	18/07/1946	4,4
25	São Lourenço - MG	-/-/1961	não calculada
26	Rio de Janeiro - RJ	16/01/1962	3,2
27	Furnas - MG	-/-/1963	não calculada
28	Pontevila - MG	21/03/1964	não calculada
29	Cunha - SP	22/03/1967	4,1
30	São Gonçalo - RJ	05/08/1967	3,3
31	Moji Mirim - SP	12/04/1968	4,3
32	Paraibuna - SP	-/-/1969	< 4
33	Oceano Atlântico - RJ	07/01/1970	4,3 M _L
34	Carmo do Cajuru - MG	23/01/1972	3,4
35	Oceano Atlântico - RJ	24/10/1972	4,9
36	Oceano Atlântico - RJ	30/03/1975	3,8
37	Lavras - MG	15/01/1977	3,2 M _L
38	Oceano Atlântico - RJ	01/02/1977	3,9 M _L
39	São José do Barreiro - SP	19/06/1977	4,2 M _L
40	Nuporanga - SP	-/09/1977	não calculada
41	Paraibuna - SP	16/11/1977	3,4 M _L
42	São José dos Campos - SP	23/03/1979	3,5 M _L
43	Passos - MG	18/01/1981	não calculada
44	Boa Esperança - MG	22/01/1981	não calculada

 Fonte: HASUI *et al.*; 1982



Figura 4.33 SISMICIDADE



Figura 4.34 SISMICIDADE



Figura 4.35 SISMICIDADE



Figura 4.36 SISMICIDADE



Figura 4.37 SISMICIDADE



Figura 4.38 SISMICIDADE



Figura 4.39 SISMICIDADE



Figura 4.40 SISMICIDADE



Figura 4.41 SISMICIDADE



Figura 4.42 SISMICIDADE



Figura 4.43 SISMICIDADE



Figura 4.44 SISMICIDADE



Figura 4.45 SISMICIDADE



Figura 4.46 SISMICIDADE



Figura 4.47 SISMICIDADE



Figura 4.48 SISMICIDADE



Figura 4.49 SISMICIDADE

Figura 4.50 SISMO DE MOGI-GUAÇU (SP)

Representada a isossista II (área afetada) por tracejado grosso e a isossista IV por fino. Os arcos contínuos distam 380 e 450 km do Rio de Janeiro (BERROCAL *et al.* 1984)

Figura 4.51 SISMO DE CUNHA (SP)



Estão representadas as isossistas II e IV em tracejado (BERROCAL *et al* - 1984). O alongamento destas concorda com o “trend” estrutural regional.

O sismo de 16/01/1962 foi sentido em setores dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo e, segundo GORINI (1969 *apud* FURNAS, 1995), o terremoto ocorreu em uma faixa estreita do litoral, aproximadamente associada à serra do Mar”. Os seus efeitos e sua intensidade epicentral foram difíceis de serem avaliados, pois este ocorreu durante chuvas pesadas que causaram enchentes e deslizamentos. Baseado na ausência de notícias sobre danos causados por este sismo e comparando-se com o terremoto de 22/03/67, a intensidade epicentral foi estimada em um máximo de IV-V M.M. (FURNAS, 1995).

O sismo de Cunha (22/03/1967) foi sentido em uma grande área, que incluiu porções dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, tendo sido mais intenso em São Luís do Paraitinga e Cunha, na região da serra do Mar, e em Angra dos Reis segundo FURNAS (1995), estragos como quebra de janelas, louças e rachaduras em muros e paredes indicam uma intensidade epicentral de V-VI M.M. Este sismo segundo HASUI *et al.* (1982) foi apenas “sentido” em Barra Mansa e Resende.

O sismo de 18/06/1977, cuja magnitude foi de 4,8 (em torno de V MM) na cidade de São José do Barreiro, teve seu epicentro corrigido para o Oceano Atlântico por MIOTO (1983).

Segundo FURNAS (1995), o terremoto máximo potencial é estabelecido considerando-se a ocorrência hipotética, em um dado sítio, do sismo de maior intensidade relatado na sua província tectônica, bem como as intensidades resultantes do maior sismo nas províncias adjacentes, assumindo-se uma localização epicentral em um ponto o mais próximos possível do sítio.

No caso da INB, a maior intensidade observada na sua província foi de VI M.M. e a máxima intensidade proveniente das províncias adjacentes foi menor que VI M.M. devido a distância envolvida. Portanto, o terremoto máximo potencial selecionado é um evento de intensidade VI M.M.

4.1.6. Geomorfologia

4.1.6.1. Considerações Gerais

Os diversos tipos e formas do relevo da região do Projeto relacionam-se, principalmente, a sua história geológica, litologia, fatores climáticos e paleoclimáticos.

Os eventos geológicos, responsáveis pelos complexos arranjos estruturais e as diversas ocorrências litológicas, geraram conjuntos de tipos e formas de relevo que constituem, na taxonomia adotada pelo Projeto Radam Brasil, os Domínios Morfoestruturais. Estes domínios, que apresentam morfologias definidas, tais como os peneplanos soerguidos que geraram as unidades semelhantes posicionadas em níveis mais baixos, como pode ser observado nas tabelas do item 4.1.6.3 (Unidades Geomorfológicas).

4.1.6.2. Geomorfologia Regional

Os compartimentos morfológicos que se relacionam com a região de Projeto são os denominados Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Vale do Paraíba do Sul, compreendido entre essas duas serras.

a) Serra do Mar

- Escarpas e Reversos da Serra do Mar

Ocupa a região oriental do Estado do Rio de Janeiro, formando uma elevada escarpa que acompanha a linha de costa com descontinuidades.

O escarpamento oriental desta serra tem direção NE-SW, nitidamente observado ao longo de todo o seu percurso. Em toda a região serrana e, especialmente, nas encostas dos escarpamentos principais, a erosão é acentuada, com intenso ravinamento. A rede de drenagem regional (principal) possui um tipo dentrítico e subparalelo, subseqüente e com adaptação as direções estruturais.

b) Serra da Mantiqueira

- Mantiqueira Meridional

Topograficamente, conforma uma serra paralela à serra do Mar exibindo as mesmas características. Estende-se de forma escarpada ao longo da direção NE-SW e apresenta altitudes entre 1.000 e quase 3.000 m, cujas diferentes paisagens correspondem aos mais variados processos genéticos.

Como já fora mencionado, a serra da Mantiqueira é separada da serra do Mar através da depressão do vale do rio Paraíba do Sul. A sua escarpa, paralela ao médio vale deste rio, apresenta características bem definidas, com desníveis superiores a 2.000 m, truncando o planalto que se desenvolve para o interior.

Esta serra apresenta acidentes geográficos de importância, tais como os maciços de Passa Quatro e Itatiaia. Neste último, destaca-se o pico das Agulhas Negras, com 2.789 m de altitude, constituído por uma intrusão de rochas alcalinas, com topografia serrilhada, caneluras de dissolução e grande quantidade de material colúvio-aluvionar no seu sopé. A drenagem apresenta-se confusa e, no setor leste, as depressões estão entulhadas de material trazido pelos altos cursos dos rios que descem para o vale do rio Paraíba do Sul. Os vales apresentam forma de “U”, sendo retrabalhados pelo regime fluvial.

c) Vale do Rio Paraíba do Sul

- Médio Vale do Paraíba

A planície do rio Paraíba do Sul, limitado pelas serras acima descritas, está inserida em uma depressão tectônica (graben), preenchida por sedimentos terciários e quaternários.

O trecho entre sua embocadura no oceano Atlântico e a cidade de Resende/RJ, ocorre em vale profundo e jovem que, em Resende, situa-se a uma altura média de 350 m, com curso retilíneo e paralelo à direção estrutural ENE. A montante de Resende, o vale alarga-se e seu curso meandra sobre a Bacia Sedimentar de Resende.

As formas do relevo caracterizam-se, na sua maior parte, por colinas convexas com aprofundamentos de vales que variam entre 40 e 130 m, e predominância de densidade de drenagem fina. O conjunto topográfico e morfológico forma uma paisagem denominada “Mar de Morros”, cobertos por latossolos vermelho-amarelo com vegetação secundária ou pastos.

As colinas cristalinas são alteradas profundamente, cobertas pelo manto coluvial areno-argiloso com linhas de pedra na base.

Os pequenos alvéolos entremeados as colinas são preenchidos por materiais colúvio-aluvionares. É comum observar as retomadas da erosão dissecando as encostas convexas, tais como ravinas e grandes voçorocas, geradas pelas condições litológicas, climáticas e ações humanas. Os escorregamentos e deslizamentos de terra, incrementados pelo pisoteio do gado, ocorrem até o sopé das encostas, cujo material é logo carregado, provocando uma colmatação acelerada dos vales.

Alojados entre as colinas cristalinas, distribuem-se as feições tabuliformes dos depósitos terciários (Bacia de Resende) e as planícies e terraços fluviais quaternários. A bacia sedimentar exhibe feições atuais e herdadas, modelada no pacote sedimentar sobrejacente ao embasamento cristalino.

As feições de relevo das rochas terciárias são representadas por colinas tabuliformes, que se desmembram em espigões entre os morros cristalinos do embasamento. Estas apresentam diferenças geométricas nas formas, com topos arredondados e tendência a convexidade nas vertentes.

As colinas estão representadas por modelados de dissecção homogêneos, com densidade de drenagem do tipo grosseiro e aprofundamento de vales entre 15 e 70 m, de formas geralmente aplainadas.

Os terraços fluviais do rio Paraíba do Sul apresentam-se dissecados em colinas muito amplas que geram relevos tabuliformes e descontínuos. Estes terraços, em geral, dispõem-se em dois níveis. Um nível inferior, entre 3 e 8 m acima do nível da várzea, passando gradativamente ao nível superior, capeado por aluviões antigos.

O curso do rio Paraíba do Sul é muito meandrante. Nos locais onde ocorrem canais abandonados, os sedimentos observados são, geralmente, argilosos e ricos em matéria-orgânica. O padrão de drenagem na várzea é adaptado ao controle geológico do “graben”.

