

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE  
CARATA GEOTÉCNICA EM ESCALA REGIONAL A PARTIR DE  
MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (MDE).**

**Guilherme Pereira Bento Garcia**

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Grohman de Carvalho

Co-Orientador: Dr. Samar dos Santos Steiner

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-12/22)

SÃO PAULO

2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE CARTA  
GEOTÉCNICA EM ESCALA REGIONAL A PARTIR DE  
MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (MDE).

Guilherme Pereira Bento Garcia



Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Grohman de Carvalho

Co-Orientador: Dr. Samar dos Santos Steiner

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-12/22)

SÃO PAULO

2012

DEDALUS - Acervo - IGC



30900031156

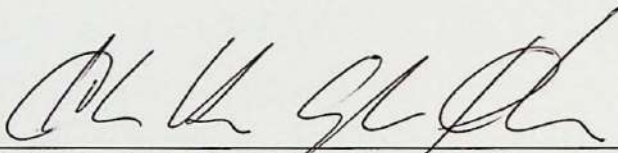
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE  
CARATA GEOTÉCNICA EM ESCALA REGIONAL A PARTIR DE  
MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (MDE).**



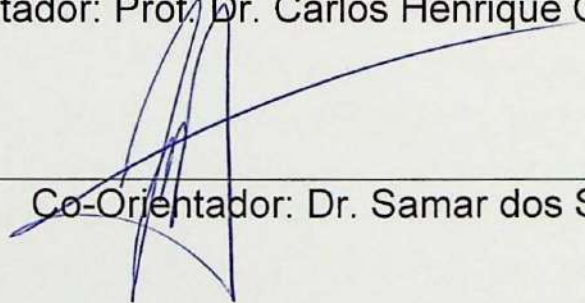
---

**Guilherme Pereira Bento Garcia**



---

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Grohman de Carvalho**



---

**Co-Orientador: Dr. Samar dos Santos Steiner**

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-12/22)**

**SÃO PAULO  
2012**

"O Cráton é igual mulher, quanto mais velho mais espesso"  
Benjamim Bley de Britto Neves  
Aula de Geotectônica, 2012

## **Agradecimentos**

Apesar dos muitos momentos em que estive sozinho para fazer este trabalho, como acredito que deve ser com todos, existem muitas pessoas que tiveram grande influência para a conclusão deste projeto.

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador Carlos Grohman por decidir orientar uma pessoa que mal conhecia. Agradeço por toda ajuda durante o projeto e principalmente pela confiança depositada em mim.

Agradeço ao meu amigo e co-orientador Samar Steiner pela disposição em fazer parte da minha monografia e pela grande ajuda durante o desenvolvimento deste projeto. Mesmo me conhecendo por alguns anos acreditou e confiou na minha capacidade de realizar este projeto.

A todos os meus amigos e colegas da Tratch Mundi por me aturarem todos os dias e pelo apoio e ajuda neste projeto. Gostaria de destacar a grande ajuda empregada por Luiz Fernando Roldan e Leticia Vicente que auxiliaram os trabalhos de campo e sempre estiveram dispostos em participar deste projeto. À Daiane Curti pela paciência em me ensinar muitos dos temas presentes neste trabalho.

A todos os meus amigos de classe, uns mais queridos outros nem tanto, acredito que os momentos vividos com vocês durante as excursões de campo e no dia a dia foram inesquecíveis e se fosse possível faria tudo novamente. Muito obrigado pelo apoio e pela amizade durante estes cinco anos. Certas coisas valem ser lembradas e com certeza lembrarei tudo que fizemos.

Ao grandioso time de basquete da geologia por proporcionar muitos dos momentos e emoções mais marcantes de minha vida, sem contar a alegria e descontração de todo treino. Agradeço a todos aqueles com quem tive o prazer de jogar, conversar e aprender muito sobre geologia. VAMOS GEOLOGIA!!!!

Por fim agradeço as pessoas mais importantes de minha vida, meu pai Gerson Camillo, minha mãe Maria Alice e minha irmã Camila. Agradeço pelo apoio desde a minha decisão pela geologia até o presente momento. Sem vocês esse projeto jamais seria possível.

**Muito Obrigado!**

## Sumário

Agradecimentos .....	4
Resumo.....	10
Abstract.....	12
1. Introdução .....	13
2. Metas e Objetivos .....	14
3. Fundamentação Bibliográfica.....	14
3.1. Erosão .....	14
3.2. Movimentos de Massa .....	15
3.3. Geomorfometria .....	19
3.4. Cartografia Geotécnica .....	22
4. Materiais e Métodos .....	23
4.1. Levantamento Bibliográfico .....	24
4.2. Preparação das Bases de Dados (SIG) .....	25
4.3. Caracterização de Elementos do Relevo (Mapa Geomorfológico) .....	28
4.4. Suscetibilidade à Movimentação de Massa.....	30
4.5. Fragilidade dos Terrenos a Erosão .....	33
4.6. Trabalho de Campo .....	37
4.7. Elaboração de Relatório Final e Confecção de Carta Geotécnica .....	38
5. Caracterização da Área.....	38
5.1. Localização e Vias de Acesso.....	38
5.2. Geologia Regional.....	39
5.3. Geomorfologia .....	44
5.4. Hidrografia .....	47
5.5. Pedologia.....	48
5.6. Clima.....	49
5.7. Vegetação.....	50
6. Resultados e Discussões .....	51

6.1.	Análise Morfométrica .....	51
6.2.	Mapa Geomorfológico Local .....	57
6.3.	Mapa de Suscetibilidade a Movimentação de Massa.....	60
6.4.	Mapa de Fragilidade à Erosão .....	62
6.5.	Carta Geotécnica .....	63
7.	Conclusões .....	75
	Referências Bibliográficas.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Rastejo em encosta natural (USGS 2004).....	16
<b>Figura 2</b> - Corrida ("Debris Flows") (USGS 2004).....	17
<b>Figura 3</b> - Escorregamento translacional (USGS 2004).....	18
<b>Figura 4</b> – Escorregamento Rotacional (USGS 2004). ....	18
<b>Figura 5</b> - Queda de blocos (USGS 2004).....	19
<b>Figura 6</b> - Fluxograma com as cinco etapas da geomorfometria (Pike <i>et al</i> 2009).....	21
<b>Figura 7</b> - Tipos e formas geométricas de encostas (Listo 2011).....	27
<b>Figura 8</b> - Fluxograma de elaboração de mapa geomorfológico local.....	30
<b>Figura 9</b> - Fluxograma para elaboração de mapa de movimentação de massa. ....	33
<b>Figura 10</b> – Fluxograma da metodologia de elaboração do mapa de fragilidade à rosão.	
35	
<b>Figura 11</b> – Mapa de localização da área no Município de Cunha.....	39
<b>Figura 12</b> – Mapa geológico da área em estudo, modificado de IPT (1981), escalas 1:500.000.....	43
<b>Figura 13</b> – Mapa geológico da área em estudo, modificado de CPRM (2004), escala 1:750.000.....	44
<b>Figura 14</b> - Mapa geomorfológico da área em estudo, modificado de IPT (1981), escala 1:1.000.000.....	47
<b>Figura 15</b> - Mapa pedológico da área de estudo, modificado de EMBRAPA (1999), escala 1:500.000.....	49
<b>Figura 16</b> – Mapa hipsométrico local da área de estudo. As cores representam valores altimétricos em metros. ....	52
<b>Figura 17</b> – Mapa declividades da área de estudo. As cores representam intervalos de declividades em graus.....	53
<b>Figura 18</b> – Mapa de curvaturas em planta. As áreas em vermelho são referentes a regiões côncavas e as em azul a regiões convexas.....	54
<b>Figura 19</b> – Mapa de curvaturas em perfil. As áreas em verde são referentes a regiões côncavas e as em roxo a regiões convexas. ....	55
<b>Figura 20</b> – Análise regional de lineamentos. ....	56

<b>Figura 21</b> - Mapa Geomorfológico Local em escala 1:125.000.....	58
<b>Figura 22</b> – Mapa de Susceptibilidade a Movimentação de Massa. ....	61
<b>Figura 23</b> – Mapa de Fragilidade do Terreno à Erosão. ....	63

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>Foto 1</b> – Escorregamento em encosta natural, visada para N (Ponto TF-12-24). ....	65
<b>Foto 2</b> – Escorregamento em encosta induzido pelo pisoteamento de gado, visada para N (Ponto TF-12-24).....	65
<b>Foto 3</b> – Escorregamento em talude natural, visada para NE (Ponto TF-12-48).....	65
<b>Foto 4</b> – Vista do relevo de morros com diversos escorregamentos nas encostas, ....	66
visada para ESE (Ponto TF-12-48). ....	66
<b>Foto 5</b> – Afloramento rochoso com pequena camada de solo superficial .....	67
(Ponto TF-12-32). ....	67
<b>Foto 6</b> – Escorregamento em encosta natural, visada para N (Ponto TF-12-47) .....	68
<b>Foto 7</b> – Relevo de morros da unidade Média a Alta, vertentes convexas e aparente ausência de escorregamentos, é possível observar a cidade de Cunha inserida entre os morros, visada para SW (Ponto TF-12-51).....	68
<b>Foto 8</b> – Escorregamento em encosta natural, visada para NW (Ponto TF-12-23). ....	69
<b>Foto 9</b> – Feições de erosão linear em barranco de estrada vicinal (Ponto TF-12-23). ....	70
<b>Foto 10</b> – Escorregamento em encosta natural induzido pelo pisoteamento do gado, visada para SE (Ponto TF-12-44).....	71
<b>Foto 11</b> – Perfil de solo como camadas argilosas, possível transição entre Cambissolo e Latossolo (Ponto TF-12-23). ....	71
<b>Foto 12</b> – Feições de erosão linear (sulcos) em encosta natural (Ponto TF-12-39). ....	71
<b>Foto 13</b> – Área de planície aluvionar composta por neossolos, representa a área de inundação da drenagem (Ponto TF-12-23) .....	72
<b>Foto 14</b> – Encosta natural repleta de blocos passíveis de rolamento, visada E-SE (Ponto TF-12-04).....	74
<b>Foto 15</b> – Encosta natural com blocos rolados, visada para E-NE (Ponto TF-12-34)..	74
<b>Foto 16</b> – Material transportado composto por solo e blocos de rocha devido a evento de fluxo de detritos (Ponto TF-12-28).....	75

## **ÍNDICE DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Classificação utilizado para o mapa de declividades.....	31
<b>Tabela 2</b> - Classificação de espessura para cada tipo de solo.....	31
<b>Tabela 3</b> - Classificação da favorabilidade das encostas. ....	32
<b>Tabela 4</b> - Legenda do Mapa Geomorfológico Local.....	59

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1.** Mapa Geotécnico em escala 1:125.000

**ANEXO 2.** Mapa Geomorfológico Local em escala 1:125.000

**ANEXO 3.** Mapa de Pontos

**ANEXO 4.** Termos de Referência

## Resumo

O presente trabalho tem como principal objetivo a aplicação de proposta metodológica para elaboração de carta geotécnica com base em Modelos Digitais de Elevação (MDE).

A carta geotécnica foi produzida em uma área teste no município de Cunha, devido aos diversos problemas geotécnicos existentes na região, como escorregamentos e rolamento de blocos. Os parâmetros analisados a partir da análise morfométrica do terreno foram hipsometria, declividade, direção de vertentes, curvatura (planta e perfil), divisores de água, elementos de relevo, movimentação de massa e fragilidade do solo. Estes parâmetros, quando correlacionados, são ferramentas importantes para a interpretação dos aspectos geomorfológicos da região, e, junto com dados do arcabouço geológico local, constituíram a base para a elaboração da carta geotécnica.

Foram delimitadas áreas com características físicas semelhantes, permitindo, dessa forma, uma classificação quanto aos riscos geotécnicos e suscetibilidades que os terrenos estão sujeitos.

A metodologia proposta baseia-se no processamento e análise de dados secundários em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) a partir de modelos de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), divergindo das metodologias clássicas que interpretam e classificam aspectos do relevo a partir de fotografias aéreas (fotointerpretação). As interpretações efetuadas nos mapas temáticos são de caráter quantitativo considerando que cada elemento de um mapa foi gerado a partir do valor do pixel da imagem, sendo os resultados obtidos de alta confiabilidade.

Para a classificação das unidades geotécnicas da área de estudo foram definidos movimentações de massa como processos primários e a fragilidade do terreno à erosão como processo secundário. O movimento de massa do tipo escorregamento foi identificado em campo como o mais abundante, dessa forma o mesmo foi utilizado como base da carta geotécnica. Foram estabelecidas cinco unidades referentes aos escorregamentos (Muito Alta, Alta, Média a Alta, Média a Baixa e Baixa), uma unidade de inundação que apresenta problemas relacionados a recalque do terreno, e por fim, uma unidade que predomina o movimento de massa do tipo rolamento de blocos.

Ao todo a carta geotécnica apresenta sete unidades delimitadas através dos mapas temáticos e interpretadas junto aos dados de campo referentes aos processos erosivos presentes em cada domínio.

**Palavras Chave:** Cartografia Geotécnica, Modelos Digitais de Elevação, Movimentos de Massa, Geomorfologia.

## **Abstract**

The main purpose of this project is the proposal of a geotechnical map drafting methodology exclusively from Digital Elevation Models (DEM).

The geotechnical map was made in an area inside Cunha county due to several geotechnical issues that exists on that region, almost mass movement like landslides and falls. The analyzed parameters from the land surface morfometry analysis were hypsometry, slope, curvature, landforms, mass movement, hillslopes, drainage divides and erosion. When correlated these parameters are important features for the geomorphological interpretation, and along with geological data became the geotechnical map drafting embasament.

Similar physical areas were designed which allowed a rated regarding geotechnical risks and terrain susceptibilities.

The proposed methodology is based on GIS (Geographic Information System) data processing and analysis, from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) elevation models, distinguished from classical methodologies that use aerial photos for landforms interpretation. The thematic maps analysis are quantitative character, consider that each map element was made based on image pixel being the final results very reliable.

For the geotechnical units sort in the study area were defined mass movements as primary processes and erosion as secondary processes. Mass movement landslide type was noted as the abundant process in the area and became the source of the geotechnical map. Five landslides units were established (Very High, High, Medium to High, Medium to Low and Low), one flood unit and one bearing blocks mass movement unit. The final geotechnical map has seven units defined by thematic maps and mass movement interpretation in the area.

**Keywords:** Geotechnical map, Digital Elevation Models (DEM), Mass Movement.

## 1. Introdução

Na carona do grande desenvolvimento urbano e da necessidade de uma ocupação humana menos agressiva ao meio ambiente, os estudos de meio físico, tais como geologia, geomorfologia e geotecnia, também passa por uma grande transformação. Recentemente a cobrança técnica e teórica dos órgãos controladores sofreu uma mudança expressiva, devido a necessidade de controle e segurança a médio e longo prazo, no planejamento, implantação e operação de grandes estruturas.

A cartografia geotécnica pode ser considerada como o processo que busca avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico, bem como os possíveis comportamentos frente às diferentes formas de uso do solo, processos naturais e induzidos, entre outros (Zuquette & Gandolfi, 2004). É ferramenta fundamental na área da construção civil sendo base para as obras de infraestrutura de qualquer natureza. Dessa forma cartas geotécnicas bem detalhadas e com linguagens menos complexas são de grande contribuição para o desenvolvimento urbano e industrial.

A metodologia empregada para a confecção de uma carta geotécnica varia de acordo com a finalidade da carta. Cartas geotécnicas são comumente elaboradas para delimitação da áreas de risco e planejamento urbano, normalmente em escalas de semidetalhe, existindo, dessa forma, uma carência de dados no que se refere ao planejamento de grandes obras.

Cartas geotécnicas em escalas regionais, quando confeccionadas por metodologias tradicionais apresentam um alto custo e tempo de execução, uma vez que estas metodologias baseiam-se, principalmente, na interpretação de fotografias aéreas e trabalhos de campo. Visando o desenvolvimento do estudo geotécnico para grandes áreas, este trabalho apresenta uma proposta metodológica para confecção de carta geotécnica em escala regional, a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE), utilizando-se dos parâmetros do meio físico extraídos diretamente das imagens SRTM. (*Shuttle Radar Topography Mission, Farr et al 2007*).

A área de estudo está compreendida no município de Cunha - SP, devido aos conhecidos problemas geotécnicos (escorregamentos, queda de blocos, entre outros) recorrentes na região. A existência da Carta Geotécnica do Município de Cunha (Freitas *et al* 2011) permite a correlação dos resultados obtidos pelo estudo do IPT e aqueles

apresentados por este projeto, quanto a descrição e caracterização dos compartimentos de relevo e unidades geotécnicas.

## 2. Metas e Objetivos

Este projeto tem como principal objetivo a elaboração de uma carta geotécnica em escala regional a partir da integração dos dados obtidos pela análise geomorfométrica de Modelos Digitais de Elevação e trabalho de campo para caracterização dos compartimentos geomorfológicos e principais processos erosivos presente na área compreendida no município de Cunha - SP.

## 3. Fundamentação Bibliográfica

### 3.1. Erosão

O processo de erosão tem sido definido por diferentes autores a partir de suas características geotécnicas, geológicas e agronômicas. A erosão é comumente caracterizada como todo e qualquer processo de remoção do material superficial, através de agente meteóricos, mecânicos ou biológicos.

Erosão é definida por Bertoni & Lombardi Neto (1999) como o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento, enquanto Villar (1987) a considera como um conjunto de processos capazes de desagregar, dissolver ou desgastar e transportar os materiais da crosta terrestre. IPT (1989) caracteriza a remoção dos materiais superficiais como consequência da ação da água, vento, gelo, organismos e dos movimentos de massa.

As feições erosivas podem ser classificadas pelos seguintes termos:

**Erosão Laminar** - Feições erosivas oriundas pelo escoamento difuso das águas, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais de solo.

**Erosão Linear** - Conjunto de feições erosivas causadas pela concentração de linhas de fluxo das águas de escoamento superficial podendo contemplar três tipos (Fournier 1960):

**Sulcos** - Pequenos canais resultantes da concentração de escoamento superficiais concentrados;

**Ravinas** - Feições erosivas resultantes do aprofundamento dos sulcos oriundos da concentração superficial com predominância de entalhe vertical;

**Boçorocas** - Constituem feições de erosão mais complexas e destrutivas, são originadas por dois tipos de escoamento que podem atuar em conjunto ou separadamente: o superficial e o subsuperficial.

**Intersulco** – Tipo de feição erosiva que é causada pelo escoamento superficial que pode se dar em uma lâmina de água de pequena espessura e extensão e que se concentra em determinadas áreas como em sulcos já formados (Meyer 1975).

**Erosão Marginal** – Formas erosivas causadas pelo escoamento concentrado nos cursos d' água, dispõem-se transversais ao eixo do fluxo (Miranda 2005)

A erosão ocorre em encostas e taludes de forma natural, progressiva, ou de forma acelerada devido a ação antrópica. Os fatores naturais que causam erosão estão associados aos aspectos físicos da região, como clima, vegetação, relevo, solos e rochas, sendo que a combinação destes parâmetros define a susceptibilidade de uma área a sofrer erosão. Os fatores antrópicos que interferem na susceptibilidade do terreno estão normalmente relacionados a uso e ocupação do solo, obras civis e desmatamentos.

### **3.2. Movimentos de Massa**

Os movimentos de massa são caracterizados por Summerfield (1991) como movimentos descendentes do material da encosta sob a influência apenas da força gravitacional que atua sobre o material, sem o auxílio de possíveis movimentos de água, gelo ou ar no terreno. O autor ainda alerta sobre a dificuldade existente na prática para diferenciar os movimentos de massa dos transportes de material por outros processos erosivos.

A estabilidade de uma encosta, seja ela natural ou antrópica, depende da relação entre as forças de resistência do material e as forças de tração, sendo que quando as forças de tração superarem as de resistência ocorrerão o movimento. Esta relação de forças é denominada fator de segurança da encosta. Porém movimentos de massa podem também ser condicionados por fatores geológicos ou geomorfológicos da região, que aumentam as forças de tração do terreno.