A Figura 4.52 adiante, retirada do Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro, ilustra a geomorfologia da área de influência do empreendimento.



Figura 4.52 MAPA GEOMORFOLÓGICO - ANUÁRIO RJ - MAPA 10

4.1.6.3. Unidades Geomorfológicas

a) Unidades Taxonômicas Superiores

Conforme os estudos anteriores realizados por HASUI *et al.*, 1978; RODRIGUES, 1981; HASUI *et al.*, 1982; DNPM, 1983 e FRANCHITTO, 1987; as unidades geomorfológicas nos níveis taxonômicos superiores são as seguintes:

Tabela 4.35 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

PROVÍNCIA	REGIÃO	SUB-REGIÃO	ZONAS
Planalto Atlântico	Vale do Paraíba do Sul	Médio Vale do Paraíba	<ul style="list-style-type: none"> • Morros Cristalinos • Colinas Sedimentares
	Serra da Mantiqueira	Mantiqueira Meridional	<ul style="list-style-type: none"> • Planalto de Itatiaia • Vertentes Dissecadas - MM • Planalto de Andrelândia • Planalto Centro-Sul de Minas
	Serra do Mar	Escarpas e Reversos da Serra do Mar	<ul style="list-style-type: none"> • Planalto de Paraitinga - Paraibuna • Planalto da Bocaina • Vertentes Dissecadas - SM • Serra dos Órgãos

MM - Maciço da Mantiqueira

SM - Serra do Mar

b) Unidades Taxonômicas Inferiores

As unidades geomorfológicas menores caracterizadas e mapeadas ao nível de subzonas na região do Projeto são as seguintes:

Tabela 4.36 NÍVEIS TAXONÔMICOS INFERIORES
TIPOS DE MODELADOS

UNIDADE	SÍMB.	CARACTERÍSTICAS
Planície de Inundação	Pli	Área plana a suave-ondulada, correspondente a superfície de inundação máxima dos rios.
Terraços Fluviais	Tf	Áreas planas a levemente inclinadas, com rupturas de declives em relação ao leito do rio e várzeas recentes situadas em nível inferior, formadas por mudanças de condições de escoamento e retomada da erosão.
Lagoas Marginais	Lm	Áreas baixas pantanosas adjacentes ao rio Paraíba do Sul
Morros Isolados	Mi	Morros cristalinos isolados com altitudes variadas.
Colinas Isoladas	Ci	Formas relícticas baixas associadas a ambiente de atividade do rio Paraíba do Sul.
Planície Litorânea	Plt	Áreas aplainadas, invadidas pelo mar nos períodos Terciário e Quaternário.
Áreas Aplainadas	Aap	Áreas de empréstimo para construção da barragem de Nhangapi.

Tabela 4.37 NÍVEIS TAXONÔMICOS INFERIORES
Formas de Modelados

UNIDADE	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS
Plano	(1)	Relevo sem declividade em trechos extensos da superfície do terreno.
Suave-Ondulado	(2)	Relevo com ondulações suaves, apresentando entre 2 e 8 % de declividade.
Ondulado	(3)	Superfície irregular com ondulações bem evidentes e declividades oscilando entre 8 e 20%.
Forte-Ondulado	(4)	Ondulação marcantes e declividades oscilando entre 20 e 45%.
Muito Forte-Ondulado	(5)	Superfície irregular colinosa a serrana com declividades que superam os 45%.

4.1.6.4. Dinâmica Superficial

- Modelados de Dissecação

A dissecação é a degradação da paisagem pela ação dos agentes erosivos. Existem evidências geológicas e geomorfológica dos diversos ciclos de dissecação do relevo ao longo dos períodos Terciário e Quaternário, provocados pela tectônica e/ou a ruptura do equilíbrio morfoclimático. O atual desequilíbrio da paisagem é devido a fenômenos naturais e humanos.

Tabela 4.38 MODELADOS DE DISSECAÇÃO

CATEGORIA	APROFUNDAMENTOS DOS VALES	DECLIVIDADE
a) Fraco	até 15 m	5° a 10°
b) Moderada	15 a 45 m	10° a 25°
c) Forte	45 a 70 m	20° a 35°
d) Muito Forte	> 70 m	30° a 50°

- Modelados de Acumulação

Na região do estudo, o ambiente de acumulação existente é o fluvial e o colúvio-aluvial. No primeiro ambiente, controlado pelo nível de base do rio Paraíba do Sul, a declividade pode chegar a 2°, englobando a denominada Planície de Inundação do rio Paraíba do Sul (Pli), abrangendo também os terraços sub-atuais, lagoas marginais, ilhas e afloramentos rochosos periodicamente inundados.

No segundo ambiente, destaca-se a Planície do Paraíba (Plp) com acumulação colúvio-aluvial, originada da erosão dos depósitos terciários da Bacia de Resende.

4.1.6.5. Geomorfologia Local

As principais feições geomorfológica na área do empreendimento são as seguintes:

- a) Morros Cristalinos
- b) Colinas Sedimentares
- c) Terraços Fluviais
- d) Planície de Inundação
- e) Áreas Aplainadas

No setor Sul da Fábrica, área mais próxima ao Reservatório, a unidade (Ap), Áreas Aplainadas, está sendo dissecada por uma profunda rede de vias da drenagem, alcançando já o nível de base local.

4.1.6.6. Descrição das Unidades de Mapeamento

No mapa temático em escala 1:100.000 são apresentadas as seguintes unidades:

- Unidades a Nível de Zonas

a) *Morros Cristalinos (Mc)* - Superfície forte-ondulada, integrada por um conjunto de elevações alongadas com altitude que oscilem entre 50 e 350 m sobre o nível de base do rio Paraíba do Sul. Conhecidos também como “Mar de Morros”, representam o relevo de transição à serra da Mantiqueira e serra do Mar (HASUI *et al.*, 1982). Se desenvolveu sobre o embasamento pré-cambriano, e apresentam formas arredondadas e encostas convexas. O perfil dos vales é em forma de “V”, com aprofundamentos que superam os 50 m.

b) *Colinas Sedimentares (Cs)* - Conjunto de colinas compostas por materiais de origem sedimentar que ocorrem na Bacia de Resende. Trata-se de um superfície irregular formada por colinas baixas que apresentam formas tabulares e altura máxima de 100 m acima do nível de base do rio Paraíba do Sul (AB’SABER & BERNARDES, 1956). Da análise realizada nas folhas topográficas em escala 1:50.000 e observações de campo, observou-se que as colinas não passam de 60 m de altura acima do nível de base do rio Paraíba do Sul.

c) *Planalto de Itatiaia (PI)* - A unidade insere-se nos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. É Limitado, por meio de suas vertentes dissecadas, com o Planalto de Andrelândia, nos setores noroeste e centro-norte da Folha; com o Planalto Centro-Sul de Minas, no setor noroeste e, com a unidade Morros Cristalinos, no setor sul.

As feições morfológicas do Planalto apresentam certa regularidade, se comparadas com os setores de borda, especialmente o setor sul, destacando-se as cristas do maciço de Itatiaia, muitas vezes com os cumes desnudos e comportando vales de fundo chato, colmatados por material detrítico por onde devagam rios de pequeno porte. Em outros casos, aparecem formas colinosas com o manto de alteração bem profundo e encostas instáveis, com tendência a movimentos de massas, notando-se degraus e sulcos nas partes mais inclinadas. Nos setores onde o relevo é mais elevado, as cristas são alongadas e direcionadas por falhamentos. As

partes mais baixas apresentam espessos mantos de alteração recobertos por colúvios de 1 a 2 m de espessura onde predominam os solos Cambissólicos.

d) *Vertentes Dissecadas - MM (Vd)* - Esta unidade, que limita o Planalto de Itatiaia pelos setores sul, noroeste e centro-norte, foi criada associada a unidade anterior devido ao forte relevo (tipo juvenil) com cristas pronunciadas de pendentes íngremes e vales profundos em “V” de forte declividade, principalmente na vertente sul, conformando as diversas serras que se destacam do maciço. Destaca-se, como característica morfológica, a forte instabilidade, onde a morfogênese parece estar impedida ou controlada pela cobertura vegetal. A desagregação mecânica, acompanhada por uma forte alteração química nas linhas de debilidade (diaclasses), gera a formação de mantos alterados com a presença de blocos e matacões. O escoamento fluvial, estimulado pelas fortes declividades, provoca frequentes escorregamentos.

Os solos vinculados a este ambiente são, principalmente, Cambissolos, Litólicos e Latossólicos associados a solos Aluviais. Nos setores baixos das vertentes, é comum serem observados solos policíclicos.

e) *Planalto de Andrelândia (PA)* - Ocupa apenas o setor noroeste da Folha e uma pequena porção no setor centro-norte. A unidade é representada, principalmente, pelos relevos elaborados nos metassedimentos do Complexo Amparo e dos Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, bem como quartzitos e trechos isolados de rochas cristalinas, gnáissicas e migmatíticas. O relevo apresenta, de uma maneira geral, um padrão de dissecação homogênea, com aprofundamentos de vales de 35 a 85 m. Esta dissecação está representada por colinas de topos arredondados e tabulares e encostas convexas intercaladas por cristas alongadas, geralmente assimétricas. A intemperização é bem manifesta bem como a formação de depósitos colúvio-aluviais na porção inferior das encostas. Os solos vinculados a esta unidade são, principalmente, Cambissolos e Latossolo Vermelho-Amarelo.

f) *Planalto Centro-Sul de Minas (PCSM)* - Geograficamente, a unidade apresenta-se em forma de uma cunha no setor superior-direito da Folha, limitando ao noroeste com o Planalto de Itatiaia e, ao sudeste (por folhamento regional), com a unidade Médio Vale do Paraíba. Está integrada por um relevo dissecado e topograficamente desnivelado, com compartimentos planálticos soerguidos pelos grandes falhamentos.

Predominam as formas de modelados do tipo colinas e morros de vertentes convexo-côncavas esculpido em litologias granito-gnáissica do embasamento pré-cambriano. Setores caracterizados por cristas e linhas de cumeados, alinhados segundo as orientações preferenciais de falhamentos, compõem modelados definidos como de dissecação diferencial em meio a feição mais homogênea.

O intemperismo químico, correlacionado a episódios climáticos úmidos, favorecem a formação de um manto espesso de regolito e o desenvolvimento de solos Latossólicos e Podzólicos, associados a Cambissolos e Solos Aluviais.

g) *Planalto de Paraitinga - Paraibuna (PPP)* - Regionalmente, a unidade é composta pelas escarpas costeiras voltadas para o Atlântico e o reverso do planalto com morros dissecados



pelas bacias dos rios Paraitinga e Paraibuna, separados por serras alongadas (DNPM, 1983). Na região do Projeto, a unidade está representada no setor SW da Folha como um planalto propriamente dito. As serras e morros das vertentes setentrional e meridional, conjuntamente com morfologias semelhantes associadas ao Planalto da Bocaina, foram consideradas como outra unidade, devido a condições ambientais diferentes.

O tipo da rede de drenagem é retangular, com desenho subdendrítico, adaptado aos sistemas de falha e fratura. Os rios Paraitinga e Paraibuna, afluentes do rio Paraíba, adaptam-se a extensas falhas, tais como as de Natividade e a de Cubatão. O rio Paraitinga tem suas nascentes nas vertentes da serra da Bocaina, a uma altitude próxima aos 1.800 m.

O relevo característico da unidade é o denominado de “morrarias”, dispostas paralelamente e separadas por um conjunto de serrania alicerçado em rochas migmatíticas e graníticas (DNPM, 1983).

As morfologias denominadas “mar de morros” são as mais comuns. De um modo geral, as colinas são arredondadas (convexas) com desníveis acentuados e dispostas numa orientação NE-SW. Observa-se também, uma cobertura detrito-laterizada de espessura variável, com desenvolvimento de solos do tipo Latossólico, Podzólico Vermelho-Amarelo e Cambissolos. A substituição da floresta nativa por pastagens, vegetação secundária e pequenas áreas reflorestadas com eucalipto, acelera os processos erosivos originando sulcos, raninas, voçorocas e movimentos de massa.

h) *Planalto de Bocaina (PB)* - No âmbito regional, a unidade está posicionada entre o Planalto de Paraitinga-Paraibuna, a oeste, a serra dos Órgãos, a leste, e serras e morros das vertentes setentrional e meridional, a norte e sul, respectivamente.

Estruturalmente, a unidade é representada por um bloco montanhoso com basculamento em direção ao litoral (DNPM, 1983).

Os modelados do relevo são representados por dissecação diferencial, com incisões de drenagem entre 80 e 300 m alicerçada em gnaisses, migmatitos, charnoquitos, granulitos e granitos.

A drenagem não apresenta cursos importantes e tem um padrão em treliça, com segmentos retilinizados, acompanhando linhas de falhas e fraturas.

De uma maneira geral, e como é típico em ambientes planálticos, os cursos d'água que chegam ao litoral são de pequena extensão, exceção feita ao coletor ou coletores principais do planalto.

As morfologias mais observadas são as de relevos dissecados em forma alongadas e com topos convexos, todos com aprofundamento de vales que alcançam até 200 metros. As cristas de topos aguçados estão relacionados a fenômenos tectônicos.

As formações superficiais dominantes e todo o Planalto da Bocaina são resultantes da alteração das rochas, apresentando espessura reduzida. Os solos mais comuns nestas unidades



são os Cambissolos álicos com textura argilosa e argilo-arenosa. Em decorrência dos desmatamentos para a implantação de culturas permanentes, observam-se formas resultantes do escoamento sub-superficial e superficial, tais como sulcos, ravinas e voçorocas.

i) *Vertentes Dissecadas - SM (Vd)* - Morfologicamente, a unidade é semelhante à descrita no item 4.1.6.7. d (*Vertentes Dissecadas do Planalto de Itatiaia*), por tratarem-se de vertentes de unidades planálticas.

Geograficamente, a expressão máxima da unidade estende-se em forma de faixa com sentido aproximado E-W até a unidade Serra dos Órgãos. No setor centro-sul da Folha, está representada Angra dos Reis e Parati, constituindo parte da escarpa litorânea.

Nas vertentes para o vale do rio Paraíba do Sul, é comum serem observados esporões e escarpas de falha com frente voltada para o SE, bem como linhas de cumeeada no sentido perpendicular, mostrando bem as direções dos esforços mais importantes. No setor de escarpas litorâneas, observa-se uma morfologia irregular, com grandes saliências e reentrâncias onde, nas partes interiores, se instalaram pequenos setores de Planícies Litorâneas.

Em geral, a topografia é muito acidentada com aprofundamento de vales que supera os 250 m, forte declividade, pendentes íngremes e vales em forma de “V”. Nas vertentes desmatadas podem ser observados níveis de erosão atual, e sub-atual o que favorece a presença de solos policíclicos. Os solos associados a esta unidade são: Litólicos, Cambissolos, Latossolos e Podzólicos.

j) *Serra dos Órgãos (SO)* - Geograficamente representada no Estado do Rio de Janeiro, abrange apenas uma pequena porção no setor SE do mapa regional. Limita-se com o Planalto da Bocaina, a W, Escarpas e Planícies Litorâneas, ao S e Serras e Morros da Vertente Setentrional, ao N.

Morfologicamente, a unidade é composta pelas escarpas escalonadas e festonadas, e pelo seu reverso. Das escarpas destacam-se significantes esporões representados por intrusões alcalinas. Sobressaem também elevações rochosas (granitos) formando morros e alinhamentos serranos com forte declividade, vales profundos em “V” com insições de drenagem entre 350 e 450 m.

As mudanças climáticas produzidas durante o Holoceno favorecem a atuação dos processos morfogenéticos que se traduzem em movimentos de massa, com a conseqüente formação de solos policíclicos.

As Floresta Montana e Submontana revestem as formações superficiais de textura argilosa correspondentes aos Cambissolos. Nas formas colinas e morros, recobertos por formações superficiais mais espessas e evoluídas que as anteriores, associam-se os solos Latossólicos. Nestes locais com morfologias menos acidentadas, a floresta primitiva foi devastada, ocorrendo vegetação secundária e pastagens, favorecendo os processos morfogenéticos onde os movimentos de massa são constantes.



- Unidades a Nível de Sub-Zonas

a) *Planície de Inundação (Pli)* - Área plana a suave-ondulada, com declividade inferior a 2%, que constitui a superfície de inundação máxima dos rios e cursos d'água. Compõem-se por sedimentos aluviais e colúvio-aluviais. O perfil transversal varia conforme o ambiente em que se desenvolvem.

b) *Terraços Fluviais (Tf)* - Integradas por áreas planas e levemente inclinadas, as vezes com ruptura de declive em relação ao leito do rio e as várzeas recentes situadas em nível inferior, geralmente são entalhados devido as mudanças de condições de escoamento e conseqüente retomada da erosão. Superfície sujeita a eventuais inundações.

c) *Lagoas Marginais (Lm)* - A unidade corresponde a corpos d'água que se desenvolveram em áreas baixas adjacentes ao curso do rio Paraíba do Sul como meandros abandonados. Apresentam um ambiente de pântano, com solos de tipo orgânico.

d) *Morros Isolados (Mi)* - Constituem morros cristalinos com altitudes variadas, localizados próximo a Bacia de Resende como relictos de uma forte erosão anterior a formação da bacia. Apresentam formas arredondadas, alteração moderada, solos Cambissólicos e Litólicos. O grau de erosão sub-atual é atual é forte a muito forte.

e) *Colinas Isoladas (Ci)* - Constituem formas relícticas baixas variando entre 5 a 30 m, de topos geralmente aplainados, associados a depósitos colúvio-aluviais como conseqüência de forte ação morfo genética em períodos sub-atuais do Quaternário.

Os solos relacionados a estas formas são Latossolo Amarelo e Cambissolo.

f) *Planície Litorânea (Plt)* - áreas aplainadas formadas nas reentrâncias das escarpas litorâneas inválidas pelo mar nos diversos ciclos úmidos dos períodos Terciário e Quaternário. Ocorrem sedimentos inconsolidados constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas, com solos Aluviais, Glei e orgânicos, estes últimos associados as áreas de manguezal.

g) *Áreas Aplainadas (Aap)* - Extensas áreas adjacentes a represa do Funil que serviram de área de empréstimo de material sedimentar, colúvio-aluvial e intemperizado para a construção da barragem auxiliar de Nhangapi. No local, observa-se uma profunda erosão nas drenagens que conduzem a um dos braços do reservatório do Funil.

4.1.7. Pedologia

4.1.7.1. Considerações Gerais

Os diferentes tipos e formas das paisagens somados aos abundantes tipos de rochas e as variações climáticas (climas atuais e paleoclimas) são fatores determinantes para a existência de uma grande variedade de solos em uma dada região.

Em conformidade com os objetivos do projeto, o mapeamento das unidades de solos foi feito a nível de Grandes Grupos, Associação de Grandes Grupos de Solos e Fases de Erosão. Por



outro lado, e em função da dinâmica ambiental atual, pretende-se dar as devidas recomendações sobre a aptidão agrícola e os diagnósticos sobre o uso e o manejo em geral.

Os critérios utilizados para o mapeamento dos solos foram principalmente geológicos e geomorfológicos.



4.1.7.2. Grandes Grupos de Solos

Conforme os estudos disponíveis para o Estado do Rio de Janeiro, notadamente: “Levantamentos dos Solos do Estado do Rio de Janeiro” (Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1962); EMBRAPA (1980); Radam Brasil, Folha SP 23/24; Rio de Janeiro/Vitória (DNPM, 1983), e a síntese interpretativa contida no Anuário Estatístico do Estado (1995), conforme ilustrado pelo mapa de solos adiante (Figura 4.53), os principais Grandes Grupos de Solos a região do Projeto são listados na Tabela 4.39.