Os processos de movimentação de massa podem ser listados em seis tipos fundamentais (Summerfield 1991): rastejo (*Creep*), corridas (*Flow*), escorregamento (*Slide*), hasteamento (*Heave*), quedas (*Fall*) e subsidências (*Subsidence*). Sendo que em encostas ocorrem rastejos, corridas, escorregamentos, hasteamento e quedas.

### Rastejo

Representam lentos processos de deformação plástica da rocha ou solo em resposta as forças geradas pelo peso de sobrecarga do material. São movimentos que ocorrem em taxas muito lentas de deslocamento (1 - 10 mm/ano) e inicia-se quando o limite de elasticidade do material da encosta é excedido. Os processos de rastejo normalmente são os precursores de escorregamentos em encostas (Figura 1).

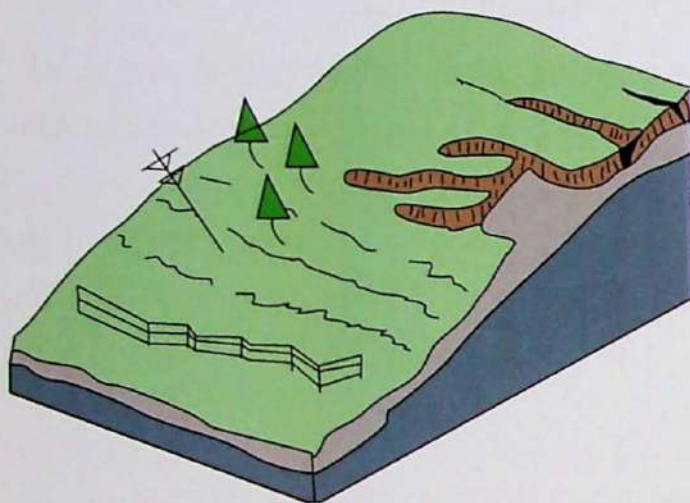


Figura 1 - Rastejo em encosta natural (USGS 2004)

### Corridas

Os processos de corrida são comumente iniciados pelos processos de quedas ou escorregamentos, a partir do momento em que há o rompimento do material, solo ou rocha, que foi movimentado. Normalmente as corridas ocorrem com abundância de água no solo ou rocha (Figura 2), porém existem casos de corridas impulsionadas na ausência de água.

As corridas podem ser categorizadas em Avalanches, Fluxo de Detritos, Fluxo de Terra e Fluxo de Lama, dependendo se o material predominante no processo for, respectivamente, gelo e neve, fragmentos de rocha, areia ou argila.

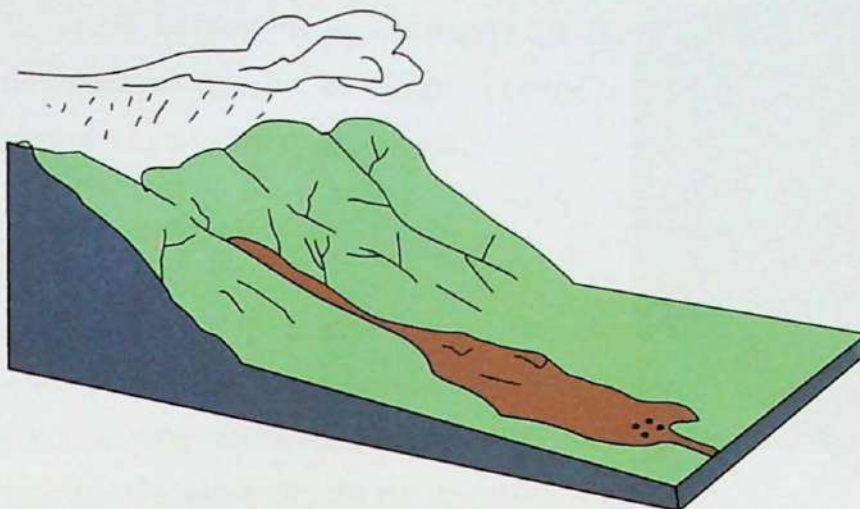


Figura 2 - Corrida ("Debris Flows") (USGS 2004)

### *Escorregamentos*

Os escorregamentos são provavelmente a forma de movimento de massa mais conhecidos e usuais. São caracterizados como o rápido movimento descendente dos materiais da encosta, normalmente relacionados com processos de quedas e de corridas. Ocorrem quando há um decréscimo na relação entre a resistência ao cisalhamento e a tensão do cisalhamento.

O plano de cisalhamento por onde ocorre o deslocamento do material é muito bem definido nos escorregamentos. Dessa forma os escorregamentos podem ser classificados como Translacionais ou Planares (Figura 3) com superfície de ruptura plana; e Circulares ou Rotacionais (Figura 4) com superfície de ruptura curva. Um outro tipo de escorregamento é definido por Carvalho *et al* (2007) como do tipo em cunha, em que dois planos de fraqueza condicionam o deslocamento pelo eixo de intersecção desses planos.

A maioria dos escorregamentos ocorre nas camadas de solo e são de pequena escala, apresentando profundidades de 2-3 metros e esparramando material por algumas dezenas de metros. Os escorregamentos de maiores dimensões são aqueles que ocorrem na rocha e transportam milhões de metros cúbicos de material da encosta.

Os escorregamentos são movimentos rápidos, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude (Listo 2011).

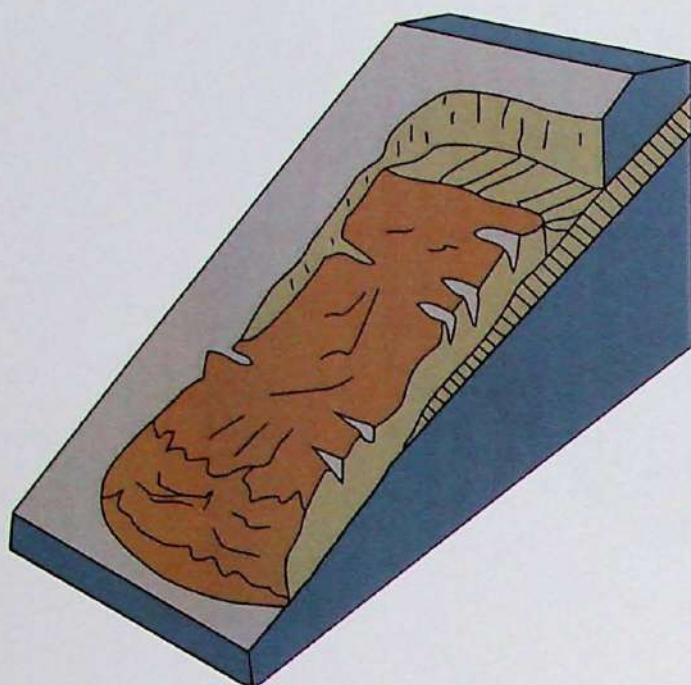


Figura 3- Escorregamento translacional (USGS 2004).

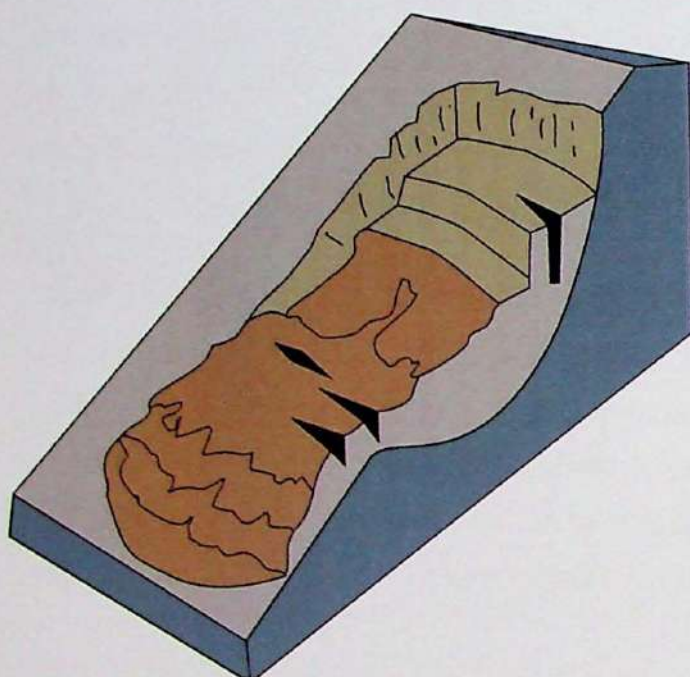


Figura 4 – Escorregamento Rotacional (USGS 2004).

### *Hasteamento*

O hasteamento refere-se aos processos de expansão e contração sofrida pelo material da encosta. O movimento ocorre pelo fato de que quando o ângulo de expansão é normal à superfície da encosta, o ângulo de contração tende a ser vertical.. A estabilidade de uma encosta para este caso depende de alguns parâmetros do material principalmente da coesão.

A expansão e contração podem ser causadas por diversos fatores, como umedecimento e secagem, congelamento e descongelamento, variações de temperatura e por organismos.

### *Queda de Blocos*

O processo de queda de blocos consiste basicamente no deslocamento gravitacional de blocos rochosos. As quedas de blocos são normalmente condicionadas por discontinuidades presentes no maciço rochoso, como fraturas e foliações, e por eventos de oscilação da temperatura (Figura 5).

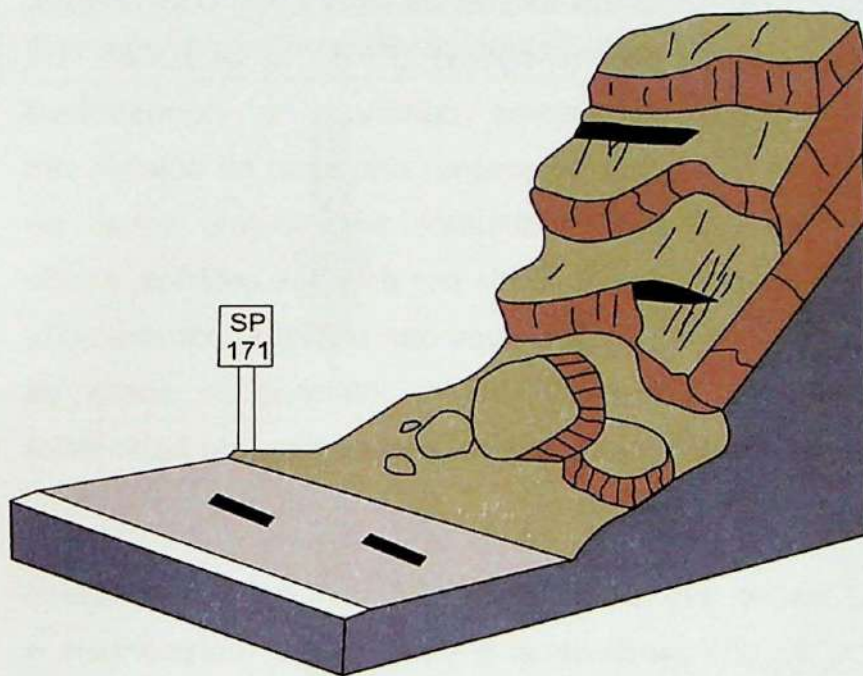


Figura 5 - Queda de blocos (USGS 2004).

### **3.3. Geomorfometria**

Pike *et al* (2009) define geomorfometria como a ciência de quantificação topográfica em que seu principal objetivo é a extração de parâmetros e objetos da superfície terrestre a partir de modelos digitais de elevação (MDE). Esta ciência é capaz de representar a topografia da Terra através da manipulação dos valores de elevação do terreno em diferentes softwares.

Trata-se de uma ciência de caráter interdisciplinar que evoluiu da matemática para ciências de terra e, mais recentemente, para ciência da computação. Ainda que seja considerada como uma atividade complementar de outras disciplinas como geografia e geomorfologia, Pike (1995) caracteriza geomorfometria como uma disciplina própria e não apenas uma coleção de técnicas numéricas. Os primeiros estudos de

geomorfometria consistiam basicamente na obtenção de medidas de elevação a partir do nível do mar e caracterização de curvas de nível a partir de isolinhas que estavam associadas a aspectos lineares de grande escala, como rios.

A partir da Segunda Guerra Mundial os estudos na área da geomorfometria evoluíram significativamente devido, principalmente, aos avanços tecnológicos impulsionados neste período. A obtenção de imagens da superfície terrestre a partir de satélites propiciou o início dos primeiros estudos de geomorfometria como a conhecemos atualmente.

Os parâmetros e objetos da superfície terrestre obtidos por geomorfometria podem ser definidos como medidas descritivas das formas de relevo (Ex: declividade), e aspectos discretos do terreno (Ex: rede de drenagens) (Pike *et al* 2009). Os parâmetros são dispostos em campos de valores contínuos e normalmente apresentados na forma de imagens do tipo raster ou mapas, enquanto os objetos são mais bem representados em mapas vetoriais constituídos por pontos, linhas ou polígonos. Os parâmetros e objetos podem ser agrupados por diversos critérios, sendo classificados de uma maneira que reflita os objetivos e tipos das análises, por exemplo, parâmetros e objetos específicos para hidrologia contêm informações sobre os potenciais movimentos de material pela superfície, caso de erosão (fragilidade do solo) e movimentação de massa.

Os modelos digitais de elevação são os dados de entrada para as análises morfométricas sendo que a extração dos parâmetros e dos objetos representam a operação fundamental do geomorfometria. Para a obtenção dos parâmetros e objetos a geomorfometria é comumente implementada em cinco etapas (Pike *et al* 2009):

- 1 - Amostragem da superfície terrestre (altitudes do terreno)
- 2 - Geração de um modelo da superfície a partir das altitudes
- 3 - Correção ou suavização dos erros nos modelos da superfície
- 4 - Obtenção dos parâmetros e objetos
- 5 - Aplicação dos parâmetros e objetos

No presente projeto a análise geomorfométrica foi executada seguindo as etapas descritas, sendo que os parâmetros e objetos foram obtidos e agrupados de acordo com os requisitos necessários para a elaboração dos mapas temáticos que servem de base

para a carta geotécnica. A seguir é apresentado o fluxograma das etapas de trabalho (Figura 6):

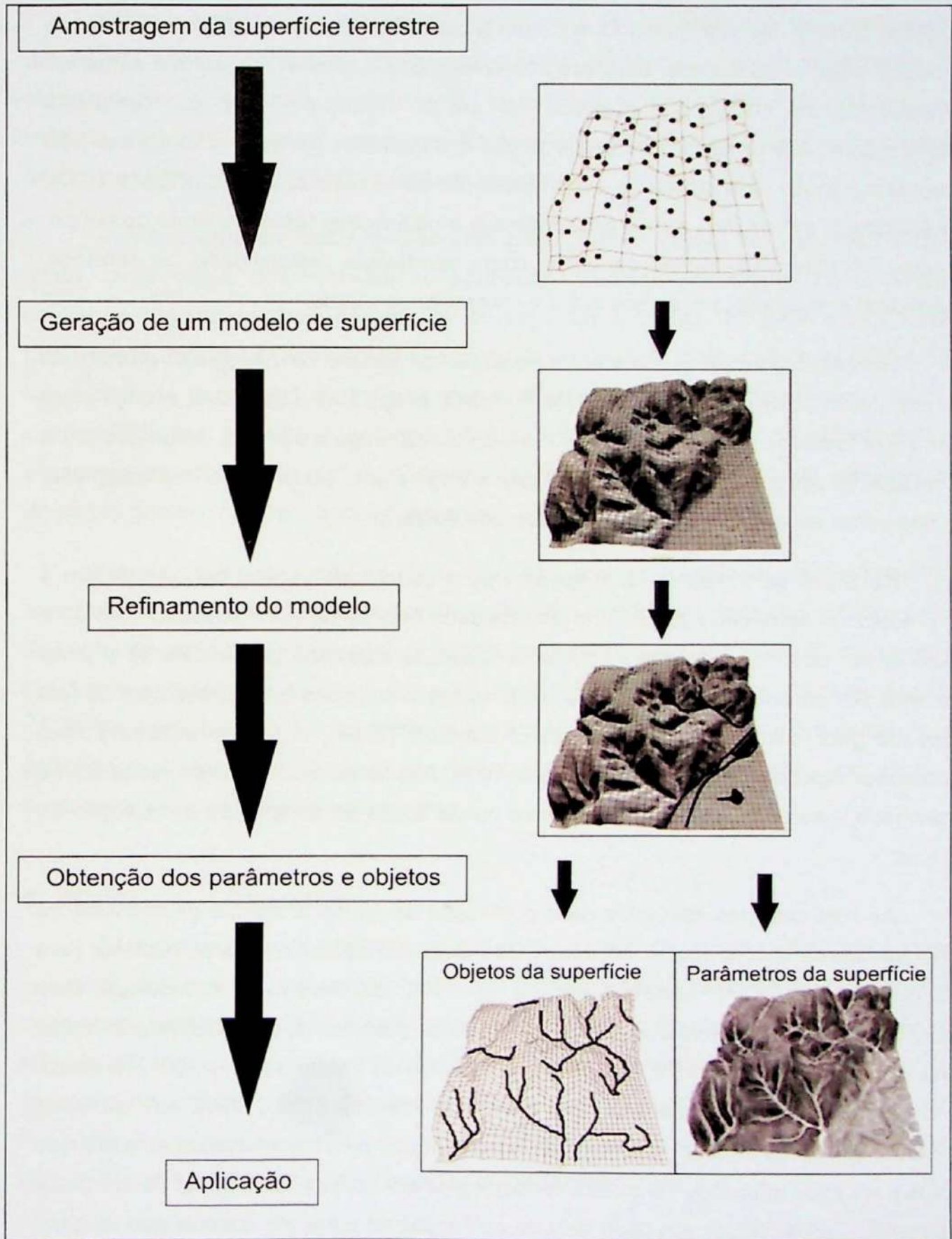


Figura 6 - Fluxograma com as cinco etapas da geomorfometria (Pike *et al* 2009)

### 3.4. Cartografia Geotécnica

A evolução do conhecimento sobre o desenvolvimento do mapeamento e cartografia geotécnica começa, principalmente, na década de 40, após o fim da Segunda Guerra Mundial, devido a necessidade de reconstrução das cidades e ocupação regional na Europa. Diversos trabalhos sobre o tema começaram a surgir em diferentes países como, por exemplo, na antiga Tchecoslováquia que apresenta trabalhos com característica de representação dos materiais geológicos do terreno pelo sistema de bandas, criando assim a representação da terceira dimensão (Zebera 1947), que é utilizada até os dias atuais após diversas modificações feitas ao longo do tempo, em que considera-se outros aspectos como morfologia, estabilidade de terrenos, propriedades físico-mecânicas dos solos e rochas, entre outros.

Também se observa o início da evolução do estudo da cartografia geotécnica nos anos 40 e 50 em países como EUA, Austrália, antiga União Soviética, França entre outros. Em todos os trabalhos a cartografia geotécnica surge a partir da integração entre as características geológicas do terreno com a engenharia, podendo ser representadas em diferentes escalas dependendo da finalidade da carta.

No Brasil os trabalhos de mapeamento e cartografia geotécnica começaram a ser produzidos na década de 1960 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e desde então ocorreu o desenvolvimento de diversos trabalhos principalmente a partir dos anos 90, porém são poucas as cartas e mapas produzidos que apresentam de fato conteúdo geotécnico; segundo Zuquette e Gandolfi (2004), a grande maioria possui dados pedológicos e geomorfológicos como base, não tendo assim relação direta com a engenharia, geotecnia, planejamento, entre outras áreas de construção e ocupação de terreno.

As metodologias aplicadas para confecção de cartas e mapas geotécnicos no Brasil variam de acordo com a instituição, não existindo assim um padrão nacional para sua elaboração. O IPT, desde a década de 1970, desenvolve a metodologia para elaboração de cartas geotécnicas e destaca que os parâmetros para elaboração dessa carta devem ser selecionados em função do objetivo do trabalho (Canil 2001), e utiliza-se de uma metodologia baseada no trabalho de Prandini *et al* (1995), em que seus trabalhos são feitos a partir de problemas envolvendo o meio físico visando uma solução rápida para cada situação. As outras metodologias utilizadas podem variar desde tentar integrar os dados obtidos em cada fase da confecção da carta até aquelas que utilizam,

principalmente, os parâmetros que envolvem características geotécnicas e pedológicas do terreno.

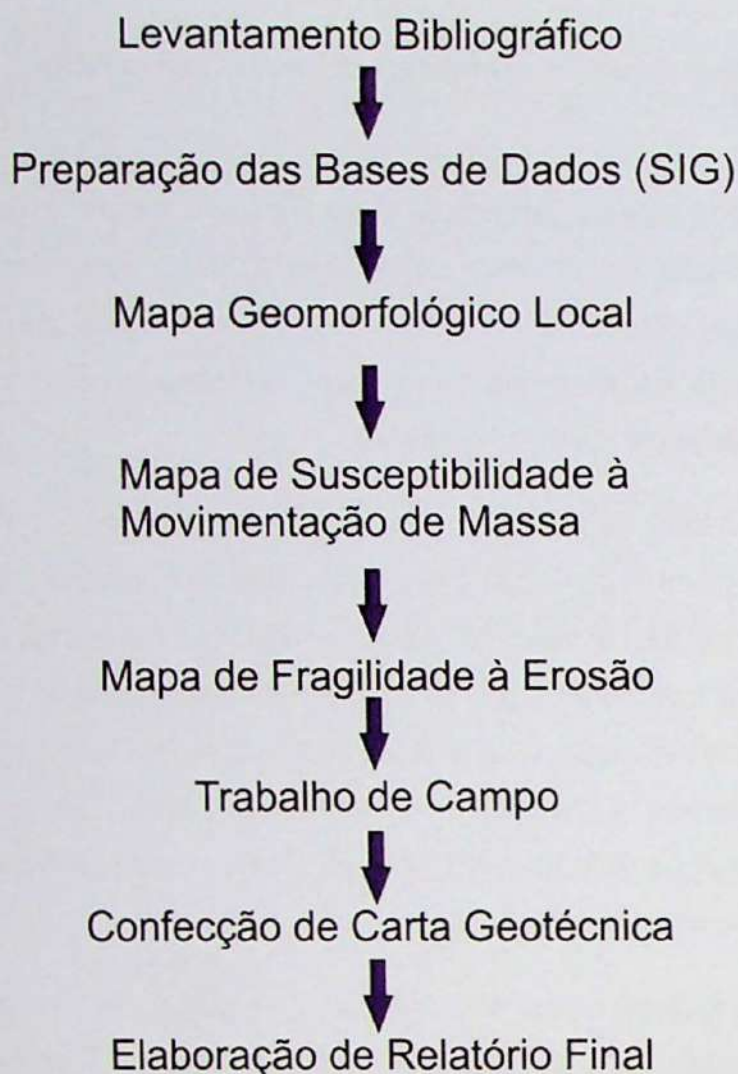
Quanto à escala que a carta geotécnica deve ser apresentada, esta pode variar de acordo com a finalidade do projeto. Cartas geotécnicas como ferramenta de planejamento urbano são normalmente apresentadas em escalas de detalhe, no máximo 1:50.000, enquanto cartas geotécnicas para planejamento de grandes obras são comumente apresentadas em escalas regionais.

A elaboração de cartas geotécnicas para grandes obras, em estudos de EIA-RIMA, deve seguir determinadas necessidades impostas por órgãos controladores devido ao grande potencial de geração de impactos regionais. Portanto estas cartas geotécnicas devem ser apresentadas em escalas regionais, incorporando as diferentes características do terreno permitindo uma análise pertinente das áreas com maiores susceptibilidades a problemas geotécnicos e ambientais. Termos de referência de algumas obras de grande porte são apresentados no anexo 4, justificando a confecção de cartas geotécnicas para escalas regionais.

Dessa forma entende-se que não há uma unanimidade na escolha da metodologia a ser empregada para elaboração de uma carta geotécnica, sendo que a definição de como será elaborado o trabalho depende de variáveis como os parâmetros que serão estudados e a escala que será apresentada a carta. Outro fator de grande influência nesta escolha é o caráter que a carta deverá possuir, seja ele qualitativo ou quantitativo, podendo-se atingir os resultados ideais a partir de alterações nas escalas ou detalhamento do conteúdo geotécnico.

#### **4. Materiais e Métodos**

Para a execução do presente projeto optou-se por utilizar um método de análise que permitisse uma interpretação precisa das unidades geotécnicas da área, a partir de dados secundários, visando sua utilização no planejamento de obras de grande porte. O método utilizado é composto por revisão bibliográfica, utilização de material cartográfico, utilização de softwares para processamento de dados em SIG, confecção de mapas temáticos (hipsometria, declividade, entre outros), análise morfométrica, trabalho de campo e, como produto final, a elaboração da carta geotécnica.



#### **4.1. Levantamento Bibliográfico**

O levantamento bibliográfico foi realizado durante todo o projeto através de consultas ao acervo da biblioteca do IGC-USP, a periódicos científicos e aos sistemas de busca de dados fornecidos pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (SIBi/USP). Foi efetuada uma visita ao IPT-SP para análise do relatório referente a carta geotécnica produzida para o município de Cunha.

Foi realizada a leitura de referências dos principais temas explorados neste trabalho, como processos do meio físico, geomorfometria, cartografia geotécnica e geomorfologia. Discriminou-se os temas referentes a caracterização e definição da unidades geotécnicas a partir, principalmente, da compartimentação geomorfológica e susceptibilidades do terreno.

Foram obtidos os mapas e cartas que representam o material cartográfico básico para elaboração deste trabalho, principalmente aqueles com conteúdo geológico, pedológico, geotécnico e geomorfológico. Além desses documentos foram utilizados

dados SRTM com resolução espacial de 90 m, obtidos no sítio Brasil em Relevo, da EMBRAPA (Miranda 2005).

## **4.2. Preparação das Bases de Dados (SIG)**

Nesta etapa foram confeccionadas e analisadas as bases cartográficas através do software ArMap/ArcGis 10.

### *Modelo Digital de Elevação*

Os modelos digitais de elevação consistem de uma malha de pontos georreferenciada que contém a elevação do terreno em cada um dos pixels da imagem que o representa. Estes pontos geralmente são representados na forma de mapas associados a uma escala gradual de cores que representa as variações altimétricas ou através de imagens em perspectivas tridimensionais.

O MDE utilizado neste projeto foi o SRTM com resolução espacial de aproximadamente 90 metros no Equador. O projeto SRTM consistiu de um levantamento realizado em cooperação entre a *National Aeronautic and Space Administration* (NASA), o Centro Espacial Alemão (DLR) e a Agência Espacial Italiana (ASI), com o objetivo de rastrear a superfície do planeta obtendo dados precisos de altimetria (Farr *et al* 2007). A aquisição das informações altimétricas se baseia na interferometria de radar entre dados obtidos de um mesmo ponto na superfície, a partir de duas posições diferentes.

A resolução de 90m demonstra-se adequada para as análises regionais, contudo se mostra pouco eficaz para análises mais detalhadas que exigem observação em maior escala. Como o presente projeto é de âmbito regional será utilizada a resolução de 90 m.

### *Relevo Sombreado*

Os mapas de relevos sombreados são gerados a partir do MDE, e representam o terreno com uma iluminação artificial a partir de um ponto escolhido no espaço, com azimute e inclinação. A imagem gerada por esse processo apresenta diferentes tonalidades, sendo que as porções de relevo voltadas diretamente para o iluminante aparecem em tonalidades mais claras, enquanto as porções ocultas pelos altos do relevo são representadas em tonalidades mais escuras. Através destas imagens são identificadas feições geomorfológicas marcantes como vales, cristas e escarpas. A escolha na posição do iluminante é de suma importância no intuito de ressaltar as

feições orientadas em diferentes direções, sendo fundamental para extração de lineamentos e outras características relevantes para estudos geológicos.

#### *Mapa Hipsométrico*

O mapa hipsométrico é obtido diretamente dos modelos digitais de elevação e consiste na classificação altimétrica do relevo em intervalos regulares de cotas e permite um melhor entendimento da topografia da área de estudo visando destacar porções específicas do terreno. Neste projeto as classes, representadas individualmente por cores distintas, foram definidas em intervalos de 100 metros com base na variação topográfica apresentada pela área.

#### *Mapa de Declividade*

O mapa de declividade determina as inclinações existentes no terreno, fornecidas em graus. A declividade é definida com base no cálculo do ângulo formado entre o vetor que representa o mergulho máximo da célula real e o vetor horizontal de mesma direção dos mapas de declividades. As inclinações do terreno são apresentadas na forma de porcentagens ou graus, podendo atingir valores maiores que 100% (45°), principalmente nas encostas de serras e morros.

#### *Mapa de Orientação de Vertentes*

O mapa de orientação de vertentes ilustra o sentido de fluxo proveniente da encosta e a susceptibilidade de diferentes porções desta.

A orientação de vertentes é definida como ângulo azimutal correspondente à maior inclinação do terreno no sentido descendente, e é expressa em graus, de 0° a 360°. A orientação de vertentes compõe, com a declividade, a geometria de exposição da superfície do terreno em representações sob o esquema de relevo sombreado. A respeito dos deslocamentos oriundos de processos de transporte gravitacional, podemos dizer que a orientação de vertentes é a direção do vetor cujo módulo corresponde à declividade.

A sequência de pontos (pixel) alinhados pela orientação de vertentes determina um caminhamento esperado de escoamento que se costuma chamar de linhas de fluxo. As linhas de fluxo, canais de drenagem e divisores de água podem ser definidos em

função do arranjo local de diferentes orientações, o que fica prontamente visível em representações adequadas da variável.

### Mapa de Curvaturas

Com ajuda dos modelos digitais de superfície foram criados dois mapas de curvatura, em planta e perfil. Estes mapas estão relacionados a superfícies do terreno e revelam se estas possuem formas côncavas ou convexas em relação a uma superfície, seja em planta ou perfil (Figura 7).

Quando observadas em planta, as superfícies convexas referem-se a superfícies de espalhamento, sendo assim, potenciais dispersivos de massa em eventuais instabilizações de encostas, e quando côncavas, são superfícies de concentração, direcionais e potenciais acumulativas de materiais de fluxo. Quando observadas em perfil, as superfícies côncavas apresentam uma estabilidade inicial maior, porém, se existir uma movimentação, tende a aumentar progressivamente sua velocidade. Por outro lado, no caso de uma geometria convexa, sua estabilidade inicial é menor, porém o fluxo tende a desacelerar e acumular no sopé do talude.

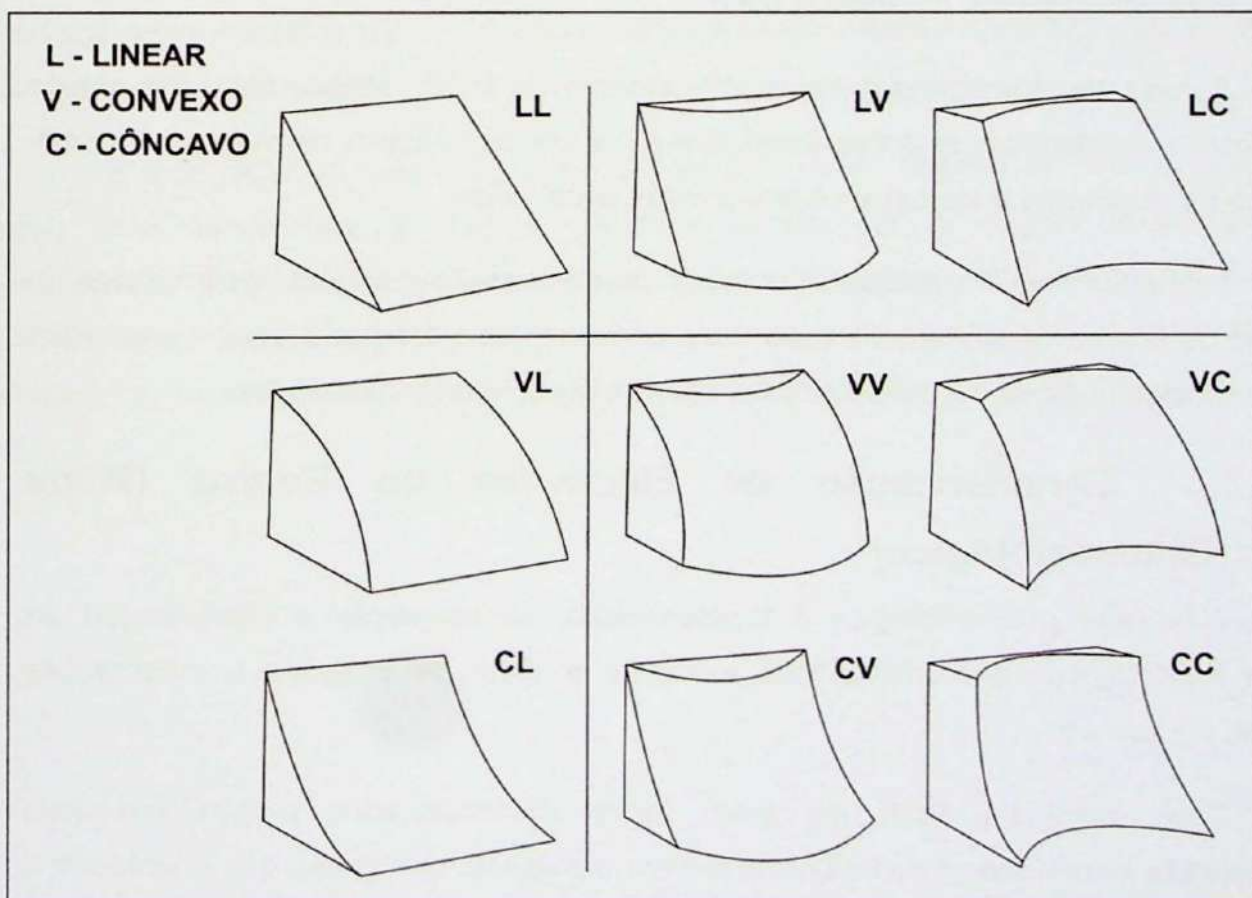


Figura 7 - Tipos e formas geométricas de encostas (Listo 2011)

## *Análise de Lineamentos*

Os lineamentos foram considerados segundo a concepção de O'Leary *et al.* (1976) como sendo feições lineares de uma superfície mapeável, simples ou composta, cujas partes encontram-se alinhadas de forma reta ou ligeiramente curva e que diferem das feições adjacentes, refletindo provavelmente fenômenos de subsuperfície.

A análise do padrão regional dos lineamentos (distribuição, orientação, comprimento e densidade) permite inferir as características estruturais do maciço rochoso, contribuindo assim, para a identificação de estruturas significativas da região, como falhas e zonas de cisalhamento.

A extração dos lineamentos foi realizada utilizando mapas de relevo sombreados e hipsométrico na escala 1:125.000, obtidos com iluminantes norte-sul e leste-oeste e objetivou a obtenção de lineamentos em escala adequada.

Os lineamentos obtidos a partir dos diferentes mapas de relevo sombreado foram traçados diretamente sobre as imagens utilizadas e integrados em um mapa de lineamentos regionais.

### *Extração de drenagens e divisores d'água*

A rede de drenagens é obtida diretamente do MDE, sendo efetuados alguns cálculos que evidenciam as áreas condicionadas a um maior aporte de material, ou seja, regiões normalmente mais baixas e encravadas entre vales.

Primeiramente é calculado um MDE sem depressões, seguido pelo cálculo do sentido de fluxo e de sua acumulação. As drenagens são extraídas a partir de um valor de acumulação, sendo considerado para este projeto o valor > 100 células.

## **4.3. Caracterização de Elementos do Relevo (Mapa Geomorfológico)**

A análise geomorfológica é fundamentada na integração e interpretação de dados morfológicos e morfométricos extraídos a partir de imagens e informações obtidas em campo.

Com base no MDE da área, foram confeccionados mapas temáticos (hipsometria, declividades, curvatura do terreno e divisores de águas), que orientaram a delimitação dos domínios geomorfológicos apresentados. Os critérios utilizados para a

caracterização das formas de relevo correspondem a uma adaptação da proposta original de Ponçano et al. (1979).

Foram elaborados mapas morfométricos regionais com o intuito de identificar feições, padrões e anomalias no arcabouço geomorfológico da região de estudo e seu entorno.

Como produto desta análise, baseado na integração de todos os mapas elaborados, foi gerado um mapa geomorfológico da área de interesse (Figura 8).

#### *Amplitude, comprimento de onda e alongação*

Para efetuar uma relação precisa entre os elementos de relevo foram analisadas e relacionadas algumas características físicas do terreno, no caso amplitude, comprimento de onda e alongação.

Para obtenção da amplitude foi calculado a diferença entre o maior e o menor valor da altitude em cada elemento de relevo, o que possibilitou a distinção das formas de relevo. Com base nos valores da amplitude as unidades de relevo foram divididas e classificadas, por exemplo, terrenos com amplitudes maiores que 100 metros foram considerados morrotes a morros, enquanto amplitudes maiores que 400 metros foram classificados como serras.

A alongação de cada elemento de relevo é obtida através da divisão entre o maior e o menor valor de eixo do elemento. Sendo que os valores de alongação próximos a 1 indicam que o elemento deve possuir uma forma relativamente circular, e valores muito baixos como 0,1 representam elementos alongados. O comprimento de onda é representado pelo valor da medida do eixo menor do elemento de relevo.

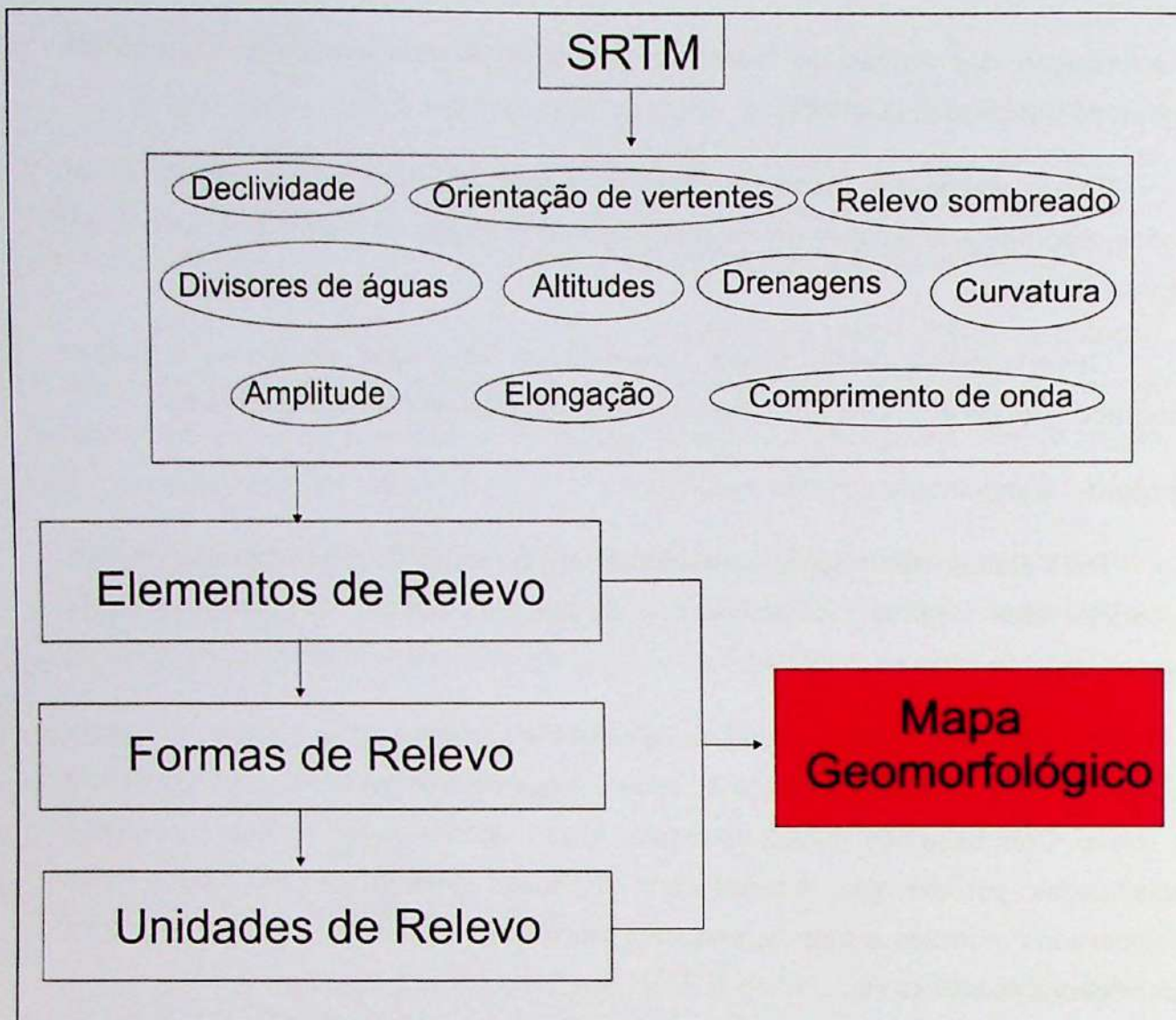


Figura 8 - Fluxograma de elaboração de mapa geomorfológico local.