Glossário:

- **ÁLICO DISTRÓFICO E EUTRÓFICO** - Álico, denominação empregada para designar saturação com alumínio igual ou superior a 50%. Distrófico, para caracterizar os solos com saturação de bases (V%) baixa, ou seja, inferior a 50% e eutrófico para caracterizar os solos com saturação de bases (V%) média a alta, maior que 50%.
- **HORIZONTE “B” CÂMBICO (INCIPIENTE)** - Horizonte mineral sub-superficial que apresenta um estágio pouco avançado de intemperismo porém, suficiente para o desenvolvimento de cor ou de algum tipo de estrutura.
- **HORIZONTE “B” LATOSSÓLICO** - Horizonte mineral sub-superficial que apresenta um estágio avançado de intemperismo caracterizado pela ausência de argila e pela concentração residual de sesquióxidos.
- **HORIZONTE “B” TEXTURAL** - Horizonte mineral sub-superficial onde houve incremento de argila (<0,002 mm) por processos genéticos.
- **HORIZONTE GLEI** - Horizonte subsuperficial caracterizado pela intensa redução de ferro durante o seu desenvolvimento, evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do solo com ou sem mosqueado.
- **HÚMICO** - Horizonte mineral superficial, rico em matéria orgânica, com teor de carbono orgânico igual ou superior a 1%.



Figura 4.53 MAPA DE SOLOS Anuário, Mapa 11



Tabela 4.39 LEGENDA DE MAPEAMENTO - GRANDES GRUPOS DE SOLOS

SOLO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS
Aluvial	Al	Solo pouco desenvolvido relacionado a depósitos estratiformes nos vales aluviais.
Glei	Gi	Solo hidromórfico pouco desenvolvido, com horizontes gleizados, inundados temporariamente.
Orgânico	Or	Solos de constituição orgânica, coloração escura, muito ácidos, com teores elevados de carbono (% C)
Cambissolo	Cb	Solo não hidromórfico pouco desenvolvido, com horizonte "B" câmbico. Pertencem ao último ciclo climático.
Latossolo Amarelo	La	Solo não hidromórfico, bem desenvolvido, profundo, geralmente ácido e com baixa quantidade de bases trocáveis.
Latossolo Vermelho-Amarelo	LV	Solo não hidromórfico, profundo, com horizonte "B" latossólico. Possuem caráter álico; levemente ácidos.
Podzólico Vermelho-Amarelo	PV	Solos minerais profundos com horizonte "B" textural. São álicos e levemente ácidos.
Litólico	Li	Solos minerais pouco desenvolvidos sobre rochas consolidadas pouco ou nada meteorizadas.
Rocha Aflorante	Ra	Representados por exposição de diferentes tipos de rochas ---- ou com reduzida espessura de material detrítico.
Miscelânea	M	Áreas com ocupação urbana e industrial

4.1.7.3. Associação de Grandes Grupos de Solos

Devido a escala do mapeamento e a diversidade da paisagem dentro de uma unidade morfológica, é praticamente impossível a localização de unidades de solo individualizadas, o que poderia ser feito num mapeamento em escala detalhada, onde cada unidade de paisagem estaria representada por uma unidade de solo.

Em um mapeamento de até três classes de solos, podem não estar contemplados todos os solos da unidade morfológica correspondente mas, sim, uma grande parte deles. Nas associações de grandes grupos de solos, o número de ordem significa a classe de solo dominante, seguindo no segundo e terceiro números de ordem as classes de solos com dominância decrescente.

Tabela 4.40

LEGENDA DE MAPEAMENTO ASSOCIAÇÕES DE GRANDES GRUPOS DO SOLO

SOLOS	SÍMBOLO
Aluvial associado a Glei e Orgânico	Al + Gi + Or
Cambissolo associado a Latossolo Vermelho Amarelo	Cb + LV
Latossolo Amarelo associado a Cambissolo	LA + Cb
Latossolo Vermelho-Amarelo associado a Cambissolo	LV + Cb
Litossolo associado a Rocha Aflorante	Li + Ra
Podzólico Vermelho-Amarelo associado a Cambissolo	PV + Cb



4.1.7.4. Fases de Solos

Correspondem a unidades taxonômicas inferiores que tangem diretamente sobre o uso e manejo dos solos. Entre as principais fases do solo que podem ser detectadas por foto-interpretção, citamos as seguintes:

- a) Pedregosidade / Rochosidade
- b) Alagamento
- c) Salinidade
- d) Erosão

Na região do projeto, o desmatamento e o uso inadequado de solos com forte declividade deu lugar a uma “morfoodinâmica instável”, causando uma forte erosão. Os diferentes graus de erosão levaram a criação das seguintes fases de erosão:

- a) Solos com erosão fraca; apresenta erosão laminar parcial do horizonte “A”;
- b) Solos com erosão moderada; a erosão do horizonte “A” é bem marcante;
- c) Solos com erosão forte; o horizonte “A” é praticamente eliminado;
- d) Solos com erosão muito forte; a erosão lavou o horizonte “A” nas fotografias aéreas e imagens satelitais observam-se diferenças tonais.

Tabela 4.41 FASES DE EROSIÃO

NÚMERO	GRAU DE EROSIÃO
1	Fraco
2	Moderado
3	Forte
4	Muito Forte

4.1.7.5. Descrição dos Grandes Grupos de Solos

- a) Solo Aluvial (Al)

Esta classe compreende solos pouco desenvolvidos sobre materiais de origem aluvial, apresentando apenas um horizonte “A” diferenciado, acima de um horizonte “C” de camadas estratificadas não consolidadas não havendo qualquer relação pedogenética entre elas. A seqüência de horizontes, geralmente, é AC podendo ocorrer, em alguns casos, em horizonte (B) incipiente.

Devido a natureza dos sedimentos depositados, suas características morfológicas são variáveis no que se refere a textura, coloração, estrutura e consistência.

Apresentam horizonte “A” moderado, com espessura em torno de 25 cm, matriz 10 YR, com velocidade de 3 a 4 e cromas variando de 2 a 4; estrutura granular fraca a moderada. Abaixo do horizonte “A”, seguem-se camadas estratificadas de composição e granulometria distintas, podendo, em alguns casos, ocorrer a presença de mosqueado.



De um modo geral, ocorrem associados às várzeas dos principais rios, susceptíveis a inundações, pelo que são destinados a cultivos anuais e pastagem. Quando se apresentam em terraços sem risco de inundação, são ocupados para cultivo de cana-de-açúcar e fruticultura.

Perfil Típico

Localização:	Área agrícola de Resende
Situação e Declividade:	Terraço do rio Paraíba do Sul com 0 a 2% de declividade
Altitude:	390 m
Litologia e Formação Geológica:	Sedimentos fluviais - Quaternário
Material Originário:	Sedimentos areno-siltosos
Relevo:	Plano a suave-ondulado
Erosão:	Não apresenta
Drenagem:	Bem drenado
Uso Atual:	Cultura de cana e milho

AP:	0-25 cm - Bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4 úmido) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco) - franco arenoso fino - estrutura granular fraca - friável - pouco plástico e pegajoso - transição abrupta e plana.
II (B):	25-40 cm - Bruno (7,5YR 4/4) - franco argiloso - blocos sub-angulares pequenos - friável - ligeiramente plástico e pegajoso - transição abrupta e plana
III (C):	40-70 cm - Bruno forte (7,5YR 5/8) - franco argiloso - ligeiramente duro - ligeiramente plástico e pegajoso - transição abrupta e plana
IV (C):	70-100 cm - Bruno forte (7,5YR 5/8) - areia franca - solto - não plástico e pegajoso

b) Gleis Pouco Húmicas

Compreende solos hidromórficos mal drenados, com presença do lençol freático próximo durante todo o ano. São pouco desenvolvidos e, geralmente, apresentam seqüência de horizontes "A" e Cgi ou A (B)gi e Cgi, sendo que o subfixo (gi) indica a presença de gleização.

O horizonte "A" apresenta espessura variada, cores escuras e em alguns casos cinzento muito escuro e bruno-avermelhado escuro, com matriz 10YR a 5YR, valores de 2 a 5 e cromas variando de 1 a 3, com textura argilosa e estrutura granular em superfície, e massiva nos horizontes "B" e "C". Acima dos horizontes gleizados, a coloração é variegada com presença de óxido de ferro e manganês.

Ocorrem em áreas planas (relevo plano-côncavo) associados as várzeas dos principais rios.

O aproveitamento racional destes solos para fins agrícolas requer obras de drenagem para manter o lençol freático em nível adequado. São destinados, principalmente, a pastagem natural.



Perfil Típico

Localização:	Área agrícola de Resende
Situação e Declividade:	Terraço baixo do rio Paraíba do Sul com 0 a 2% de declividade
Altitude:	383 m
Litologia e Formação Geológica:	Sedimentos fluviais - Quaternário
Material Originário:	Sedimentos areno-argilosos
Relevo:	Plano a levemente côncavo
Erosão:	Não apresenta
Drenagem:	Imperfeito
Uso Atual:	Pastagem

- A: 0-30 cm - Preto-cinzeno (10YR 3/1), úmido e cinzeno-escuro (10YR 4/1) ou seco - argila siltosa - granular, média e pequena, moderada a forte - plástico e pegajoso
- II (Cq): 30-65 cm - Preto (10YR 2,5/1) úmido e cinzeno-escuro (10YR 4/1) ou seco - argiloso - plástico e muito pegajoso
- III (Cq): 65-100 cm - Preto (10YR 2,5/1) ou úmido e cinzeno-muito escuro (10YR 3/1) ou seco - argiloso - muito plástico e muito pegajoso

c) Orgânico (Or)

Compreende a solos de constituição orgânica, coloração escura, muito ácidos e com teores elevados de carbono (%C). Possuem alta capacidade de troca de cátions destacando-se os altos valores de hidrogênio (H⁺) e baixa saturação de bases.

Basicamente, é composto por espessas camadas orgânicas assentadas sobre camadas minerais gleizadas. Na região que abrange o projeto, esta classe de solos localiza-se associada às lagoas marginais do rio Paraíba do Sul e aos mangues das planícies litorâneas - setor sudeste da Folha. O perfil típico apresenta três camadas de material orgânico em diferentes estados de decomposição.