#### 4.4. Suscetibilidade à Movimentação de Massa

A metodologia aplicada para elaboração do mapa de susceptibilidade à movimentação de massa consistiu em duas etapas de trabalho, com a aquisição e manipulação de três subprodutos básicos (mapas de declividade, de espessura de solo e de curvatura das encostas) e como produto final o Mapa de Suscetibilidade à Movimentação de Massa (Figura 9).

O mapa de declividade pode ser obtido diretamente através do MDE, cujo valor de declividade do terreno se expressa em graus em cada pixel da imagem. Este mapa foi classificado em 5 classes (Tabela 1)

<b>Declividade em graus</b>	<b>Classificação</b>
0° - 5°	Muito Baixa Declividade
5° - 10°	Baixa Declividade
10° - 15°	Média Declividade
15° - 20°	Alta Declividade
>20°	Muito Alta Declividade

**Tabela 1** - Classificação utilizado para o mapa de declividades.

O mapa de espessura de solo foi elaborado com base no mapa pedológico (Embrapa 1999). Para tal, as diferentes classes de solo foram classificadas em 5 categorias qualitativas, definidas com base na espessura média que cada classe tende a apresentar naturalmente (Tabela 2). Essa estimativa foi fundamentada em dados disponíveis na literatura e conhecimento empírico.

<b>Classificação qualitativa da espessura relativa de cada classe de solo</b>	<b>Classe de Solo</b>
Espessura Muito Pequena	Neossolos
Espessura Pequena	Cambissolos
Espessura Média	Chenossolos Gleissolos
Espessura Grande	Planossolos Vertissolos
Espessura Muito Grande	Argissolos Latosolos Nitossolos

**Tabela 2** - Classificação de espessura para cada tipo de solo.

A curvatura das encostas também é obtida diretamente através do MDE, no entanto, para a análise de suscetibilidade à movimentação de massa as formas das

encostas foram também classificadas em 5 categorias (Tabela 3). Através do software ArcMap/ArcGis 10 foi aplicada a álgebra de mapas de curvatura em planta e em perfil, resultando em um mapa de curvaturas com combinações de formas côncavas, retilíneas e convexas em perfil e em planta. Esta classificação apresenta o nível de favorabilidade resultante das possíveis combinações de curvatura das encostas, fundamentada em conceitos apresentados na bibliografia.

Curvatura da encosta em planta	Curvatura da encosta em perfil	Favorabilidade
Convexo	Côncavo	Muito Pouco Favorável
Convexo	Retilíneo	Pouco Favorável
Retilíneo	Côncavo	Pouco Favorável
Retilíneo	Retilíneo	Medianamente Favorável
Convexo	Convexo	Medianamente Favorável
Côncavo	Côncavo	Medianamente Favorável
Côncavo	Retilíneo	Favorável
Retilíneo	Convexo	Favorável
Côncavo	Convexo	Muito Favorável

Tabela 3 - Classificação da favorabilidade das encostas.

Após a elaboração desses mapas, é confeccionado o Mapa de Suscetibilidade à Movimentação de Massa. Aplicando-se a álgebra dos três mapas, impondo um peso específico para cada um de acordo com sua influência para os movimentos de massa no terreno, através da seguinte equação:

$$SMM = (D \times 0,6) + (C \times 0,15) + (E \times 0,25)$$

Onde;

SMM - é a Suscetibilidade à Movimentação de Massa;

D - é a declividade do terreno;

C - é a curvatura das encostas;

E - é a espessura de solo estimada.

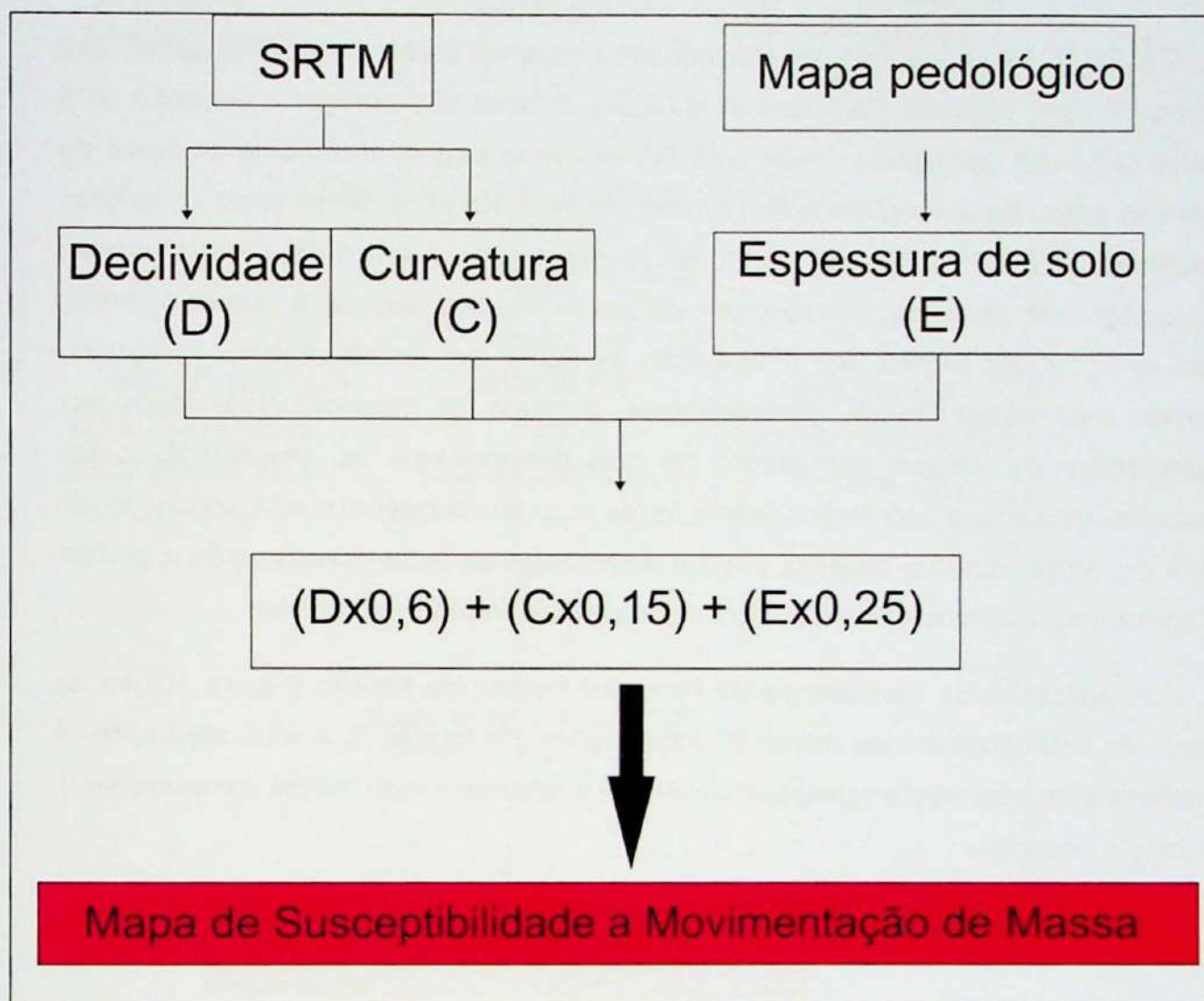


Figura 9 - Fluxograma para elaboração de mapa de movimentação de massa.

#### 4.5. Fragilidade dos Terrenos a Erosão

A avaliação da fragilidade dos solos aos processos erosivos é balizada pela Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) (Wischmeier & Smith, 1978) que foi desenvolvida para estimar a produção anual de sedimentos pelos parâmetros naturais de clima, de solo, de relevo e de uso e manejo (Costa *et al* 2005). O modelo preditivo empírico de perda de solo utilizado neste projeto foi o Potencial Natural de Erosão (PNE), que representa uma simplificação da EUPS, sendo gerado a partir da combinação dos fatores que dependem exclusivamente das características naturais do meio físico: erosividade da chuva (fator R), erodibilidade dos solos (fator K) e fator topográfico (fator LS). A análise envolvendo apenas os fatores inerentes ao meio natural (fatores R, K e LS) permite estabelecer paralelos com susceptibilidades naturais dos terrenos à erosão (Stein *et al* 2003). Este produto não levou em conta os fatores

antrópicos, tais como tipo de uso do solo, cobertura vegetal e existência de práticas conservacionistas.

A EUPS foi criada para ser utilizada em pequenas áreas, compatível com o uso agrícola. Porém, segundo Farinasso *et al* (2006), é possível empregar a equação para escalas regionais, permitindo avaliar qualitativamente e geograficamente as áreas de diferentes graus de susceptibilidade à erosão, ou seja, em estudos regionais os valores de perda de solo por erosão não podem ser tomados como dados reais, servem apenas para categorizar as áreas quanto maior ou menor susceptibilidade à erosão laminar. Costa *et al* (2005) explica que a aplicação da EUPS em escala regional pressupõe algumas imprecisões devido, principalmente, à forma de obtenção dos dados por experimentos de campo controlados, o que desconsidera as contribuições dos processos erosivos a montante. Dessa forma, o autor condena que a utilização da EUPS em larga escala é possível através de técnicas de geoprocessamento e podem ser aplicadas no gerenciamento de ações mitigadoras do processo erosivo.

A aplicação da metodologia do Potencial Natural de Erosão (Figura 10) se dá através da sobreposição dos planos de informações dos fatores R, K e LS utilizando-se de sistemas de informações geográficas (SIG) e modelagem matemática computacional, segundo a equação:

$$PNE = R \times K \times LS$$

Onde,

R é o fator erosividade da chuva, disponível para cada município, em Mj.mm/ha.h.ano;

K é o fator erodibilidade do solo, em t.h/Mj.mm;

LS é o fator relevo, considerando-se valores de declividade (S), baseado em graus de declividade, e comprimento das rampas (L), adimensional.

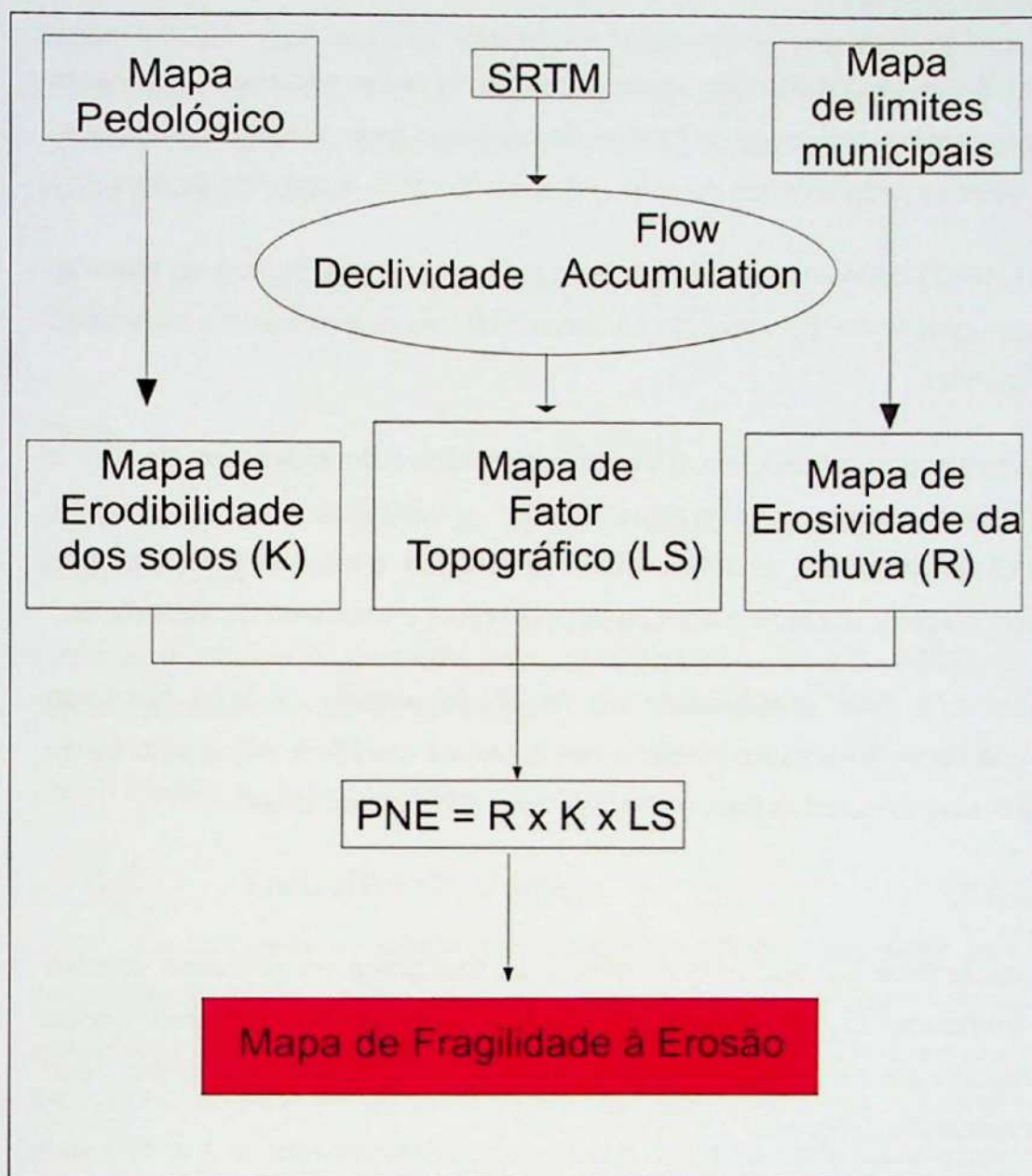


Figura 10 – Fluxograma da metodologia de elaboração do mapa de fragilidade à erosão.

*Fator Erosividade da Chuva (R)*

A erosividade da chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva esperada, em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção (Wischmeier & Smith 1962). O fator erosividade (R) adotado neste trabalho foi determinado pelo software “Erosividade Brasil 1º versão” (Silva, 2006), desenvolvido pelos departamentos de Engenharia Ambiental e de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Sorocaba. O software fornece índices de erosividade por município, a partir de um sistema de consulta a banco de dados obtidos através de cálculos de erosividade para o território brasileiro com base em diferentes equações. Os dados de chuvas utilizados possuem diversas fontes, tais como o sistema Hidroweb e da Rede Nacional de Agrometeorologia, entre outros.

### *Fator Erodibilidade do Solo (K)*

Wischmeier & Smith (1978) observaram que alguns solos são mais facilmente erodidos que outros mesmo que todos os fatores do processo permaneçam constantes, essa variação se deve as propriedades do solo, e é descrita como erodibilidade do solo.

Freire *et al* (1992) definem a erodibilidade do solo como a quantidade de material que é removida por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes

As propriedades que influenciam a erodibilidade foram definidas por Bertoni e Lombardi Neto (1999) como aquelas que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água, e aquelas resistentes às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento superficial.

Neste trabalho, o fator erodibilidade (K) foi obtido através de uma pesquisa bibliográfica, em que foram levantados trabalhos de pesquisa científica, cujos valores de erosividade tenham sido calculados para diferentes tipos de solos do Brasil

### *Fator Topográfico (LS)*

O Fator Topográfico LS incorpora os efeitos da topografia no processo erosivo relacionando o comprimento da encosta (L) e a declividade (S), mesmo sendo calculados separadamente os fatores L e S são apresentados como um único fator topográfico, para aplicação prática.

L - é o fator comprimento de rampa ou encostas, quanto maior for sua extensão maior será a velocidade do escoamento (Costa *et al* 2005). O comprimento de rampa ou encosta é caracterizado por Wischmeier & Smith (1978) como sendo a distância do ponto de origem do caimento da água até o ponto em que ela decresce.

S - é o fator declividade, caracterizado como o ângulo ou o índice da inclinação do terreno, sendo que a velocidade de escoamento da água está diretamente relacionada a declividade do terreno, bem como sua energia potencial.

Para a determinação da EUPS, ou PNE no caso deste projeto, um dos fatores mais complexos de serem calculados é o Fator Topográfico (LS). A utilização de geoprocessamento tem fornecido subsídios precisos para a determinação deste fator. Essa associação pode ser feita por meio da metodologia desenvolvida por Moore &

Bruch (1986), que permite determinar com maior precisão os processos erosivos decorrentes do fluxo laminar sobre declives, cuja expressão para o cálculo do fator relevo é baseada no acúmulo de fluxo (ou área de contribuição) e declividade, fornecida pela equação a seguir:

$$LS = \left( \frac{Flow\ Accumulation \times CellSize}{22,13} \right)^{0,4} \times \left( \frac{\sin(Slope)}{0,0896} \right)^{1,3}$$

Onde,

*Flow Accumulation* é o acúmulo de fluxo ou área de contribuição, obtida pelo software ArcMap/ArcGis 10.

*CellSize* é o tamanho da célula do modelo digital de elevação (MDE); para este trabalho foram utilizadas células de 90 metros.

*Slope* é a declividade calculada para cada pixel.

#### **4.6. Trabalho de Campo**

Os trabalhos de campo consistiram em um caminhamento pela área de estudo para identificação das principais características geomorfológicas, pedológicas, geológicas e geotécnicas principalmente das encostas e taludes naturais. Os trabalhos de campo priorizaram a identificação das feições erosivas e problemas geotécnicos associados a taludes naturais, uma vez que, pode-se constatar a ocorrência de diversos problemas geotécnicos relacionados aos taludes de corte de estradas não pavimentadas da região e principalmente da rodovia SP-171.

Durante as excursões foram observados, classificados e descritos alguns parâmetros inerentes ao mapeamento geotécnico como tipos pedológicos e litológicos, características geotécnicas de solos e rochas, processos geotécnicos e aspectos geomorfológicos da região.

## **4.7. Elaboração de Relatório Final e Confecção de Carta Geotécnica**

Nesta etapa foram analisados, discutidos e interpretados os resultados obtidos durante o desenvolvimento deste projeto. Sendo o produto final desta etapa a elaboração do relatório final e a carta geotécnica.

## **5. Caracterização da Área**

### **5.1. Localização e Vias de Acesso**

A área de estudo está localizada no município de Cunha-SP e possui uma área de aproximadamente 400 km<sup>2</sup> (Figura 11), limitada pelas latitudes '22°59' e 23°10' Sul e longitudes 45°02' e 44°50' Oeste. A cidade de Cunha está totalmente inserida na área de estudo assim como parte do Núcleo Cunha - Indaia do Parque Estadual da Serra do Mar.

O acesso até a área é feito de São Paulo pela Rodovia Presidente Dutra até a cidade de Guaratinguetá, utilizando a entrada para a SP-171 e desta segue-se até a cidade de Cunha. O caminhamento da área foi feito principalmente pela rodovia SP-171, que liga Cunha a Paraty, e por estradas não pavimentadas que interligam pequenos vilarejos com a cidade de Cunha. A área de estudo está delimitada, a sul, pela fronteira entre São Paulo e Rio de Janeiro e a norte pelo trevo rodoviário da SP-171 com a Rodovia João Martins Côrrea (SP-153).

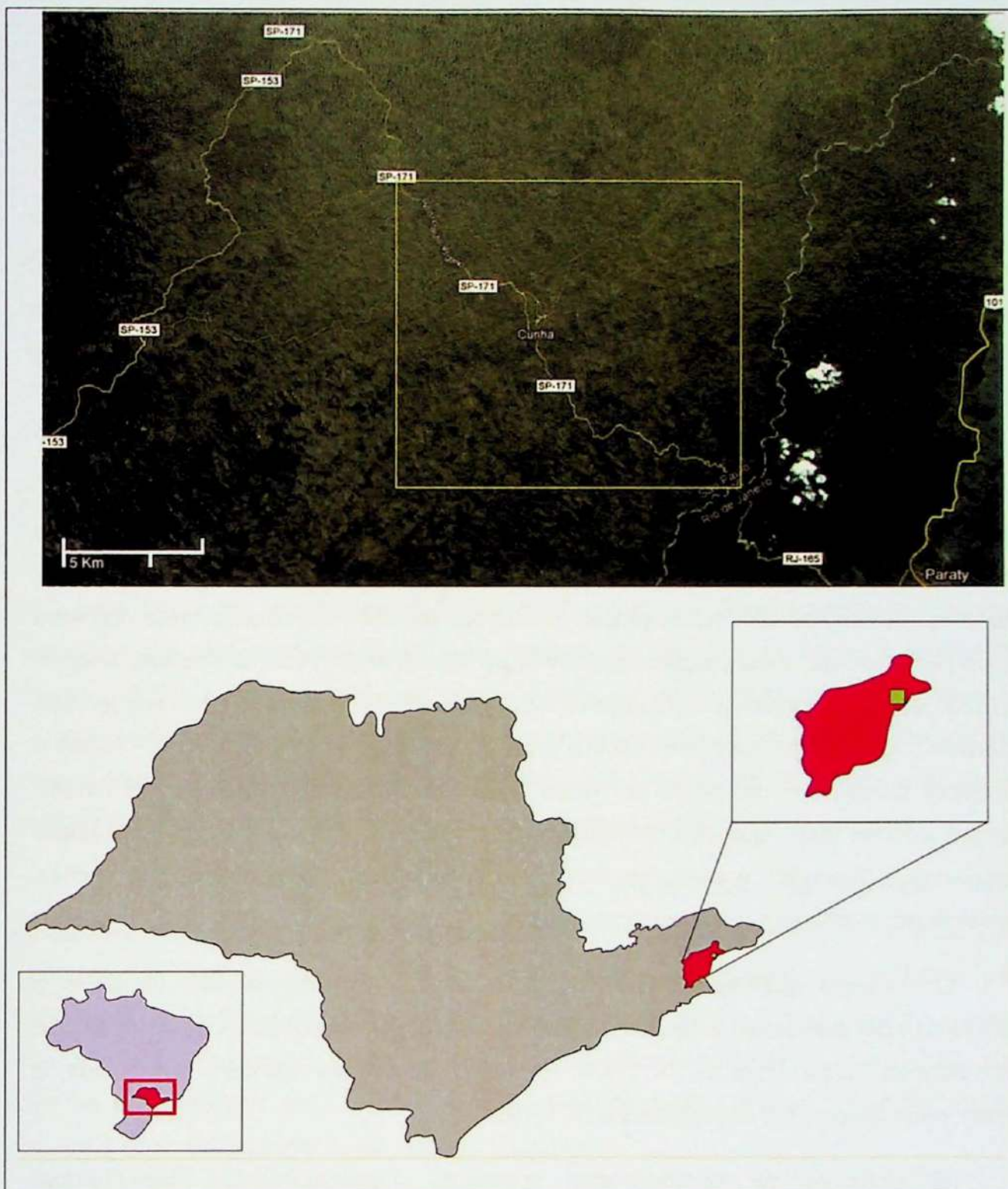


Figura 11 – Mapa de localização da área no Município de Cunha.

## 5.2. Geologia Regional

Na região de interesse, localizada no município de Cunha, ocorrem basicamente grupos litológicos do embasamento cristalinos (rochas migmatíticas e graníticas) e também sedimentos recentes, de idade quaternária, caracterizados por aluviões, colúvios e elúvios, que apresentam relação com as feições geomorfológicas (Figuras 12).

As rochas cristalinas da região foram divididas e classificadas em diferentes unidades litoestratigráficas por diversos autores, recebendo diferentes denominações em cada trabalho. No presente trabalho serão utilizadas como referência as divisões litoestratigráficas pré-cambrianas organizadas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB - CPRM) em domínios tectônicos, sendo estes delimitados por zonas de cisalhamentos orientadas preferencialmente na direção NE-SW, que correspondem a importantes falhas transcorrentes e cavalgamentos de escala regional (Figura 13).

Tanto no município de Cunha, como na área estudo, ocorrem, basicamente, rochas referentes ao Domínio Costeiro e ao Domínio Embú, além do magmatismo sin a tardiorogênico relacionado ao orógeno Araçuaí-Rio Doce (Perrota *et al* 2005).

#### *Domínio Costeiro*

O Domínio Costeiro, ou Complexo Costeiro (IPT 1981), é delimitado a norte pela falha de Cubatão e a sul pela linha de costa e ilhas vizinhas (Hasui *et al* 1981), apresenta rochas bastante heterogêneas devido aos diversos eventos de metamorfismo sofrido pelas rochas. Esta unidade foi dividida por Chiodi *et al* (1983) e Sobreiro Neto *et al* (1983) em três conjuntos litológicos distintos que são representados por sequências gnáissico-migmatíticas, para-derivadas e granulíticas. Segundo Perrota *et al* (2005) o Complexo Costeiro é composto por cinco unidades, sendo que na área de estudo ocorrem apenas duas, que são definidas como Unidade quartzítica (Npccq) e Unidade ortognáissica (Npccog), e estas unidades são constituídas, basicamente, por rochas gnáissico-migmatíticas e rochas paraderivadas.

O conjunto gnáissico-migmatítico é composto por ortognaisses variados e migmatitos com paleossoma de hornblenda-biotita gnaiss e neossoma de composição granodiorítica (Dias Neto *et al* 2008), podendo apresentar também anfíbolitos e serpentinitos localmente migmatizados (IPT 1981).

O conjunto de paraderivadas apresenta metassedimentos constituídos, principalmente, por rochas siltico-argilosas (xistos e filitos) e, em menor proporção, quartzitos arcosianos e calciossilicáticas; processos de quartzo-feldspatização ocorrem relacionados ao metamorfismo de médio a alto grau associado ao Ciclo Brasileiro (Dias Neto *et al* 2008).

O conjunto de rochas granulíticas é composto por charnockitos e noritos ocorrendo associados aos gnaisses oftalmíticos e corpos graníticos presentes na região (Chiodi *et al* 1983).

As principais estruturas presentes no Complexo Costeiro, em toda sua extensão pelo Estado de São Paulo, foram definidas por Chiodi *et al* (1983) como um “trend” ENE-WSW, sendo que as rochas metamórficas presentes apresentam uma foliação bem demarcada em praticamente todas as escalas. Estas estruturas estão associadas às grandes zonas de cisalhamento NE-SW que afetaram a região podendo apresentar uma reorientação das estruturas, comumente, no quadrante NW (Carneiro *et al* 1979) ou até mesmo a presença de estruturas em leque (Dias Neto *et al* 2008).

### *Domínio Embú*

O Domínio Embú está delimitado a norte pela zona de cisalhamento Caucaia, e a sul pela zona de cisalhamento Cubatão. É constituído basicamente por rochas supracrustais metamorfisadas em grau variável, de fácies xisto verde a anfibolotio (Alves 2006), sendo definido por Hasui (1975) em duas associações litológicas, o Complexo Ectinítico Pilar que é formado por rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico, e o Complexo Migmatítico Embú que é composto por xistos e gnaisses migmatíticos, representando o topo e base do Grupo Açungui, respectivamente.

A área de ocorrência do Domínio Embú em IPT(1981) corresponde a área denominada de Grupo Açungui, porém esta denominação vem sendo contestada, uma vez que as rochas que ocorrem na região, xistos e gnaisses migmatíticos, são consideradas distintas daquelas definidas originalmente para o Grupo Açungui. Dessa forma será utilizado neste trabalho a classificação adotada por Perrota *et al* (2005), que agrupa esse litotipos em Complexo Embú e Complexo Rio Capivari, representando o topo e a base do Domínio Embú, respectivamente.

O Complexo Rio Capivari apresenta uma infraestrutura alongada e encravada em zonas de cisalhamento (Heilbron *et al* 2004) e possui composição ortognáissica-migmatítica a mesossoma granito-tonalítica. É constituído principalmente por Bitotita-hornblenda gnaiss migmatítico, porém pode apresentar rochas de composição granítica a tonalítica e intercalações de anfibolito e calicissilicática.

O Complexo Embú compreende basicamente mica xisto, paragnaisse parcialmente migmatizado e quartzito. Na área em estudo ocorrem duas unidades do

Complexo Embú, definidas por Perrota *et al* (2005) como Unidade paragnáissica e Unidade dos xistos localmente migmatíticos. A Unidade paragnáissica é a mais expressiva na área e é composta por gnaisses peraluminosos, plagioclásio-biotita gnaisses/xistos porfiroclásticos, anfibolitos, gnaisses cálcio-silicáticos e mármore restritos (Mantesso Neto *et al* 2004), a Unidade dos xistos possui xistos de composições variadas que em alguns pontos aparecem intercalados com rochas calcissilicáticas, anfibolitos e metaultramáficas.

### *Suites Graníticas*

Na porção norte da área de estudo observa-se a ocorrência do Granito Lagoinha que foi formado durante o magmatismo neoproterozóico sin a tardiorogênico do Domínio Embú, e é definido como granitoide foliado peraluminoso do tipo S, ou biotita granitos. Possui formas alongadas que estão orientadas segundo as grandes estruturas NE-SW que ocorrem na região.

Na porção sul-sudeste da área ocorrem rochas referentes ao magmatismo relacionado ao Orógeno Araçuaí-Rio Doce, como o Granito Natividade da Serra que é classificado como um granito calcialcalino do Tipo I de idade Neoproterozóica, 587 Ma em datação U-Pb (Janasi *et al* 2003), também ocorre na área um magmatismo tardi pós-orogênico representados pelo Granito Carrasquinho classificado com um granitoide tipo I calcialcalino de alto K.

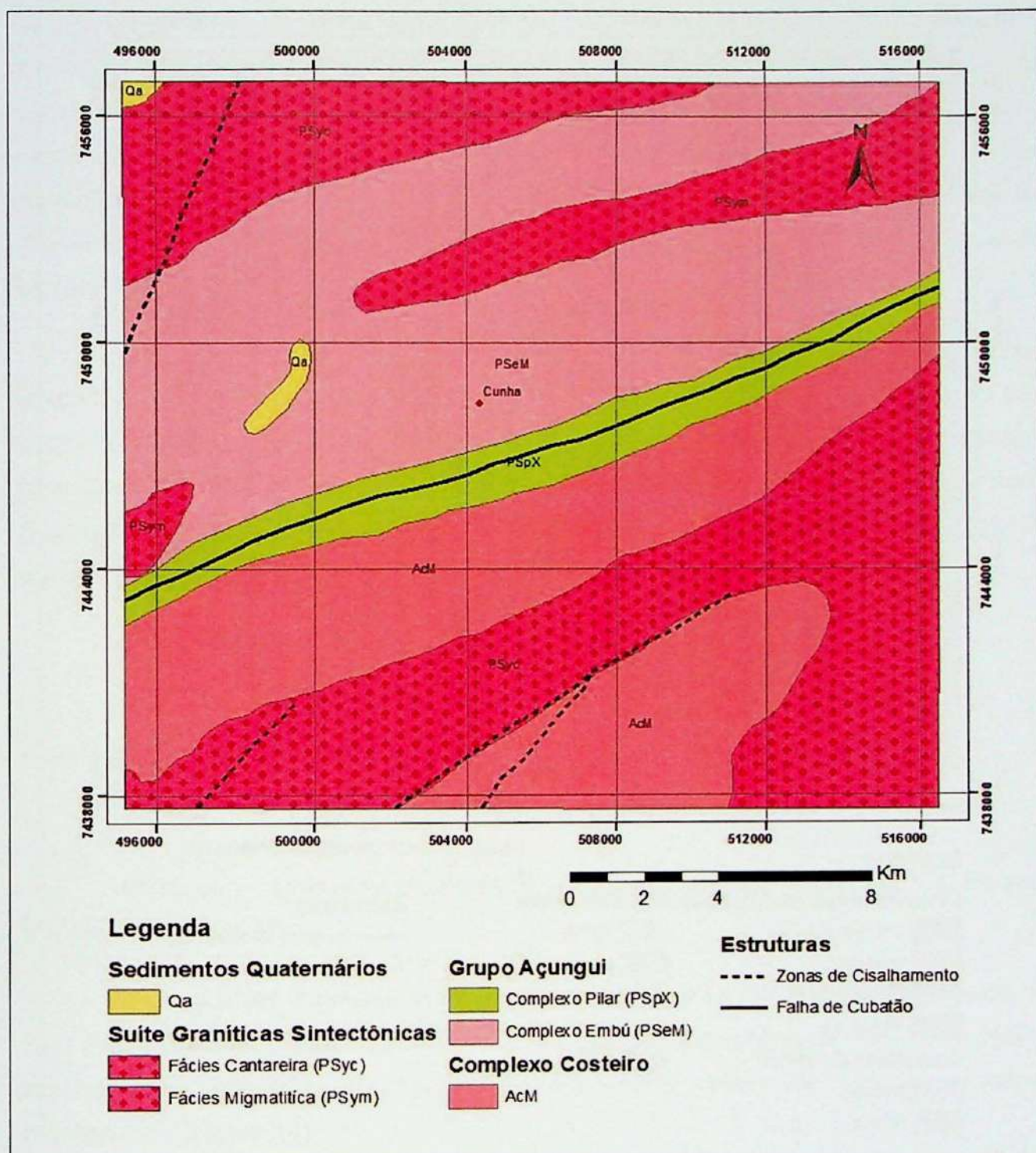


Figura 12 – Mapa geológico da área em estudo, modificado de IPT (1981), escalas 1:500.000.

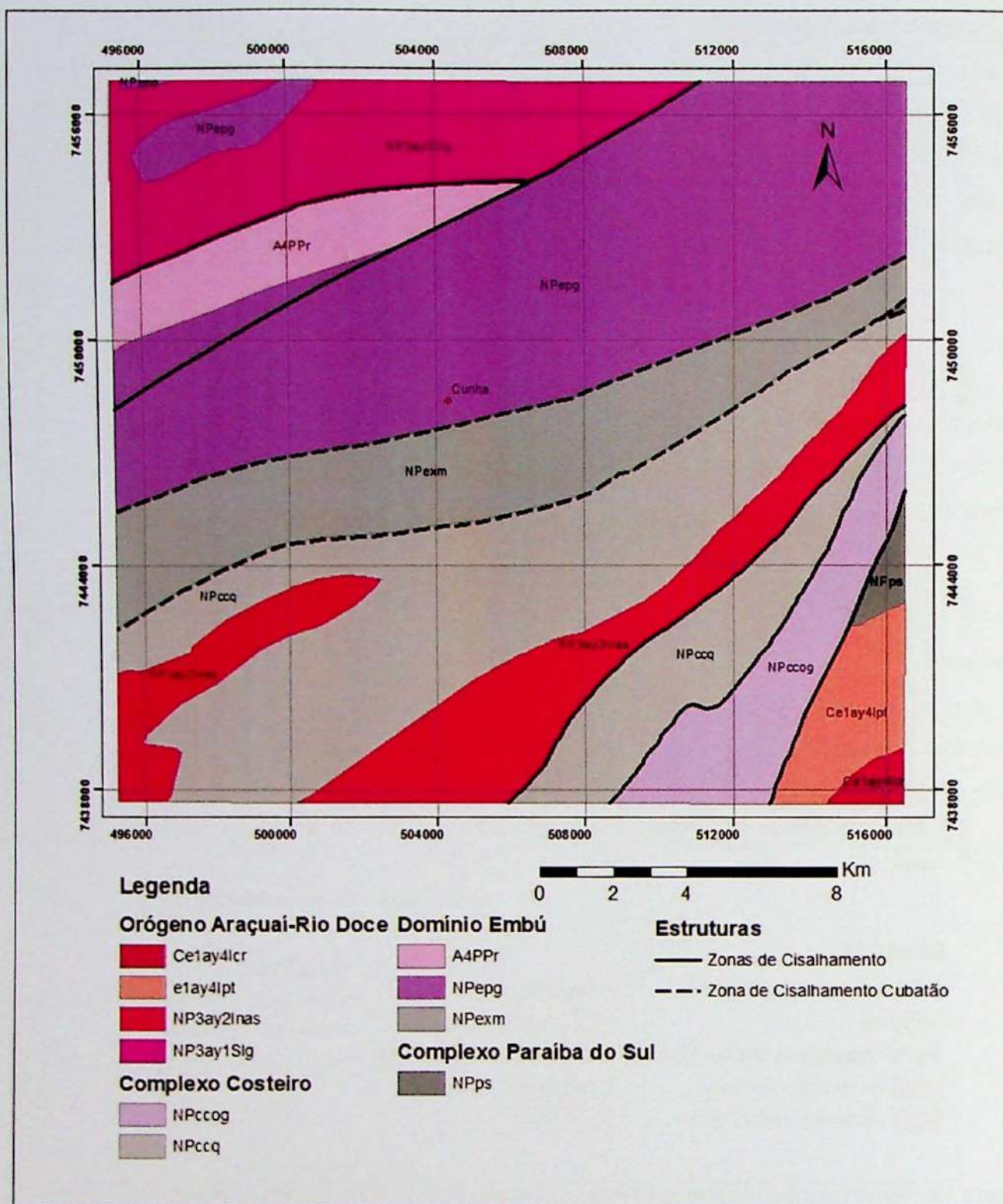


Figura 13 – Mapa geológico da área em estudo, modificado de CPRM (2004), escala 1:750.000.

### 5.3. Geomorfologia

O mapeamento do relevo pode ser efetuado de diversas maneiras, não existindo um método padrão. Dessa forma a divisão geomorfológica pode ser estabelecida considerando-se os sistemas de relevo (IPT 1981), os padrões de relevo (Peixoto 2010), entre outros.

Os sistemas de relevo foram definidos por Ponçano *et al* (1979) como conjuntos morfológicos de características homogêneas, distinguindo-se por seus atributos físicos que diferem das áreas adjacentes, sendo que, segundo Ross (2000), apresentam unidades morfoesculturais que se distinguem no cenário paisagístico pelas diferentes dominâncias de suas características fisionômicas, em decorrência de alternâncias da atuação de condições climáticas diversas, atuais e pretéritas, nos terrenos e suas estruturas.

Ross (1992) propõe a divisão de uma carta geomorfológica em níveis taxonômicos, em que são considerados seis táxons distintos para o mapeamento das unidades geomorfológicas. Para o município de Cunha, Freitas *et al* (2011) apresentam uma divisão geomorfológica até o 4º táxon, utilizando-se de parâmetros morfométricos (classes de declividade e desníveis altimétricos), morfológicos (topos aguçados ou convexos) e hidrográficos para delimitação dos táxons, essa divisão consiste em:

-1º táxon – *Morfoestruturas*: Planalto Atlântico

-2º táxon – *Morfoesculturas*: Planalto da Bocaina e Planalto de Paraitinga/Paraibuna

-3º táxon – *Padrões de Tipos de Relevo*: Mar de Morros

-4º táxon – *Unidades de Padrões de Formas Semelhantes*: Morros Baixos, Morrotes e Morros Altos.