- 1ª Camada: 0-15 cm - Bruno muito escuro (10YR 2/2) - textura orgânica granular fraca - friável - ligeiramente plástico e pegajosa - transição clara e plana
- 2ª Camada: 15-30 cm - Bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2) - textura orgânica granular, média, fraca com matéria orgânica ou decomposição - friável - ligeiramente plástico e pegajosa - transição clara e plana
- 3ª Camada: 30-75 cm - Cinzeno muito escuro (10YR 3/1) - textura orgânica - estrutura com detritos vegetais parcialmente decompostos - muito friável - ligeiramente plástico e não pegajosa - transição abrupta e plana
- II Cq: 75-110 cm - Camada sedimentos gleizada

d) Cambissolos (Cb)

Compreende solos minerais com horizonte “B” incipiente ou textural (B), não hidromórficos e com pouca diferenciação de textura do horizonte “A” para o “B”.

Apresentam seqüência de horizonte “A”, “(B)”, “C”. As vezes apresentam características similares aos latossolos, mas diferenciam-se por serem menos evoluídos, menos profundos, ainda com minerais primários não intemperizados ou pela atividade de argila que normalmente é superior à dos latossolos, ou pela presença de minerais amorfos na fração argila, ou pelos teores de silte mais elevados (relação silte/argila).

Possuem textura média a argilosa e, geralmente, são bem a moderadamente drenados. São de caráter álico com saturação de alumínio superior a 50 %.

Ocorrem nas regiões serranas em relevos ondulados, forte-ondulados a montanhosos. São solos pouco utilizados em agricultura devido ao relevo acentuado e excesso de alumínio. São recomendados para uso em pecuária extensiva e reflorestamento.

Perfil Típico

Localização:	Rodovia SP-66 (São José do Barreiro)
Situação e Declividade:	Terrenos associados a vertentes de colinas, com 5 a 10% de declividade
Altitude:	530 m
Litologia e Formação Geológica:	Sedimentos colúvio-aluviais - Quaternário
Material Originário:	Sedimentos areno-argilosos
Relevo:	Unidade Morros Cristalinos
Erosão:	Laminar, forte
Drenagem:	Bem drenado
Uso Atual:	Pastagem nativa

- A: 0-30 cm - Bruno-escuro (10YR 3,5/3) em úmido e bruno (10YR 4,5/3) em seco - franco arenoso - estrutura granular, média, fraca - friável - ligeiramente plástico e pegajoso
- (B): 30-60 cm - Amarelo (10YR 7/8) - franco-argiloso-arenoso - fraca, pequena a média, blocos sub-angulares, plástico e pegajoso
- C: 60-100 cm - Vermelho acinzentado (10 R 5/4) - franco - maciço - ligeiramente duro - plástico e ligeiramente pegajoso

e) Latossolo Amarelo (LA)

Compreende solos minerais geralmente ácidos, profundos a muito profundos, bem a acentuadamente drenados, com presença de argila do tipo 1:1 (caulinítica), teores de óxido de ferro muito baixos (inferiores a 5%) e relação sílica/alumina (Ki) geralmente em torno de 2,0. São de caráter álico (saturação com alumínio superior a 50%) e baixa capacidade de troca de cátions.



Apresentam seqüência de horizonte “A”, “B” e “C”, com “A” moderado e o horizonte “B” latossólico de cores amareladas com matizes 10YR a 5YR, valores em torno de 5 e cromas entre 6 e 8 com textura argilosa. Se relacionam com as colinas sedimentares da Formação Resende.

A principal limitação ao uso agrícola é a sua baixa fertilidade natural, embora apresentem boas condições físicas e relevo favorável. Apresentam um avançado estado de erosão.

Perfil Típico

Localização:	Colinas sedimentares (Resende)
Situação e Declividade:	Topo de colina - 7%
Altitude:	435 m
Litologia e Formação Geológica:	Sedimentos - Formação Resende (Terciário)
Material Originário:	Areno-argiloso
Relevo:	Ondulado
Erosão:	Laminar avançado
Drenagem:	Bem drenado
Uso Atual:	Pastagem nativa

A:	0-25 cm - Bruno-avermelhado (5YR 4/3) em úmido e bruno (7,5 YR 5/4) em seco - franco arenoso - granular, pequena, fraca - ligeiramente plástico e pegajoso
B ₁ :	25-40 cm - Bruno-amarelado (10 YR 5/6) em úmido- franco areno-argiloso - blocos sub-angulares médios - firme - plástico e pegajoso - transição gradual e plana
B ₂₁ :	40-95 cm - Bruno-amarelado (10 YR 5/6) - argiloso - blocos sub-angulares médios - firme - plástico e pegajoso - transição gradual e plana
B ₂₂ :	95-150 cm - Bruno-amarelado (10 YR 5/6) - argiloso - blocos angulares, médios, fortes - firme - plástico e pegajoso - transição clara e suave
B ₃ :	150-180 cm - Bruno-forte (7,5 YR 5/6) - argiloso - blocos sub-angulares médios - friável e firme - plástico e pegajoso
C:	180-200 cm - Amarelo avermelhado (5 YR 6/6) - argiloso - maciço a ligeiramente granular - coeso - plástico e pegajoso

f) Latossolo Vermelho-Amarelo (LV)

Compreende solos minerais não hidromórficos com horizonte “B” latossólico, relação sílica/alumina (Ki) baixa, inferior a 2,0, de coloração variando de vermelho para amarelo e gamas intermediárias. O óxido de ferro para horizonte “B” é inferior a 9%, exceto para alguns casos de textura mais fina (argilosa) com até 10,2%, enquanto que para os solos de textura média, estes valores são inferiores a 5,3%.

Normalmente, são solos muito profundos a profundos, com seqüência de horizontes “A”, “B” e “C”, com transição difusa a gradual (sub-horizontes). São de acentuadamente a bem drenados.



Em sua maior parte são de carácter álico, ou seja, saturação com alumínio superior a 50% atingindo valores próximos a 95%. Os valores de saturação com bases (V) são inferiores a 50%. O intemperismo é avançado, com predominância de argila do tipo 1:1 com baixa quantidade de minerais primários e baixa reserva de elementos nutritivos para as plantas.

Ocorrem a ambos os lados da Bacia de Resende em relevo forte-ondulado a montanhoso, associados às morfologias denominadas “Mar de Morros” ou “Morros Cristalinos”. Estes solos, apesar do inconveniente apresentado pelo relevo bem movimentado, foram muito utilizados com culturas de café e milho. Hoje vem sendo utilizados para pecuária extensiva.

Perfil Típico

Localização:	Morros Cristalinos (Resende)
Situação e Declividade:	Topo de morro tipo “meio laranja” - 8 a 10%
Altitude:	510 m
Litologia e Formação Geológica:	Gnaisses e migmatitos do Complexo Juiz de Fora (Pré Cambriano)
Material Originário:	Franco-argiloso - alteração do embasamento
Relevo:	Forte-ondulado
Erosão:	Laminar - forte
Drenagem:	Bem drenado
Uso Atual:	Pastagem nativa

A:	0-20 cm - Bruno-escuro (7,5YR 4/4) em úmido e bruno-claro (7,5YR 6/4) em seco - argilo arenoso - granular, pequena, fraca - ligeiramente duro - plástico e pegajoso
A ₃ :	20-35 cm - Bruno-amarelado escuro (10YR 4/4) em úmido e bruno-amarelado (10YR 5/4) em seco - argilo arenosa - blocos sub-médios moderados - firme - plástico e pegajoso - transição gradual e plana
B ₁ :	35-60 cm - Bruno-amarelado (10YR 5/7) em úmido e amarelo-branado (10YR 6/4) em seco - argilo-arenoso - blocos sub-médios moderados - ligeiramente duro - plástico e pegajoso - transição gradual e plana
B ₂₁ :	60-95 cm - Bruno-amarelado (10YR 5/6) em úmido e bruno-amarelado claro (10YR 6/4) em seco - argilo arenosa - blocos sub-médios moderados - firme - plástico e pegajoso - transição gradual e plana
B ₂₂ :	95-125 cm - Bruno-amarelado escuro (10YR 4/4) em úmido e bruno-amarelado (10YR 5/4) em seco - argilo-arenoso - blocos sub-angulares médios, moderados - firme a ligeiramente duro - plástico e pegajoso
B ₃ :	125-155 cm - Avermelhado (2,5YR 5/8) - argilosa - granular a maciço - firme - plástico e pegajoso
C:	+155 cm - Com profundidades que podem superar os 3 metros - cor vermelho acinzentado e textura argilosa



g) Podzólico Vermelho-Amarelo (PV)

Compreende solos minerais com horizonte “B” textural, normalmente com argila de atividade baixa (Tb). São geralmente solos profundos, com sequência de horizontes “A”, “B” e “C”, de bem a moderadamente drenados.

Na região que abrange o estado, estes solos apresentam horizonte “A” moderado. São geralmente erodidos nas áreas com desmatamento, podendo chegar a “A” chernozémico nas áreas cobertas por mata nativa degradada. A textura é geralmente franco arenosa. O horizonte “B” textural é sempre mais argiloso, geralmente com mudança textural abrupta. Normalmente são álicos (saturação de alumínio maior que 50%), distróficos (V<50%) e eutróficos (V≥50%). Geralmente apresentam um horizonte “B” de coloração vermelho-amarelada com matriz 5YR com valores de “true” igual ou maior que 4 e “chromas” igual ou maior que 6. Estão situados em áreas de relevo de ondulados a fortemente ondulados no setor centro-leste da região do projeto.