A área a ser mapeada neste trabalho localiza-se na porção leste do estado de São Paulo, estando situado na Província Planalto Atlântico (Almeida 1964; IPT 1981), apresentando segundo classificação do IPT (1981) relevo de morros e relevo montanhoso (Figura 14).

O relevo de morros que ocorre na área é definido como Mar de Morros e é composto por topos arredondados com vertentes com perfis convexos a retilíneos, apresentam drenagem de alta densidade com padrão dendrítico a retangular, vales abertos e fechados, e planícies aluvionares interiores desenvolvidas.

Ocorrem duas feições referentes ao relevo montanhoso na área que são Serras Alongadas e Montanhas com Vales Profundos, o primeiro é definido por topos angulosos com vertentes ravinadas com perfis retilíneos, possui drenagem de alta densidade com padrão paralelo pinulado e vales fechados; o segundo é descrito como

topos angulosos a arredondados com vertentes perfis retilíneos a convexas, drenagem de alta densidade com padrão dendrítico e vales fechados.

Quanto aos padrões de relevo, estes são caracterizados pela análise morfológica do relevo com base em fotointerpretação da textura e rugosidade dos terrenos a partir de diversos sensores remotos, procurando-se identificar os grandes conjuntos morfológicos passíveis de serem delimitados em escalas de análise muito reduzidas (1:500.000 a 1:1.000.000), sem preocupação quanto à gênese, evolução morfodinâmica e processos geomorfológicos atuantes nas unidades em análise (Peixoto 2010)

Para classificar os padrões de relevo, Peixoto (2010) considerou os parâmetros morfológicos e morfométricos que pudessem ser avaliados por instrumentos digitais (imagens Landsat GeoCover e Modelo Digital de Terreno e Relevo Sombreado; mapa de classes de hipsometria; mapa de classes de declividade), informações de mapas geomorfológicos produzidos por instituições diversas, principalmente os produzidos pelo Projeto RadamBrasil em escala 1:1.000.000, e elaboração de perfis de campo.

Os padrões de relevo presentes na área de estudo apresentam declividades comumente maiores que 20 graus e amplitudes topográficas maiores que 100 metros indicando ser uma região de relevo montanhoso. Como a área em estudo é caracterizada por um relevo montanhoso e um alto índice pluviométrico, esta apresenta áreas suscetíveis a risco geológicos (CPRM 2006), principalmente terrenos favoráveis à ocorrência de movimentações de massa como escorregamentos, quedas de blocos, rolamentos de blocos e matacões, e processos erosivos induzidos pela concentração das águas pluviais.

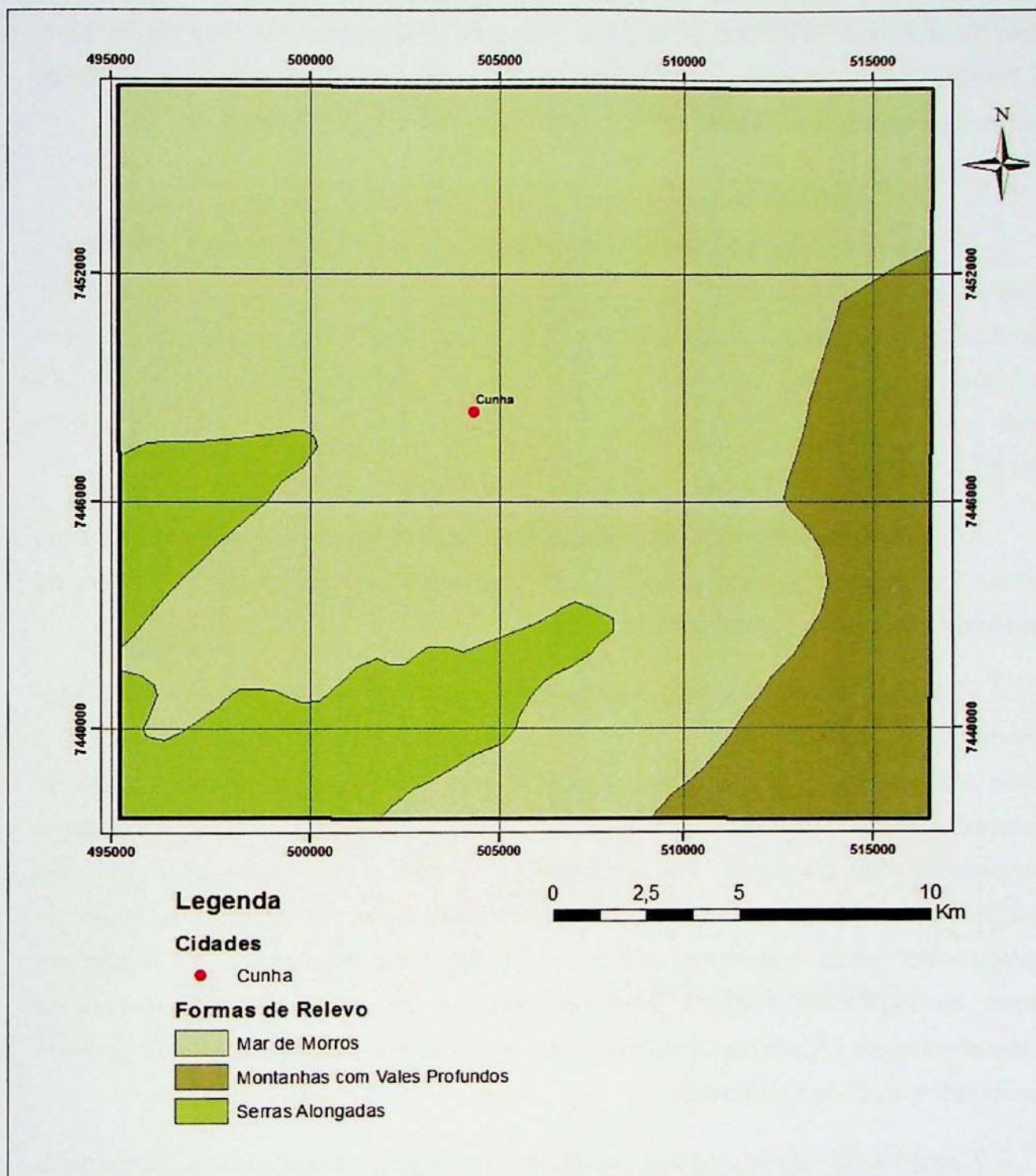


Figura 14 - Mapa geomorfológico da área em estudo, modificado de IPT (1981), escala 1:1.000.000.

## 5.4. Hidrografia

O Brasil é dividido pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) em 12 grandes bacias hidrográficas e, pode-se dizer que, a área de estudo está compactada em duas dessas bacias, que são as bacias hidrográficas do Paraná e Atlântico Leste.

Analisando-se o mapa da Rede Hidrográfica do Estado de São Paulo (IGC, 1985), observa-se que ao norte da área de estudo passa o rio Paraíba do Sul, que representa a única fonte de abastecimento para diversos municípios, principalmente no

estado do Rio de Janeiro, e é a principal rede hidrográfica do leste do estado de São Paulo. O município de Cunha, por sua vez, possui em seu entorno diversos afluentes do rio Paraíba do Sul e entre os principais rios que nascem no município, está o Rio Paraibuna, que em confluência com o Rio Paraitinga forma o Rio Paraíba do Sul.

## 5.5. Pedologia

O desenvolvimento de solos é o resultado do processo de interação entre o substrato rochoso, padrões de relevo, clima regional e a evolução da cobertura vegetal. Com base no mapa pedológico Embrapa (1999) a área em estudo está sob duas ordens de solos: os Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVA) e os Cambissolos Háplicos (CX), sendo que ocorrem três classes distintas de cambissolos háplicos que são CX5, CX7 e CX8 (Figura 15).

Os solos presentes na área de estudo podem ser descritos segundo suas associações com as unidades geológicas, características físico-químicas, modo de ocorrência entre outras características.

**Latossolo Vermelho-Amarelo:** São solos constituídos por material mineral, não-hidromórficos, profundos, com horizontes B muito espessos e horizontes A, B e C pouco diferenciados. O horizonte B é latossólico e ocorre imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte superficial, exceto hístico. Apresentam estágio avançado de intemperização, são solos muito evoluídos, resultado principalmente das transformações enérgicas do material constitutivo. São solos menos resistentes ao intemperismo devido à ausência de minerais primários ou secundários. Na região em estudo os latossolos ocorrem a porção noroeste da área e estão associados principalmente as rochas do Complexo Embú e menos significativamente aos granitos relacionados ao Orógeno Araçuaí.

**Cambissolo Háplico:** Solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente, ainda não totalmente transformado, seja pela presença de materiais primários intemperizáveis ou por atividade de argila alta, este horizonte B ocorre subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial exceto hístico ou horizonte A chernozêmico. São solos fortemente drenados, podendo ser rasos a profundos, com alta a baixa saturação. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Na área de estudo há um predomínio de cambissolos háplicos, sendo que estes estão

relacionados a praticamente todos os litotipos presentes na região, a saber, rochas dos Complexos Costeiro e Embú e aos granitos intrusivos.

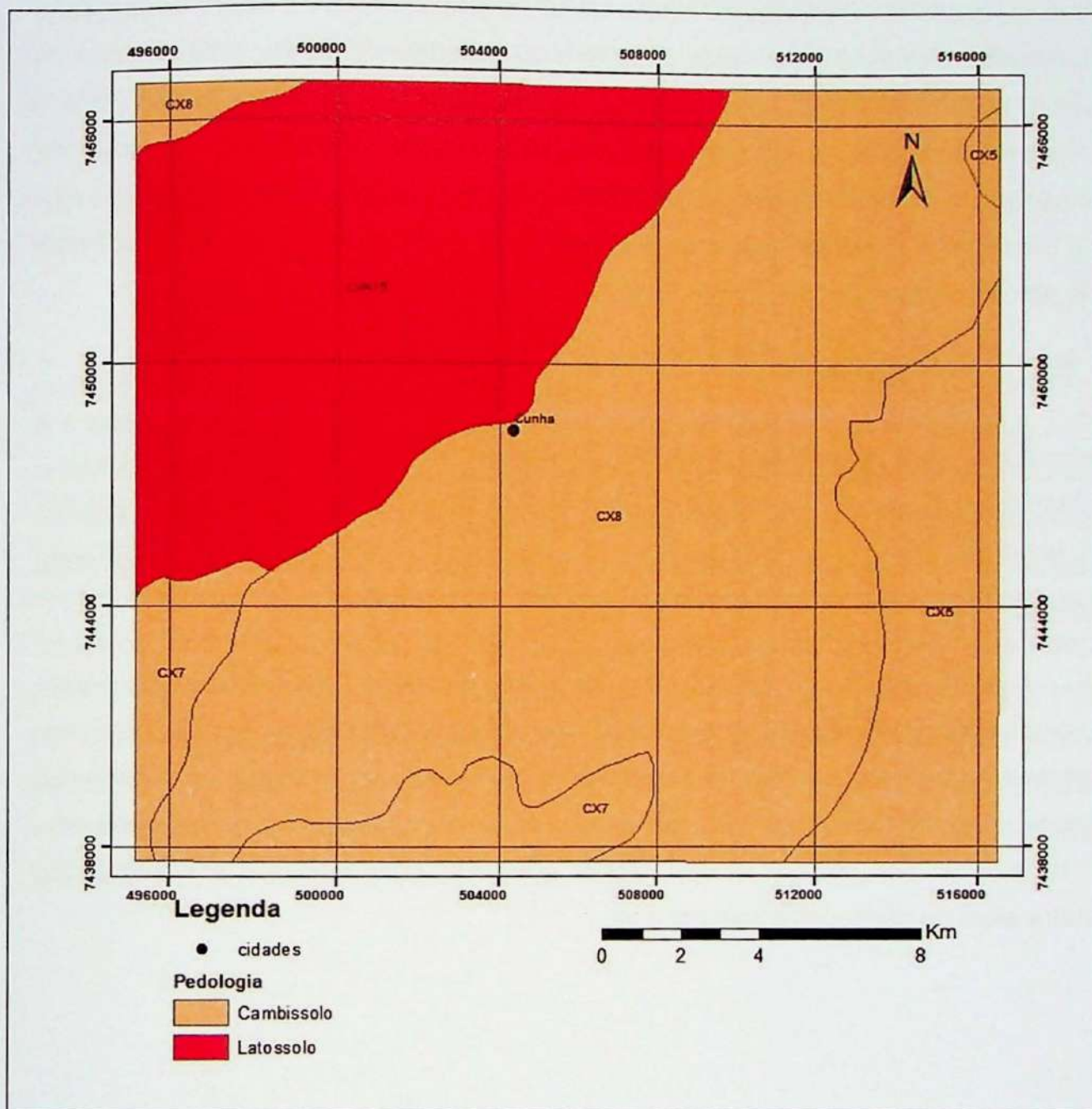


Figura 15 - Mapa pedológico da área de estudo, modificado de EMBRAPA (1999), escala 1:500.000.

## 5.6. Clima

O clima do estado de São Paulo é bastante variado apresentando, segundo a classificação climática de Köppen (1948), pelo menos sete tipos climáticos distintos, sendo a maior parte do estado correspondente ao clima úmido. Estes tipos climáticos são definidos a partir de dados mensais pluviométricos e termométricos e são nomeados como **Cwa**, **Cwb**, **Aw**, **Am**, **Cfa**, **Cfb** e **Af**.

A área de estudo, que possui seus limites dentro do município de Cunha - SP apresenta o tipo climático **Cwa** que é interpretado como clima tropical de altitude (Conti, J.B. & Furlan, S.A. 2009) sendo identificadas duas estações bem definidas e distintas entres si, que são: as chuvas no verão devido, principalmente, a intensa evaporação que provoca precipitações em toda a região e no município de Cunha; e fria e seca no inverno, estes fatores são potencializados pela altitude elevada, baixa temperatura e intensos ventos gelados que por vezes produzem geadas na região. O município de Cunha apresenta temperaturas médias do mês mais quente normalmente superior a 22 °C e precipitação média do mês mais seco entre 25–70 mm, a precipitação média anual é de aproximadamente 1350 mm (CEPAGRI – UNICAMP).

### **5.7. Vegetação**

A região de estudo abrange, praticamente, um único tipo de vegetação que é a mais comum no estado de São Paulo, a Mata Atlântica. Esta recobre as Serras do Mar e Mantiqueira e uma parte do planalto paulista, dentro dos limites da área ocorre o Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, que preserva a vegetação nativa da Mata Atlântica.

A Mata Atlântica é definida pela Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo como uma formação vegetal apresentando três estratos, que seriam: um superior com espécimes arbóreos com alturas superiores a 15 metros; um intermediário com alta densidade de espécies, constituído por arbustos, arboretos e árvores com porte máximo de 10 metros; por fim um estrato inferior composto principalmente por vegetação rasteira além de palmeiras e samambaias.

## 6. Resultados e Discussões

### 6.1. Análise Morfométrica

A análise geomorfométrica consistiu, inicialmente, na elaboração de mapas morfométricos a partir do modelo digital de elevação. Estes mapas foram sobrepostos ao relevo sombreado visando destacar as feições de relevo padrões e anomalias relevantes que possibilitem auxiliar diretamente no refinamento da delimitação dos domínios geomorfológicos, das susceptibilidades e das erodibilidades do terreno.

#### *Mapa Hipsométrico*

Buscando a melhor visualização da amplitude topográfica da área procurou-se classificar e hierarquizar as cotas do terreno representadas no mapa hipsométrico (Figura 16). A partir da análise desta base, foi possível observar que a região pode ser subdividida em dois compartimentos, os quais apresentam classes altimétricas com intervalos distintos. O compartimento que apresenta as menores elevações, variando entre 800 e 1100 metros, predomina nas regiões meridional e norte. Este compartimento corresponde aos morros e morrotes com topos arredondados. Na porção leste-sudeste da área encontra-se o compartimento que apresenta as maiores altitudes observadas, predominantemente maiores que 1200 metros, podendo atingir 1660 metros. Este compartimento corresponde à feição geomorfológica da Serra do Mar.

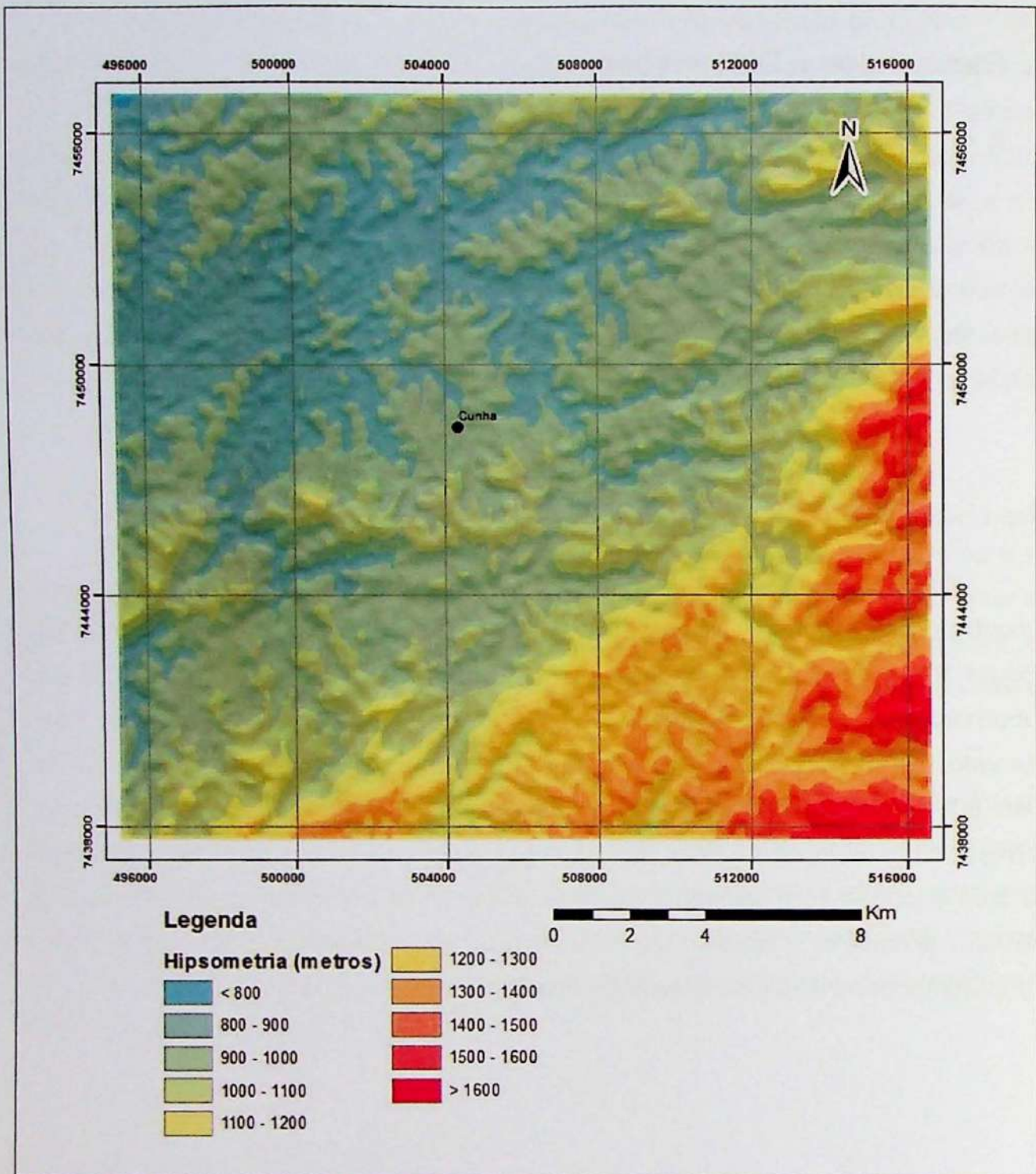


Figura 16 – Mapa hipsométrico local da área de estudo. As cores representam valores altimétricos em metros.

#### Mapa de Declividades

O mapa de declividades da área apresenta os valores em graus de inclinação do terreno (Figura 17). Como observado, a área apresenta uma ampla variação deste parâmetro, permitindo estabelecer uma compartimentação semelhante à indicada pela hipsometria. Os menores valores de declividade ( $< 5^\circ$ ) ocorrem na região de morros com topos arredondados e encostas pouco íngremes, que é predominante na área. Valores pouco mais elevados, predominantemente inferiores a  $15^\circ$ , compreendem a

região de transição entre os morros e a serra. Os compartimentos leste e sudeste apresentam as maiores cotas altimétricas e também os maiores valores de declividade, em geral superiores à 17° e chegando aos 30°.

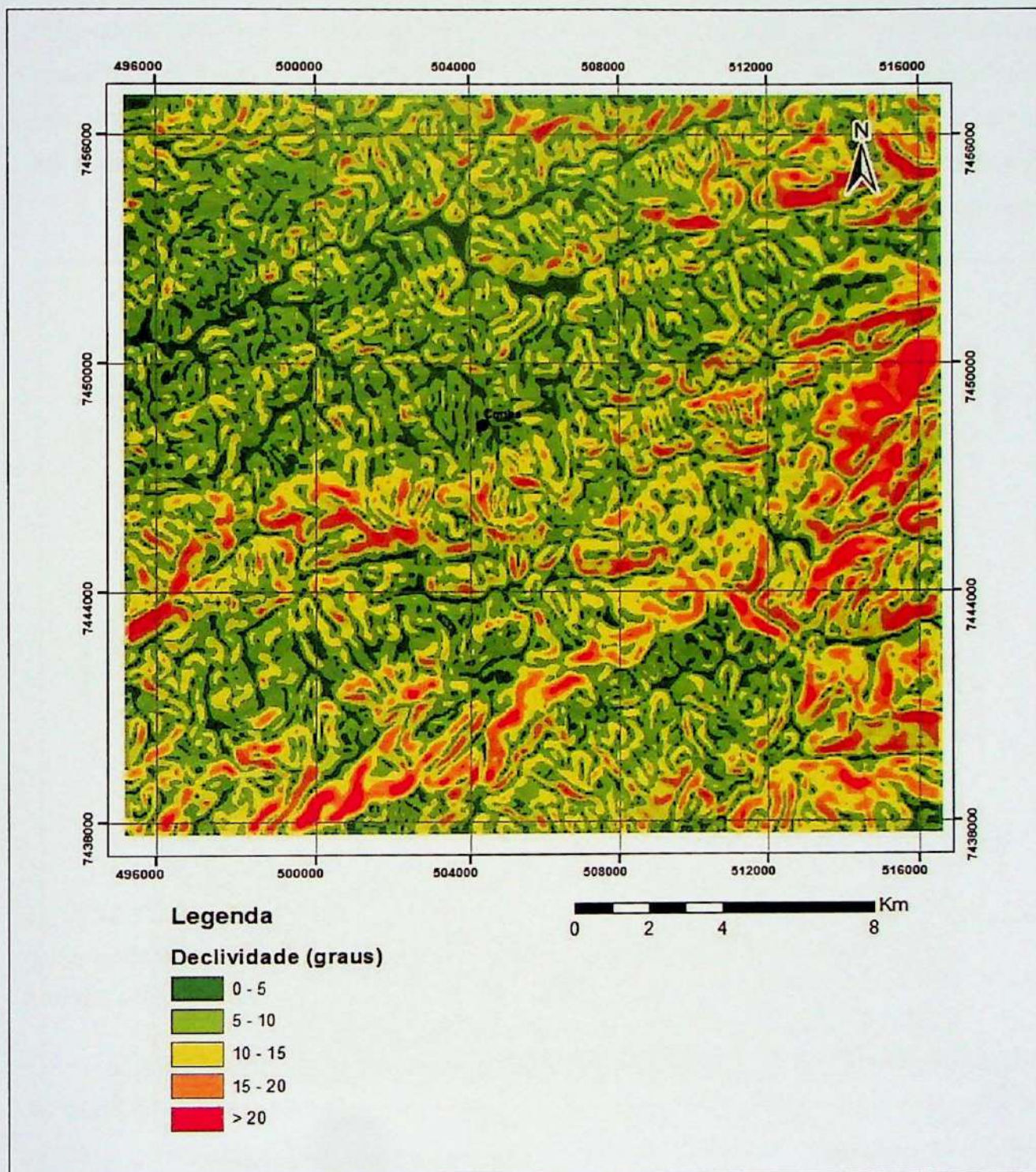


Figura 17 – Mapa declividades da área de estudo. As cores representam intervalos de declividades em graus.

#### *Mapa de Curvaturas*

Foram criados dois mapas de curvatura da região em estudo, um referente a curvaturas em planta (Figura 18) e outro a curvaturas em perfil (Figura 19). Estes mapas são diretamente relacionados a superfícies do terreno e possibilitam identificar se estas

possuem formas côncavas ou convexas em relação a uma superfície horizontal e vertical.

Quando observadas em planta, superfícies convexas referem-se a superfícies de espalhamento enquanto côncavas são superfícies de concentração. O mapa de curvaturas em perfil apresenta superfícies côncavas e convexas vistas em seção. Em superfícies convexas o material possui uma estabilidade inicial maior, porém caso ocorra movimentação esta tende a aumentar progressivamente, enquanto em superfícies côncavas a estabilidade inicial é menor, ao passo que, o fluxo tende a se desacelerar e acumular-se no sopé do talude.

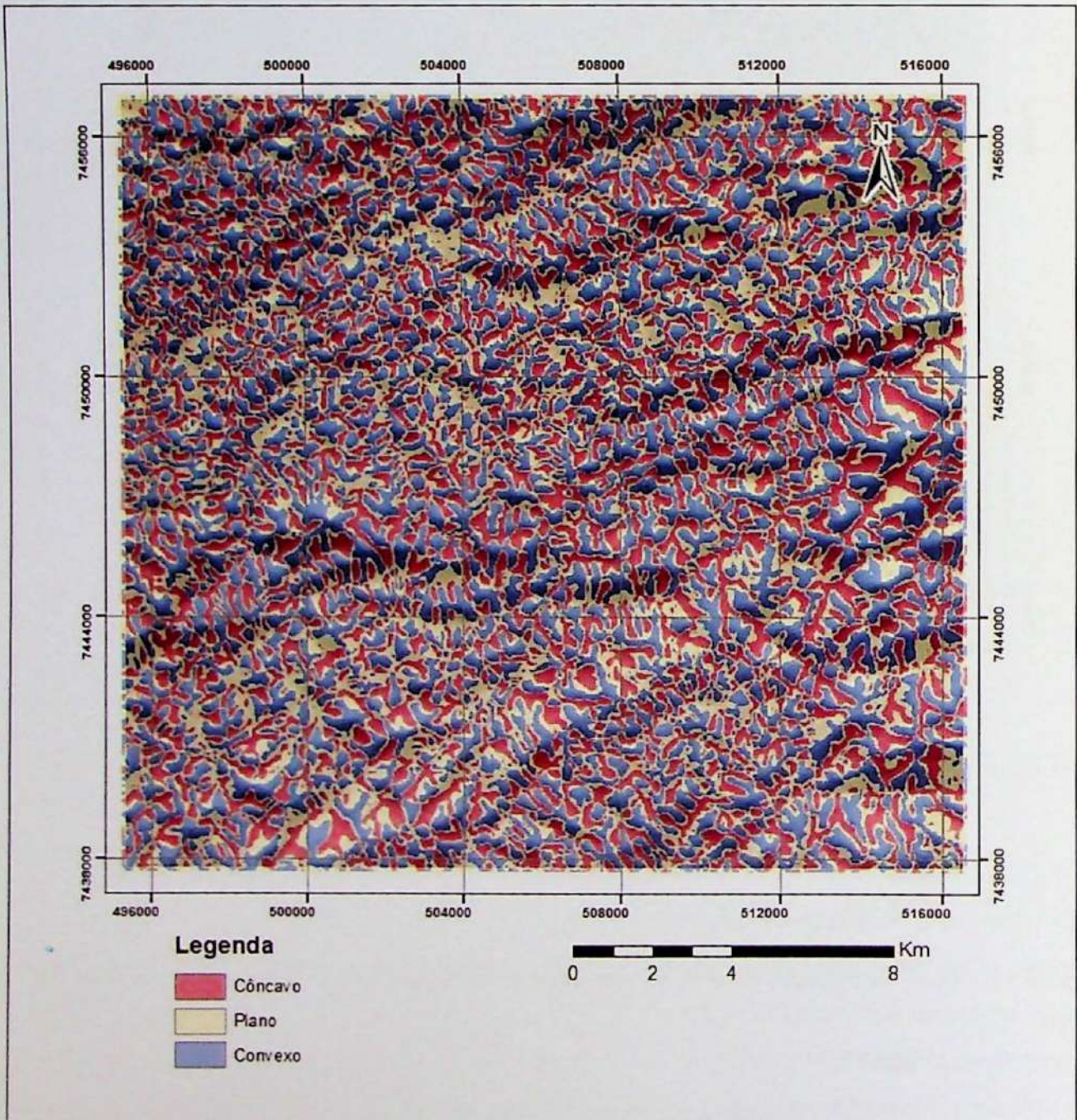
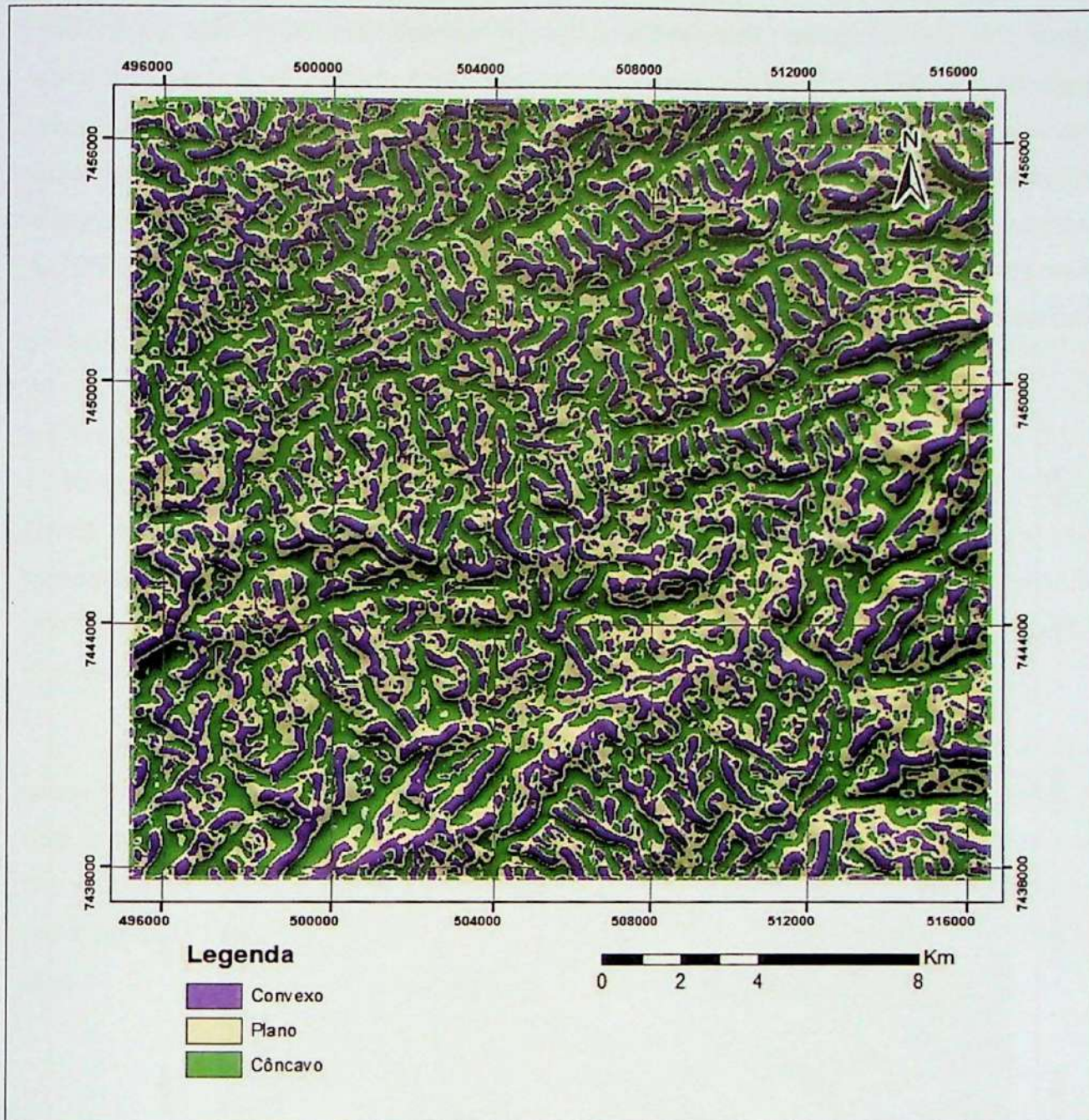


Figura 18 – Mapa de curvaturas em planta. As áreas em vermelho são referentes a regiões côncavas e as em azul a regiões convexas.



**Figura 19** – Mapa de curvaturas em perfil. As áreas em verde são referentes a regiões côncavas e as em roxo a regiões convexas.

### *Análise de Lineamentos*

O procedimento metodológico da análise de lineamentos baseia-se no princípio de seleção qualitativa utilizando imagens regionais de feições lineares o relevo. As análises fundamentam-se em dados prévios oriundos de interpretações geomorfológicas, nas quais as feições retilíneas em planta são extraídas visualmente. Para este fim, comumente, utiliza-se como base modelos digitais de elevação apresentando diferentes sentidos de fontes iluminantes. Este procedimento permite destacar diferenças nas rochas e/ou estruturas geológicas que encontram-se ressaltadas pela erosão diferencial de diferentes unidades litológicas presentes no terreno.

Segundo o mapa de lineamentos regional produzido para a área de estudo (Figura 20), os principais lineamentos extraídos apresentam tendência geral das estruturas com direção NE-SW que são predominantes na macro-unidade geotectônica denominada de Faixa Ribeira. A Zona de Cisalhamento Cubatão que ocorre na porção meridional da área e possui direção preferencial N70°E, aparece bem evidente pelos lineamentos. Com base no mapa de lineamentos produzido conclui-se que os principais lineamentos estão dispostos nas direções nordeste-sudoeste (N60°E, N70°E, N20°E) e noroeste-sudeste (N10°W, N40°W.)

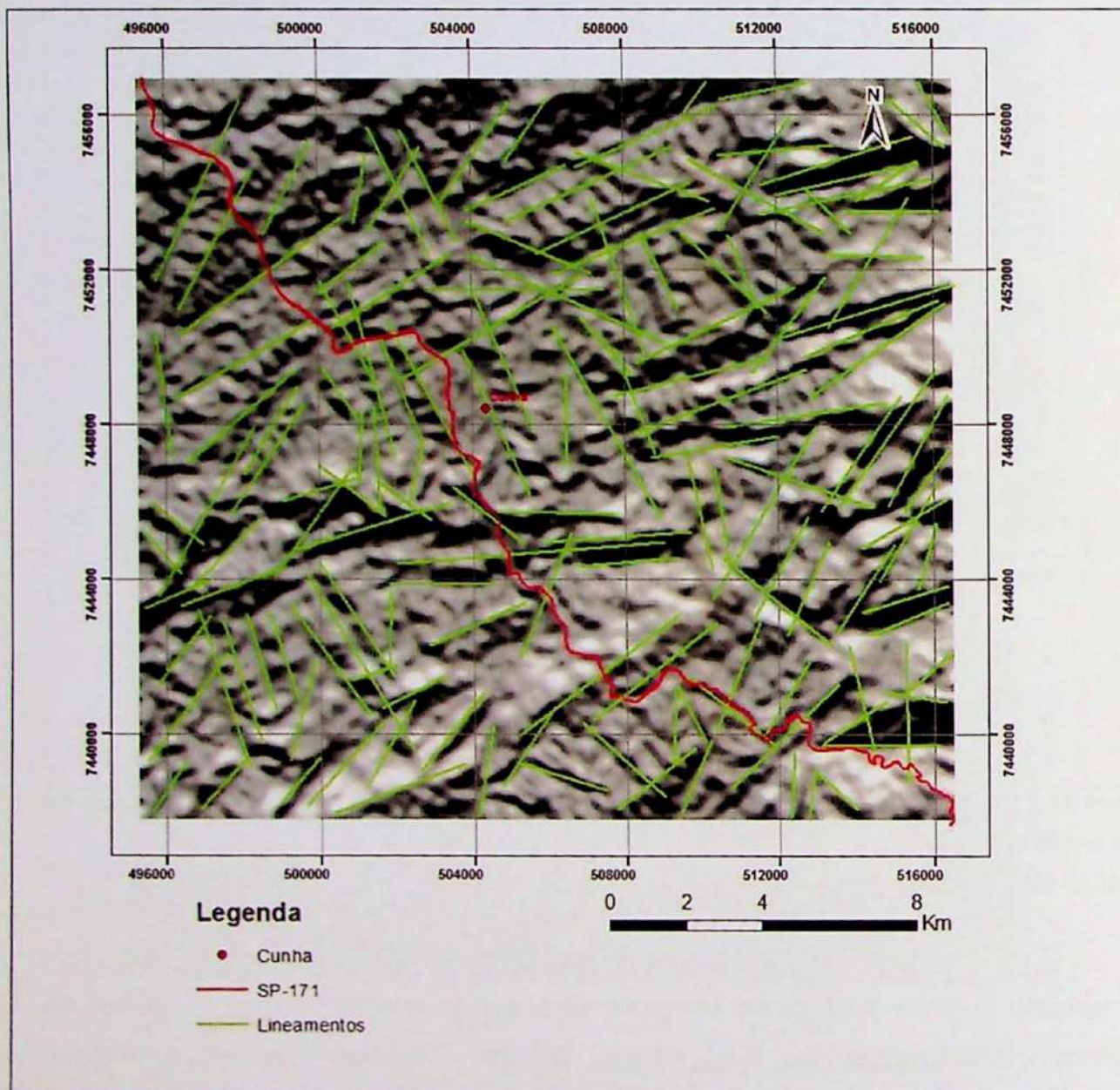


Figura 20 – Análise regional de lineamentos.

## 6.2. Mapa Geomorfológico Local

A análise geomorfométrica da área de estudo possibilitou confeccionar o mapa Geomorfológico Local (Figura 21), permitindo a identificação dos principais Elementos de Relevo presentes. A caracterização destes elementos é apresentada em detalhe na Tabela 4.

Os Elementos de Relevo foram definidos pelas características físicas semelhantes apresentadas nos mapas de declividade, hipsométrico e de curvatura. Para um maior detalhe na interpretação da topografia e das formas de vertentes que ocorrem na área, foram efetuados perfis regionais e em cada elemento de relevo (Anexo 2), as vertentes foram classificadas em três tipos: convexos, côncavas e retilíneas. Dessa forma é possível inferir sobre os processos erosivos que poderão ocorrer em cada elemento de relevo. A partir dos perfis em cada elemento foi possível definir a amplitude dos terrenos, calculando-se a diferença entre as menores e maiores altitudes presentes em cada elemento.

Apresenta diversas semelhanças com os mapas geomorfológicos da área presentes na literatura, IPT (1981) e Peixoto (2010), apresentando a leste unidades de relevo montanhoso com serras e escarpas, e predomínio de morros e morrotes com topos arredondados a oeste e norte. O mapa de elementos de relevo foi elaborado a partir de uma interpretação das variações altimétricas, de declividade e de curvaturas da área.