Perfil Típico

Localização:	Morros Cristalinos (Volta Redonda)
Situação e Declividade:	Topo de morro tipo “meio laranja” - 8 a 10%
Altitude:	550 m
Litologia e Formação Geológica:	Gnaisses e migmatitos do Complexo Juiz de Fora (Pré Cambriano)
Material Originário:	Produto da alteração do embasamento
Relevo:	Forte-ondulado
Erosão:	Laminar - forte
Drenagem:	Bem drenado
Uso Atual:	Pastagem nativa

A:	0-20 cm - Bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3,5/2) - franco arenoso - Granular, média, fraca - firme - não plástico e pegajoso - transição clara e plana
B ₁ :	20-40 cm - Vermelho-amarelado (5YR 4/6) - franco argilo-siltoso - blocos sub-angulares médios - firme - plástico e pegajoso - transição clara e plana
B _{2t} :	40-90 cm - Vermelho-amarelado (4YR 4/8) - argiloso - blocos angulares moderados - duro - plástico e pegajoso - transição gradual e plana
B ₃ :	90-140 cm - Vermelho-amarelado (5YR 4/6) - franco argiloso - blocos sub-angulares médios - pouco firme - ligeiramente plástico e pegajoso
C:	+140 cm - Franco argiloso com cascalho - amarelado

4.1.7.6. Solos da Região de Projeto

a) Considerações Gerais

O sistema de mapeamento aplicado neste projeto associa unidades morfológicas com as unidades de solos correspondentes. A simbologia cartográfica contempla unidades de paisagem e solos associados a cada tipo de paisagem. C é representada em forma de uma fração onde, no numerador, se expressa a unidade geomorfológica, tipo de relevo e declividade (nesta ordem), sendo que no denominador, estão representados a classe ou classes de solo e o grau de erosão.

Nos setores dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, onde se localiza a área de influência direta do Projeto, existem três tipos de solos principais:

- Solos bem desenvolvidos, também denominados solos climáticos (Latosólicos e Podzólicos);
- Solos pouco desenvolvidos (Cambissolo, Litossolos e Glei); e
- Solos não desenvolvidos (Aluviais).

Os dois últimos tipos formados como consequência de ciclos erosivos que obedeceram a mudanças climáticas no Holoceno e, nos últimos 200 anos, pelo desmatamento e uso indevido causados pelo homem.

b) Solos Latossólicos e Podzólicos - Estão relacionados aos peneplanos dissecados, não importando a sua posição topográfica (baixa, média ou alta). Associam-se sempre a Cambissolos e Aluviais, pois são relacionados a uma topografia de colinas com alturas variadas conhecida na região como “Mar de Morros”. Existe uma relação direta entre a altura dos morros ou aprofundamento de vales com a abundância de solos desenvolvidos (Latosólico e Podzólico) em relação a solos pouco desenvolvidos e não desenvolvidos (Cambissolos, Litossolos e Aluviais) bem como de afloramentos rochosos. Devido ao uso inadequado, estes solos possuem hoje, um grau de erosão muito forte, às vezes crítico, apresentando aptidão agrícola limitada.

c) Solos Cambissolos - Estes solos podem apresentar-se relacionados a qualquer unidade geomorfológica, relacionados aos depósitos colúvio-aluviais. São menos abundantes que os primeiros em paisagens pouco onduladas até forte-onduladas, e mais abundantes em paisagens muito forte-onduladas e montanhosas. Sempre foram mapeados como associação.

d) Solos Aluviais - Foram mapeados em relação a vales aluviais onde o aporte sucessivo e com intensidade variada provocou a deposição de camadas de materiais diversos situados a diferentes alturas do nível de base atual. A máxima expressão destes solos se relaciona com os terraços fluviais do rio Paraíba do Sul. Estes solos, geralmente destinados a lavouras, apresentam uma classe de aptidão boa.

e) Solos Glei e Orgânicos - São solos localizados em áreas baixas, associados as lagoas marginais do rio Paraíba do Sul e a setores mais baixos das baixadas litorâneas. Neste último caso, associado a manguezas. Não apresentam aptidão agrícola.

4.1.7.7. Conservação das Terras

a) Considerações Gerais

O clima de uma região não é um fator estático, mas sim dinâmico. Nos últimos 2 milhões de anos, que compreende o período Quaternário, ficaram registrados diversas mudanças climáticas, passando de clima severo, com morfodinâmica instável, a clima moderado com morfodinâmica de transição, onde os processos de morfogênese e pedogênese estão equilibrados. Conforme os registros efetuados por diversos métodos de datação, a última mudança climática aconteceu a aproximadamente 2.500 anos.

Para chegar a um “Sistema de Equilíbrio”, é preciso que os fatores clima, relevo e biota evoluam simultaneamente. Tal “Sistema de Equilíbrio” pode ser modificado por processos naturais ou pela ação do homem, sendo, este último fator, relacionado diretamente a conservação das terras.

b) Degradação dos Solos

Refere-se ao impacto que sofre um ecossistema ante a ação de fatores alheios a esse meio, fatores que podem ser naturais ou antrópicos.

Desde o início da colonização das terras brasileiras, a exploração de suas riquezas caracterizou-se por uma intensa predação do meio ambiente.

No século XVI, a extração do pau-brasil; no século XVII, o ciclo da cana-de-açúcar e, no século XVIII, os ciclos do ouro e do diamante. Durante o declínio da extração do ouro nas Minas Gerais, no final do século XVIII, desenvolveu-se na cidade do Rio de Janeiro uma florescente cultura cafeeira que, algumas décadas depois, já se espalhava pelo vale do rio Paraíba do Sul. O intenso desmatamento para o cultivo do café nas encostas, geralmente íngremes, e a abertura de uma malha viária bastante densa necessária a penetração dos cafezais e ao escoamento da produção gerou, em menos um século, uma forte erosão dos solos.

Os caminhos e estradas que cortavam as encostas de forte declividade, provocaram uma quebra no equilíbrio da pendente, gerando um nível de base local causador de erosão acelerada, culminando com o ravinamento e voçorocamento das encostas.

É importante frisar que o estado atual dos solos na região do Projeto é crítico. O horizonte “A” (húmico) que nos setores preservados pode chegar a 1 m de espessura, na maior parte do vale do Paraíba já foi total ou parcialmente erodido.

c) Erosão Laminar em Pastagens do Médio Vale do Paraíba

Estudos dos efeitos da erosão laminar em áreas com predominância de pastagens foram realizados na região de Caçapava/SP, por MODENESI (1991). Tais estudos foram considerados de interesse para a área abrangida pelo projeto em tela, visto ambas as regiões pertencerem ao mesmo compartimento morfo-estrutural e as condições de uso e ocupação do



solo serem bastante semelhantes no passado recente e atual. O estudo do escoamento superficial difuso e da erosão laminar foi realizado ao sul de Caçapava numa área de aproximadamente 25 km² onde predominam pastagens, localizada sobre arenitos e pelitos da Formação Pindamonhangaba, e sedimentos argilosos da Formação Tremembé. O relevo é caracterizado por pequena amplitude (de 50 a 100 m), com colinas semi-mamelonizadas de topo chato (560 a 680 m) e vertentes de inclinação suave (6 a 11⁰). Portanto, a área estuda por MODENESI (1991) é bastante semelhante a porção leste da área da INB, cujo substrato são os sedimentos da Formação Resende.

Segundo MODENESI (1991), “A importância da erosão acelerada reflete as características tropicais da área, marcadas pela intensidade das chuvas e sazonalidade de sua distribuição.” Na região do médio vale do Paraíba, ocorrem dois tipos de eventos pluviais, considerados como os de maior impacto erosivo: chuvas curtas e intensas e chuvas prolongadas de baixa intensidade. A distribuição irregular das chuvas também contribui para aumentar seu poder erosivo. Este é o caso das chuvas intensas e isoladas que caem em plena estação seca, encontrando o solo ressecado e a vegetação rarefeita, e daquelas observadas durante o verão, após pequenos períodos de estiagem, justamente quando os efeitos de seca são acentuados pela maior importância da evapotranspiração.

“Nas colinas sedimentares de Caçapava, a erosão acelerada resulta, principalmente, da ação do escoamento superficial difuso. Por ocasião das chuvas intensas, um lençol d’água recobre praticamente toda a superfície do solo, organizando-se em torno de obstáculos criados pelo microrelevo e pela vegetação. O fluxo das águas é reorientado e subdividido em canais rasos. Forma-se um lençol anastomosado entre touceiras de capim, pés de *Brachiaria* e sapé ou estolhos de grama, ou mesmo sobre a cobertura rasteira e contínua de grama batatais. (...) Feições erosivas modificação da textura da parte superficial dos solos por remoção de finos, exposição de raízes e estolhos, degraus hidráulicos ou deposicionais, pequenas concentrações de areia sobre o solo ou a vegetação rasteira, leques arenosos de tamanho variado testemunham a ação do escoamento anastomosado nos diferentes setores das vertentes. A erosão laminar é generalizada e torna-se especialmente intensa nas áreas de pasto degradado, onde a rarefação e irregularidade da cobertura afetam o regime hidráulico do escoamento, ativando padrões turbulentos de maior poder erosivo.

A cobertura vegetal é fator importante na determinação do tipo e intensidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, da erosão laminar. Entretanto é um fator caracterizado por efeitos ambivalentes (DE PLOEY, 1981): a vegetação tanto protege o solo como pode estimular o escoamento, pela concentração da água na parte aérea das plantas. Este processo - *stemflow*- pode ser ativo até mesmo em cobertura herbácea (DE PLOEY, 1982). Como demonstram estudos experimentais (DE PLOEY *et al.*, 1976), o efeito protetor da vegetação só é efetivo acima de determinado grau de cobertura. Nas pastagens de Caçapava, a intensidade da erosão laminar depende da eficiência dos diversos tipos de forrageiras em proteger o solo. Erosão fraca a moderada ocorre sobre cobertura contínua, principalmente nos pastos de grama batatais e, secundariamente, de *Brachiaria*, de capim gordura ou pastos degradados com capim barba-de-bode e/ou sapé.

As relações entre as propriedades físicas dos solos e a erosão laminar são menos evidentes. Erosão laminar intensa ocorre principalmente sobre latossolos, cujas propriedades definem



resistência relativa à erosão. Esta aparente contradição é explicada pela interferência dos fatores cobertura e uso do solo. No caso dos latossolos argilosos, profundos, porosos e bem drenados a retirada da vegetação faz com que prevaleçam as características de friabilidade e baixa coesão, e se altere profundamente o seu comportamento face à erosão superficial. O pisoteio é o mais importante fator acelerador da erosão nos pastos. O pisoteio reduz a cobertura vegetal e a diversidade das espécies poupando apenas as mais resistentes e menos exigentes, e expõe o solo à ação direta das chuvas e do ressecamento pelo sol; compacta o terreno e modifica a estrutura dos solos, provoca encrostamento superficial e impermeabilização e, em consequência, diminui a infiltração da água das chuvas, aumentando o débito e o poder erosivo do escoamento. Na estação ou nos períodos secos, o ressecamento do solo é responsável pela formação de gretas de contração, principalmente nas áreas mais degradadas, com perfis truncados, sem horizonte húmico superficial. (...) Trilhas de pisoteio, caminhos abandonados e velhos carregadores são feições concentradoras do escoamento pluvial nas pastagens. A atividade de formigas e cupins na superfície dos solos também contribui para orientar e concentrar o escoamento.”

Ao longo de todo o setor oeste da área da INB, onde o substrato é o embasamento cristalino recoberto por espesso manto de intemperismo, os processos erosivos são ainda mais intensos. Neste setor, de vertentes mais inclinadas, é notável a erosão através de escoamentos concentrados e subsuperficiais, que geram sulcos, ravinas e voçorocas.

DANTAS & COELHO NETTO (1995), estudando a evolução do relevo na sub-bacia do rio Piranema (municípios de Bananal/SP e Barra Mansa/RJ), cuja morfologia e o substrato litológico é semelhante ao do setor oeste da área da INB, afirmam que: “A substituição das *plantations* de café para o ambiente de gramíneas produziu uma transformação radical da dinâmica hidrológica regional: a densa malha de raízes característica das gramíneas nos primeiros centímetros do solo dificultam a ocorrência de fluxo hortoniano e propiciam uma infiltração das águas pluviais de magnitude semelhante ao de um ambiente florestal, porém de forma mais rápida, pois o ambiente de pastagens não possui “obstáculos” ao *input* de água na matriz do solo, como o *through-fall* e a camada de serrapilheira que permite uma entrada gradual de água nos solos florestados. Esta rápida entrada de água nos solos de pastagens, ainda favorecida pelos dutos escavados pelas formigas saúvas, produz zonas de saturação capazes de detonar processos erosivos por voçorocamento, principalmente em áreas de concentração de fluxos.”

Os autores concluem que: “A partir da análise histórica da ocupação humana do médio vale do rio Paraíba do Sul nos últimos 200 anos, e por cálculos das taxas de sedimentação dos depósitos correlacionados ao ciclo cafeeiro, ocorreu uma profunda transformação do ambiente, expressa através de mudanças climáticas, no regime hidrológico e da dinâmica geomorfológica. A retirada da mata virgem e a conseqüente desorganização do sistema promoveu um vertiginoso processo de erosão das vertentes e agravação dos fundos dos vales.

Este processo ocorreu no período do café por fluxo superficial (*splash erosion* e *sheet-wash erosion*) e ocorreu idem a partir deste século com a introdução da pecuária leiteira e com a vegetação de gramíneas por fluxo subsuperficial gerando erosão linear acelerada (*seepage erosion*). Com base nos resultados das taxas de rebaixamento estimado do relevo, podemos sugerir que durante o ciclo cafeeiro, a bacia do rio piranema registrou um rebaixamento de

pelo menos 6 cm, o que implica no mínimo na perda do horizonte orgânico legado pela floresta e que acarretou na ruína econômica de toda a região no final do século XIX.”

Na área da INB, principalmente em seu setor oeste, são notáveis os sulcos nas encostas causados pela erosão linear entre os antigos alinhamentos de pés de café “encosta abaixo”. Em toda a área, o horizonte “A” húmico foi eliminado, restando um solo empobrecido coberto de gramíneas e capoeiras, e muitas vezes completamente desprovido de qualquer vegetação. São comuns as ravinas e voçorocas provocadas pelo corte nas encostas para a abertura de estradas, que rebaixam o nível de base local, desequilibrando a encosta, e geram fluxos de água concentrados durante as chuvas intensas. Nas margens da represa do Funil são observadas várias voçorocas geradas por variações no nível do lençol freático e no nível da superfície do lago.

Nas áreas cujo substrato é o embasamento cristalino, as ravinas e voçorocas desenvolvem-se rapidamente ao atingirem a camada de rocha alterada, que é bastante espessa na região. Como as rochas do embasamento são muito ricas em feldspato, estas tornam-se pulvulentas quando intemperizadas, sendo muito susceptíveis à erosão por fluxos concentrados e subsuperficiais. A contínua erosão do horizonte “B” (colúvio) local, desde o século passado, tende a acentuar cada vez mais o aparecimento de feições erosivas nas encostas, visto este servir como uma “capa protetora” que impede que fluxos concentrados alcancem diretamente a rocha alterada.

4.1.7.8. Aptidão Agrícola das Terras

a) Introdução

O Sistema de avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da área que abrange o Projeto foi baseado no estudo “Aptidão Agrícola das Terras do Rio de Janeiro - EMBRAPA - 1972”.

Devido à escala do trabalho, que permitiu realizar o mapeamento da morfologia e solos associados a nível de microregião (Microregiões Homogêneas - IBGE - 1970), foi dada especial atenção aos “Fatores de Limitação” das terras, principalmente ao grau de erosão e deficiência de fertilidade, problema herdado do uso e manejo inadequado que vem tendo as terras nos últimos 150 anos.

b) Metodologia

A metodologia utilizada foi adaptada do trabalho da EMBRAPA acima referido, com algumas modificações, especialmente, no que diz respeito aos graus de erosão dos solos, fato que deve ser ressaltado pois não foi considerado pela EMBRAPA.

c) Níveis de Manejo Considerados

Tendo em vista práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores num contexto específico, técnico, social e econômico são considerados três níveis de manejo, visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Sua indicação é feita através das letras A, B e C, as quais podem aparecer na simbologia da classificação



escritas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão que apresentem as terras em cada um dos níveis adotados.

- *Nível de Manejo A*

Baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal, com implementos agrícolas simples.

- *Nível de Manejo B*

Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas principalmente a tração animal.

- *Nível de Manejo C*

Baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Os níveis B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades. Contudo, não levam em conta a irrigação na avaliação da aptidão agrícola das terras. Apenas são assinaladas, com convenção especial no mapa, as áreas com irrigação instalada ou programada.

No caso da pastagem plantada e da silvicultura, esta prevista uma modesta aplicação de fertilizantes, de defensivos e de corretivos, que corresponde ao nível de manejo B. Para a pastagem natural esta implícita uma utilização sem melhoramentos tecnológicos, condição que caracteriza o nível de manejo A.

As terras consideradas viáveis de total ou parcial melhoramento mediante a aplicação de fertilizantes e corretivos ou o emprego de técnicas como drenagem, controle à erosão, proteção contra inundações, remoção de pedras, etc. são classificadas de acordo com as limitações persistentes, tendo em vista os níveis de manejo considerados. No caso do nível de manejo A, a classificação é feita de acordo com as condições naturais da terra, uma vez que esse nível não implica em técnicas de melhoramento.

Em função dos graus de limitação atribuídos a cada uma das unidades das terras resultará a classificação de sua aptidão agrícola. As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização, conforme pode ser observado na tabela seguinte.

Tabela 4.42 SIMBOLOGIA CORRESPONDENTE ÀS CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS

Classe de Aptidão Agrícola	Tipo de Utilização					
	Lavouras			Pastagem Plantada	Silvicultura	Pastagem Natural
	Nível de Manejo			Nível de Manejo B	Nível de Manejo B	Nível de Manejo A
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola na simbolização dos subgrupos indica não haver aptidão para uso mais intensivo. Essa situação não exclui, necessariamente, o uso da terra com um tipo de utilização menos intensivo.

d) Grupos, Subgrupos e Classe de Aptidão das Terras

Um aspecto importante no desenvolvimento desta metodologia foi o fato de poder ser apresentada, em um só mapa, a classificação da aptidão agrícola das terras, para diversos tipos de utilização, sob os três níveis de manejo considerados. As principais vantagens da apresentação dos resultados em um só mapa são as seguintes:

- Visualização conjunta da aptidão das terras para os diversos tipos de utilização e níveis de manejo considerados, o que facilita o planejamento espacial, a nível estadual ou regional;
- Possibilidades de apresentação das áreas aptas a um determinado tipo de utilização adaptado às condições físicas, de acordo com diferentes níveis de manejo, sem a necessidade de se sobrepor diversos mapas de aptidão;

e) Grupos de Aptidão Agrícola

Trata-se mais de um artifício cartográfico, que identifica no mapa o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão. Os grupos 1, 2 e 3, além da identificação de lavouras como tipos de utilização, desempenham função de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos 4, 5 e 6 apenas identificam tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna, respectivamente), independentemente da classe de aptidão. A representação dos grupos é feita com algarismos de 1 a 6, em escalas decrescentes, segundo as possibilidades de utilização das terras. As limitações que afetam os diversos tipos de utilização aumentam do grupo 1 para o grupo 6, diminuindo, conseqüentemente as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas, conforme demonstra o quadro seguinte.

Grupo de Aptidão Agrícola		Aumento da intensidade de uso →					
		Preservação da flora e da fauna	Silvicultura e/ou Pastagem Natural	Lavouras			
				Pastagem Plantada	Aptidão Restrita	Aptidão Regular	Aptidão Boa
Aumento da Intensidade da Limitação - Diminuição das Alternativas de Uso ↓	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Por este quadro, observa-se que os três primeiros grupos são aptos para lavouras, o grupo 4 é indicado, basicamente, para pastagem plantada e o grupo 5 para silvicultura e/ou pastagem natural, enquanto que o grupo 6, reunindo terras sem aptidão agrícola, não apresenta outra alternativa senão a preservação da natureza. Para atender às variações que se verificam dentro do grupo, adotou-se a categoria de subgrupo de aptidão agrícola.

f) Subgrupo de Aptidão Agrícola

É o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras. No exemplo 1(a)bC, o algarismo 1, indicativo do grupo, representa a melhor classe de aptidão das componentes do subgrupo, uma vez que as terras pertencem à classe de aptidão boa no nível de manejo C (grupo 1); classe de aptidão regular, no nível de manejo B (grupo 2); e classe de aptidão restrita, no nível de manejo A (grupo 3). Em certos casos, o subgrupo refere-se somente a um nível de manejo relacionado a uma única classe de aptidão agrícola.

g) Classe de Aptidão Agrícola

Uma última categoria constitui a tônica da avaliação da aptidão das terras nesta metodologia, sendo representada pelas classes de aptidão denominadas boa, regular, restrita e inapta, para cada tipo de utilização indicado.

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um tipo de utilização determinado, com um nível de manejo definido dentro do subgrupo de aptidão. Elas refletem o grau e intensidade com que as limitações afetam as terras, sendo definidas em termos de graus, referentes aos fatores limitantes mais significativos. As classes utilizadas pela EMBRAPA são as seguintes:

Classe boa - Terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz a produtividade ou benefícios expressivamente e não expressivamente e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável nessa, classe os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos símbolos:

A, B e C - lavouras
P - pastagem plantada
S - silvicultura
N - pastagem natural

Classe regular - Terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores às aquelas auferidas das terras da Classe Boa. Nesta classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos seguintes símbolos:

a, b e c - lavouras
p - pastagem plantada
s - silvicultura
n - pastagem natural

Classe restrita - Terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente. Nessa classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos seguintes símbolos:

(a), (b) e (c) - lavouras
(p) - pastagem plantada
(s) - silvicultura
(n) - pastagem natural

Classe inapta - Terras que apresentam condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão. Ao contrário das demais, essa classe não é representada por símbolos. Sua interpretação é coé feita pela ausência das letras do tipo de utilização considerado. As terras consideradas para lavouras têm suas possibilidades analisadas para uso menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização têm como alternativa ser indicadas para a preservação da flora e da fauna, recreação ou algum outro tipo de uso não-agrícola. Tratam-se de terras ou paisagens pertencentes ao grupo 6, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal, não só por razões ecológicas, como também para proteção de áreas contíguas agricultáveis.

O enquadramento das terras em classes de aptidão resulta da interação de suas condições agrícolas, do nível de manejo considerado e das exigências dos diversos tipos de utilização. As terras de uma classe de aptidão são similares quanto ao grau, mas não quanto ao tipo de limitação ao uso agrícola. Cada classe inclui diferentes tipos de solo, muitos requerendo tratamento distinto.



Com o objetivo de esclarecer a classificação da aptidão agrícola das terras são fornecidos exemplos ilustrativos de sua simbolização.

h) Simbolização e Descrição dos Grupos e Subgrupos

- 1ABC - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A, B e C
- 1ABc - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A e B e regular no nível C
- 1bC - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo C, regular no nível B e inapta no nível A
- 2ab(c) - Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A e B e restrita no nível C
- 2(b)c - Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras no nível de manejo C, restrita no nível b e inapta no nível A
- 3(ab) - Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo A e B e inapta no nível C
- 3(bc) - Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo B e C e inapta no nível A
- 4P - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para pastagem plantada
- 4(p) - Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem plantada
- 5Sn - Terras pertencentes à classe de aptidão boa para silvicultura e à classe regular para pastagem natural
- 5s(n) - Terras pertencentes à classe de aptidão regular para silvicultura e à classe restrita para pastagem natural
- 5n - Terras pertencentes à classe de aptidão regular para pastagem natural e à classe inapta para silvicultura
- 6 - Terras sem aptidão para uso agrícola

Como pode ser observado nos exemplos expostos, os grupos de aptidão 1, 2 e 3 identificam terras cujo tipo de utilização mais intensivo são as lavouras.

Nota-se, também, que o grupo de aptidão 4 é constituído de terras em que o tipo de utilização mais intensivo é a pastagem plantada, enquanto que o grupo 5 engloba subgrupos que identificam terras nas quais os tipos mais intensivos são silvicultura e/ou pastagem natural. O grupo 6 refere-se a terras inaptas para qualquer um dos tipos de utilização mencionados, a não ser em casos especiais.

i) Representação Cartográfica

Como ficou exposto, os algarismos de 1 a 5 que aparecem na simbolização cartográfica representam os grupos de aptidão agrícola que identificam os tipos de utilização indicados para as terras - lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural. As terras que não se prestam para nenhum desses usos constituem o grupo 6, o qual deve ser mais bem estudado por órgãos específicos, que poderão decidir pela sua melhor destinação. Esses mesmos algarismos dão uma visão, no mapa, da ocorrência das melhores classes de aptidão dentro do subgrupo. Portanto, identificam o tipo de utilização mais intensivo permitido pelas terras. As letras A, B ou C, que acompanham os algarismos referentes aos três primeiros grupos,



expressam a aptidão das terras para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo considerados. Conforme as classes de aptidão boa, regular ou restrita, essas letras podem ser maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, utilizando-se as letras P, S e N.

j) Aptidão Agrícola dos Solos na Região do Projeto

- Grupo 1 - Agrupa solos com aptidão agrícola para lavouras em, pelo menos, dois níveis de manejo A, B ou C. Trata-se de solos com aptidão boa, baseada em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio abaixo. Estes solos formam parte dos terraços altos do rio Paraíba do Sul, principalmente entre as localidades de Resende e Barra Mansa e nas Baixadas Litorâneas, no setor Sudeste da folha - Foram nominados com o símbolo 1A e 1B.
- Grupo 2 - Agrupa os solos que apresentam aptidão regular para lavouras em, pelo menos, dois níveis de manejo A, B ou C. Estes solos relacionam-se com vales aluviais e áreas com topografias mais suaves, tal como pode ser observado no setor Sul de Volta Redonda e ao longo do vale do rio Paraíba do Sul e principais afluentes. A simbologia cartográfica para este grupo e subgrupo foi 2a e 2ab.
- Grupo 3 - Agrupa solos que apresentam aptidão agrícola restrita para lavouras nos níveis de manejo A, B e C. A maior parte dos solos deste grupo estão associados as unidades morfológicas, Morros Cristalinos e Colinas Sedimentares do Médio Vale Paraíba, com os já conhecidos problemas de erosão que vem sofrendo do início do ciclo do café e outros cultivos posteriores, incluindo degradações provocadas pelo pisoteio do gado.

O mesmo aconteceu nos últimos 50 anos, nos solos das unidades planálticas, associadas ao maciço do Itatiaia e nascente do rio Paraíba, onde a erosão avançou rapidamente devido aos solos estarem associados a áreas com topografia pronunciada (forte declividade) e por serem tratados inadequadamente : somam-se a este grupo os solos situados ao longo do vale aluvial do rio Paraíba do Sul. O símbolo cartográfico utilizado para a representação destas aptidões agrícolas foi 3 (a) e 3 (ab).

- Grupo 4 - Agrupa solos que apresentam aptidão boa, regular e restrita para pastagem implantada. Para este tipo de uso do solo, requerem-se relevos planos e até moderadamente ondulados. Os solos que formam parte dos terraços altos do rio Paraíba do Sul e das baixadas litorâneas, classificados com aptidão 1A e 1B, são aptos também para pastagem plantada.
- Grupo 5 - Refere-se a aptidões agrícola para silvicultura (s) e pastagem natural (n). Na região do Projeto, estas aptidões foram representadas como 5n e 5s , associadas com a aptidão restrita para lavouras 3 (a), ocupando extensas áreas a ambos os lados do rio Paraíba do Sul e setores dos ambientes planálticos já mencionados (Grupo 3), como também nos setores de vertentes das unidades planálticas, 5n e 5s - ver mapa.
- Grupo 6 - Foram associados a este grupo de aptidão (sem aptidão agrícola) áreas ocupadas por cidades, indústrias e preservação da flora e fauna, formando parte das reservas da serra da Mantiqueira e serra do Mar.

4.1.8. Recursos Minerais

Os principais recursos minerais da região da Bacia de Resende e circunvizinhanças consistem de materiais para uso na construção civil, tais como pedras (britada e de mão), saibro, areia lavada e argila.

São observadas nas áreas de embasamento cristalino marginais à Bacia Sedimentar de Resende, diversas pedreiras e saibreiras em atividade ou abandonadas. São notáveis as saibreiras implantadas sobre zonas de falhamento com forte silicificação (constituem verdadeiras faixas de um quartzito de grã grossa), com direções ENE e NE. Estas extrações são observadas ao sul da Vila de Bulhões (Faz. Santo Antônio), a leste de Floriano (Faz. Roma) e na própria área da INB. Também são observadas diversas pedreiras, notadamente nos arredores de Resende (ao sul da RJ-161), onde são explorados gnaisses, e em Itatiaia, onde é explorado granito. Em todas essas pedreiras, o capeamento (solo e rocha alterada) é retirado para ser utilizado no recobrimento de estradas vicinais (saibro) ou em aterros.

Ao longo do rio Paraíba do Sul e alguns dos seus principais afluentes, são encontrados diversos areais que realizam sua atividade de extração tanto artesanalmente, como através de dragas de sucção.

São encontradas por toda a região, tanto nos domínios da Bacia de Resende, como no embasamento adjacente, áreas utilizadas como empréstimo de material terroso, que apresentam-se geralmente bastante degradadas. Um exemplo bastante visível desta atividade é a colina inteiramente erodida situada ao lado da ponte dos arcos, na margem da Via Dutra, sentido Rio-São Paulo. A área onde estão localizadas a FEC-I e a FEC-II foi utilizada como empréstimo durante a construção da barragem auxiliar de Nhangapi.

A região também é potencialmente rica em águas minerais, tanto oriundas dos inúmeros mananciais que descem o maciço do Itatiaia e as vertentes das serras do Mar e da Mantiqueira, como dos aquíferos subterrâneos da Bacia de Resende e do embasamento cristalino.