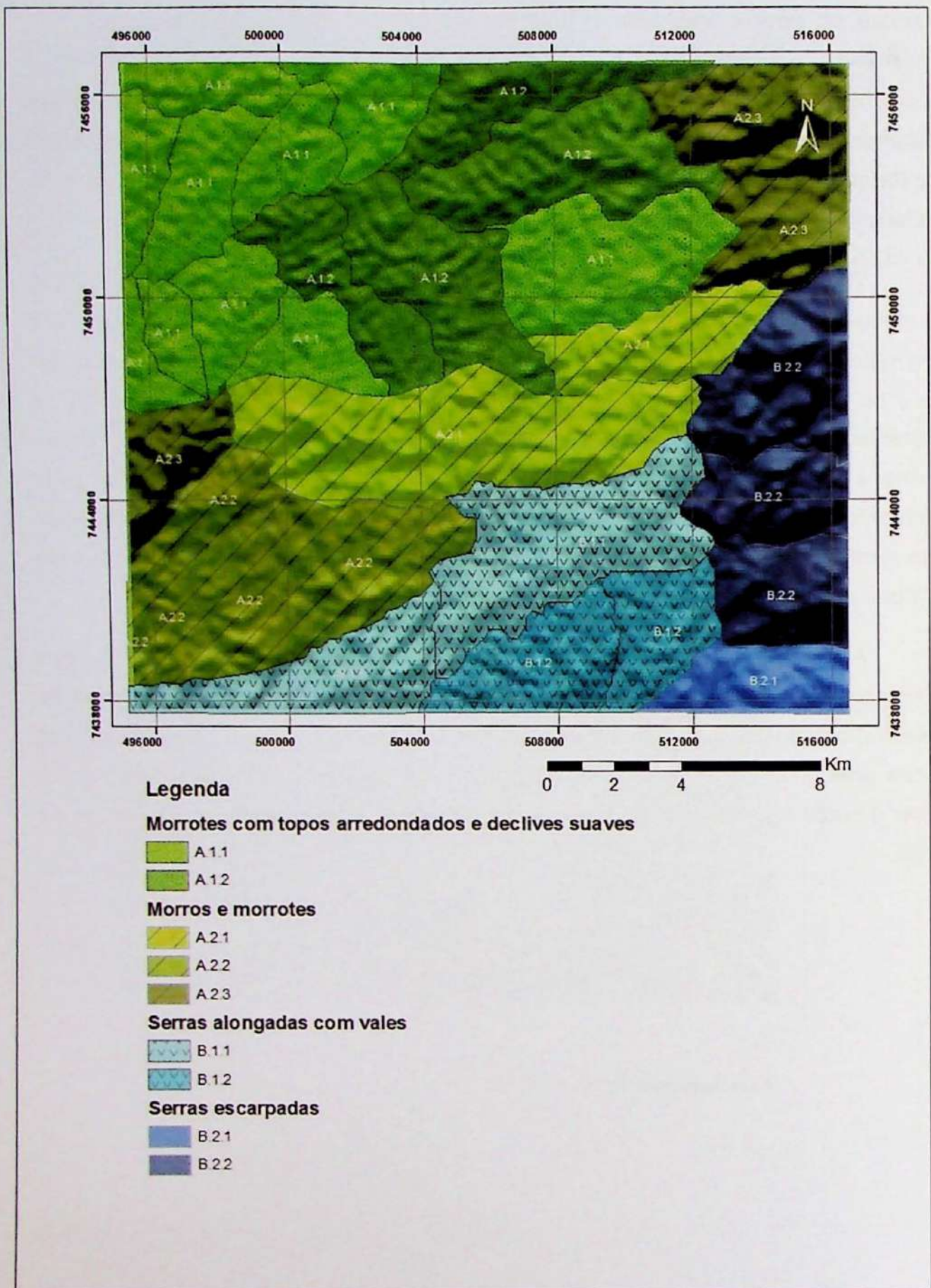


Figura 21 - Mapa Geomorfológico Local em escala 1:125.000.

A. Relevo de morros	<p><b>A.1 Morrotes com topos arredondados e declives suaves:</b> Padrão de drenagem dendrítico; altitudes entre 700 e 1100 metros; declividade média entre 0 e 10 graus, ultrapassando 15 graus em alguns locais.</p>	<p>A.1.1 Amplitudes máximas de 200 metros; declividade predominante inferior a 10 graus; formas pouco alongadas comprimentos de onda entre 1000 e 3000 metros e alongação média de 0,5; vertentes retilíneas, côncavas e, predominantemente, convexas.</p>
		<p>A.1.2 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade predominante entre 10 e 15 graus com valores máximos locais de até 25 graus; formas alongadas com comprimento de onda entre 2000 e 4000 metros e alongação média de 0,37; vertentes predominantemente retilíneas e convexas, por vezes côncavas.</p>
	<p><b>A.2 Morros e morrotes:</b> Padrão de drenagem dendrítico a subdendrítico; altitudes entre 800 e 1200 metros; declividade predominante entre 0 e 15 graus, apresentando localmente valores de até 25 graus.</p>	<p>A.2.1 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade média de 15 graus; formas alongadas com comprimento de onda entre 3000 e 4000 metros com alongação média de 0,3; vertentes predominantemente convexas, por vezes côncavas próximas as drenagens e retilíneas.</p>
		<p>A.2.2 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade média entre 5 e 10 graus, com valores máximos locais de até 20 graus; comprimento de onda entre 600 e 4000 metros e alongação média de 0,5; vertentes predominantemente convexas e retilíneas.</p>
B. Serra do Mar	<p><b>B.1 Serras alongadas com valea:</b> Padrão de drenagem dendrítico a subdendrítico; altitudes entre 900 e 1400 metros; valor da declividade média entre 5 e 15 graus, porém com declividades de até 25 graus em pontos localizados.</p>	<p>B.1.1 Amplitudes máximas de 400 metros, declividade média entre 15 e 20 graus; formas alongadas com comprimento de onda entre 2000 e 4000 metros e alongação média de 0,3; vertentes predominantemente convexas, e localmente côncavas e retilíneas.</p>
		<p>B.1.2 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade média de 10 graus, localmente com valores de 20 graus; comprimento de onda entre 3000 e 4500 metros e alongação média de 0,8; vertentes predominantemente convexas e retilíneas.</p>
	<p><b>B.2 Serras escarpadas:</b> Padrão de drenagem subdendrítico; altitudes entre 1000 e 1700 metros; declividade com valores médios de 10 a 25 graus, com valores localmente mais elevados.</p>	<p>B.2.1 Amplitude máxima acima de 400 metros; declividade média entre 15 e 20 graus; comprimento de onda de 2000 metros e alongação de 0,4; vertentes predominantemente convexas, localmente retilíneas.</p>
		<p>B.2.2 Amplitudes máximas entre 400 e 600 metros; declividade predominante de 20 graus, com valores máximos locais de 30 graus; comprimento de onda entre 3000 e 4500 metros e alongação média de 0,77; vertentes convexas e retilíneas.</p>

Tabela 4 Legenda do Mapa Geomorfológico Local

### **6.3. Mapa de Suscetibilidade a Movimentação de Massa**

Para elaboração do mapa de Suscetibilidade à Movimentação de Massa (Figura 22) foram considerados como fatores fundamentais a declividade do terreno, a curvatura das encostas e a estimativa da espessura de solo. Agentes condicionantes de diversos processos erosivos que ocorrem em encostas naturais.

Ainda que na equação efetuada para elaboração do mapa o fator que recebeu o maior peso tenha sido a declividade, nota-se que a espessura do solo é o parâmetro que mais influencia a susceptibilidade do terreno. A porção NW da área é essencialmente composta por Latossolos que apresentam as maiores espessuras de solos, é observado no mapa que esta região está bem demarcada em relação ao restante da área devido a sua maior susceptibilidade.

Outras regiões que apresentam valores mais elevados de susceptibilidades estão a E, SE e S da área. Estas porções do mapa representam as unidades de serras da região, portanto possuem altos valores de declividade que influenciam diretamente o terreno quanto a eventos de movimentação de massa.

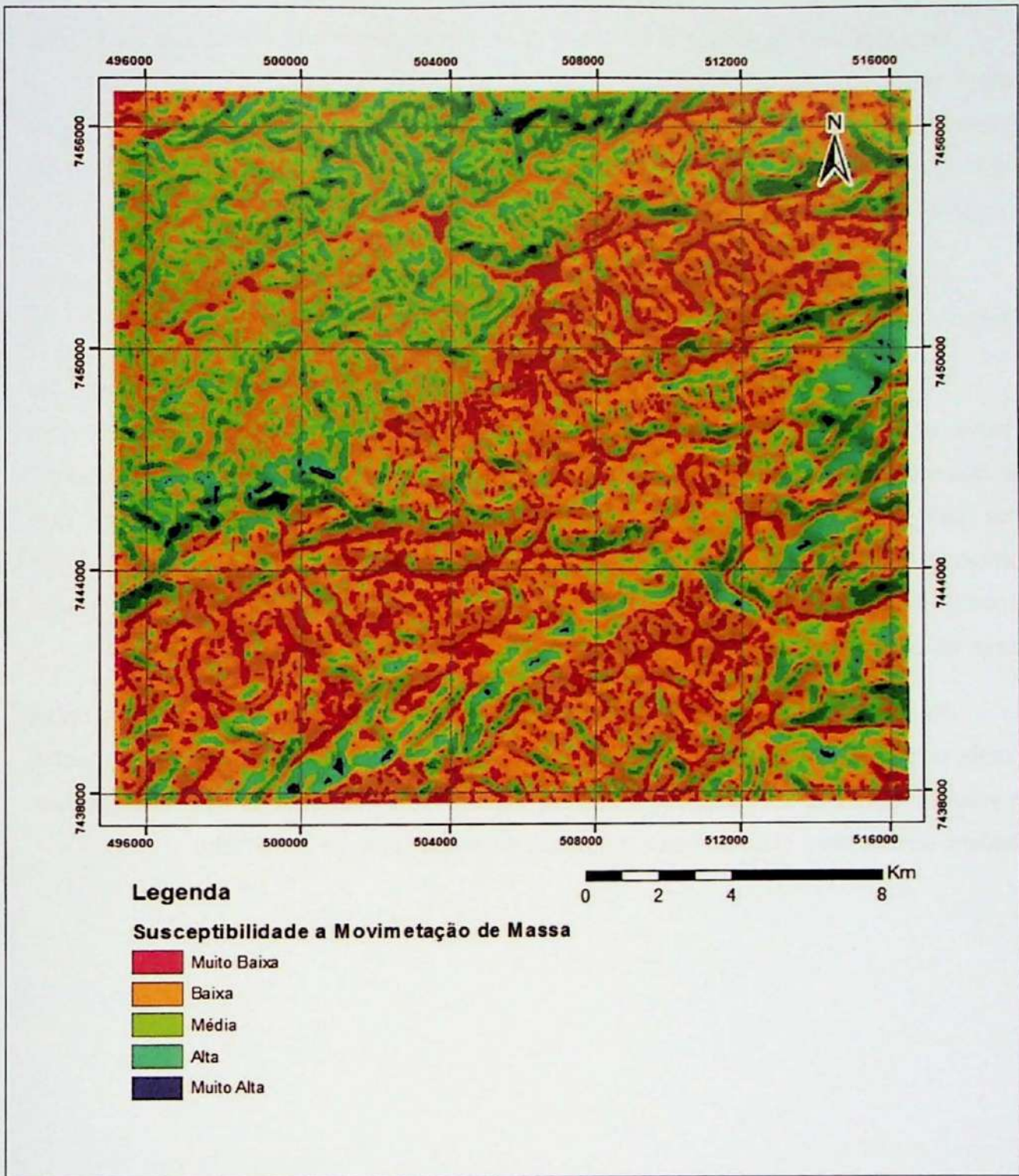


Figura 22 – Mapa de Susceptibilidade a Movimentação de Massa.

#### **6.4. Mapa de Fragilidade à Erosão**

O mapa de Fragilidade à Erosão (Figura 23) foi elaborado com base na EUPS, porém foram utilizados apenas os parâmetros referentes ao meio físico, sem a contribuição de agentes antrópicos. Dessa forma foi efetuada uma integração algébrica entre os mapas de erodibilidade do solo, erosividade da chuva e de fator topográfico, este cálculo é o PNE.

O mapa de fragilidade à erosão apresenta apenas a susceptibilidade do terreno referente à erosão laminar, por meio de escoamento superficial na encostas.

Foi observado que na área os fatores que mais influenciam a fragilidade do terreno são a erodibilidade do solo e o fator topográfico. As drenagens aparecem com os valores mais elevados de erosão, porém os mesmo devem ser desconsiderados, uma vez que durante o cálculo do fator topográfico os talwegues íngremes que comportam as drenagens são considerados como fatores erosivos. As drenagens têm a capacidade de promover a erosão dependendo de sua carga hidráulica, porém muitas vezes as águas apenas transportam o material que foi erodido em outra região.

Na porção NW da área a erosão praticamente inexistente devido a baixa erodibilidade dos Latossolos, enquanto no restante da área a erosão é baixa a média, os valores mais elevados de erosão estão associados as encostas do relevo de serras, aonde a declividade, por ser maior, influencia na erosão laminar do terreno.

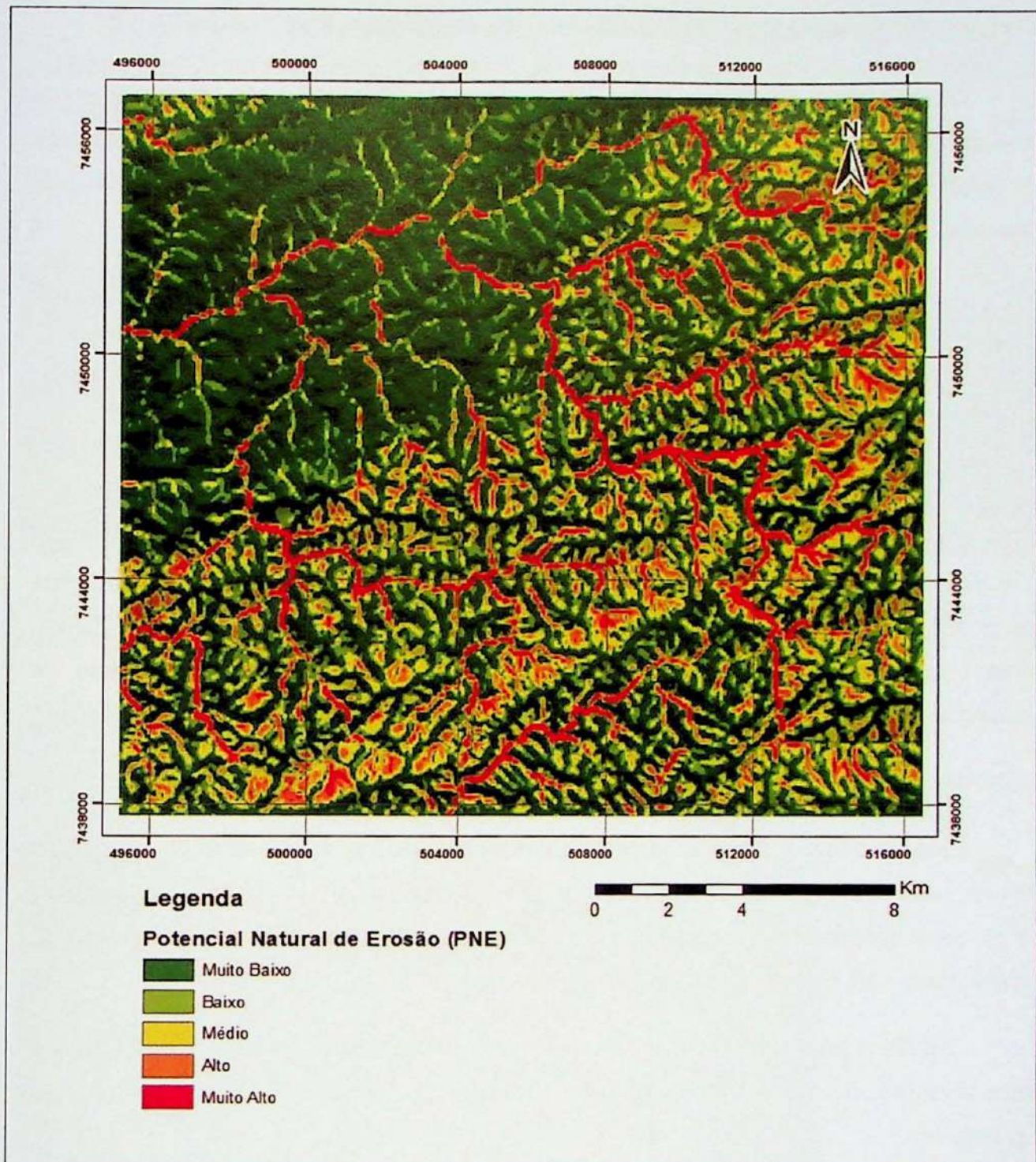


Figura 23 – Mapa de Fragilidade do Terreno à Erosão.

## 6.5. Carta Geotécnica

A carta geotécnica foi elaborada pela integração dos mapas de susceptibilidade à movimentação de massa e de fragilidade a erosão, em conjunto com as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas da região. Foram analisadas as regiões aonde a combinação destes fatores pudessem ocasionar problemas geotécnicos ao terreno. A escala da carta foi estabelecida de acordo com o nível de

detalhe esperado, a carta será apresentada em escala 1:125.000, porém é possível com os mesmo dados apresentar uma carta em escala maior ou menor.

Os trabalhos de campo foram essenciais para a identificação dos processos erosivos do meio físico que ocorrem nas encostas naturais da área. Os dados obtidos em campo foram relacionados com aqueles interpretados nos mapas, permitindo uma associação da susceptibilidade do terreno com o tipo de processo que ocorre.

Foram definidos processos primários e secundários durante a elaboração da carta para promover uma hierarquia na classificação das unidades presentes na área. Os movimentos de massa são os processos mais importantes que ocorrem na região, sendo considerados como os processos primários enquanto a fragilidade do solo à erosão foi considerada como processo secundário.

Os escorregamentos são a forma de movimentos mais frequente na área, as unidades foram estabelecidas a partir de sua susceptibilidade para escorregamentos sendo divididas em 5 unidades: Muito Alta, Alta, Média a Alta, Média a Baixa e Baixa. Ainda foram caracterizadas outras duas unidades, uma relativa aos processos de inundação e recalque, e outra com predomínio de movimentos de rolamento de blocos.

#### *Muito Alta*

Esta unidade apresenta muito alta susceptibilidade a movimentação de massa por meio de escorregamentos planares que são muito frequentes nas encostas (Fotos 1, 2 e 3). São unidades restritas ocorrendo na porções W, N e NE da área, sendo que não representam 10% do total da área.

Quanto a erosão esta unidade apresenta uma susceptibilidade média e alta, por vezes ausente. Os valores mais elevados estão relacionados as regiões com maiores declividades.

Estão associados a relevos de morros com trechos escarpados, com amplitudes superiores a 300 metros e declividades predominantes acima de 20 graus.

A susceptibilidade muito alta a movimentos de massa pode estar relacionada com a pedologia, uma vez que a maior parte desta unidade encontra-se disposta sobre o domínio do latossolos, que apresentam grande espessuras de solo superficial o que facilita escorregamentos. Os latossolos apresentam baixa erodibilidade o que explica a predominância da ausência de erosão nesta unidade.

Esta unidade está inserida no domínio de rochas do embasamento, xistos e gnaisses, do Complexo Embú. Em alguns pontos as estruturas da rocha influenciam na erosão e no movimento de massa dos taludes.



Foto 1 – Escorregamento em encosta natural, visada para N (Ponto TF-12-24).

Foto 2 – Escorregamento em encosta induzido pelo pisoteamento de gado, visada para N (Ponto TF-12-24).



Foto 3 – Escorregamento em talude natural, visada para NE (Ponto TF-12-48).

### *Alta*

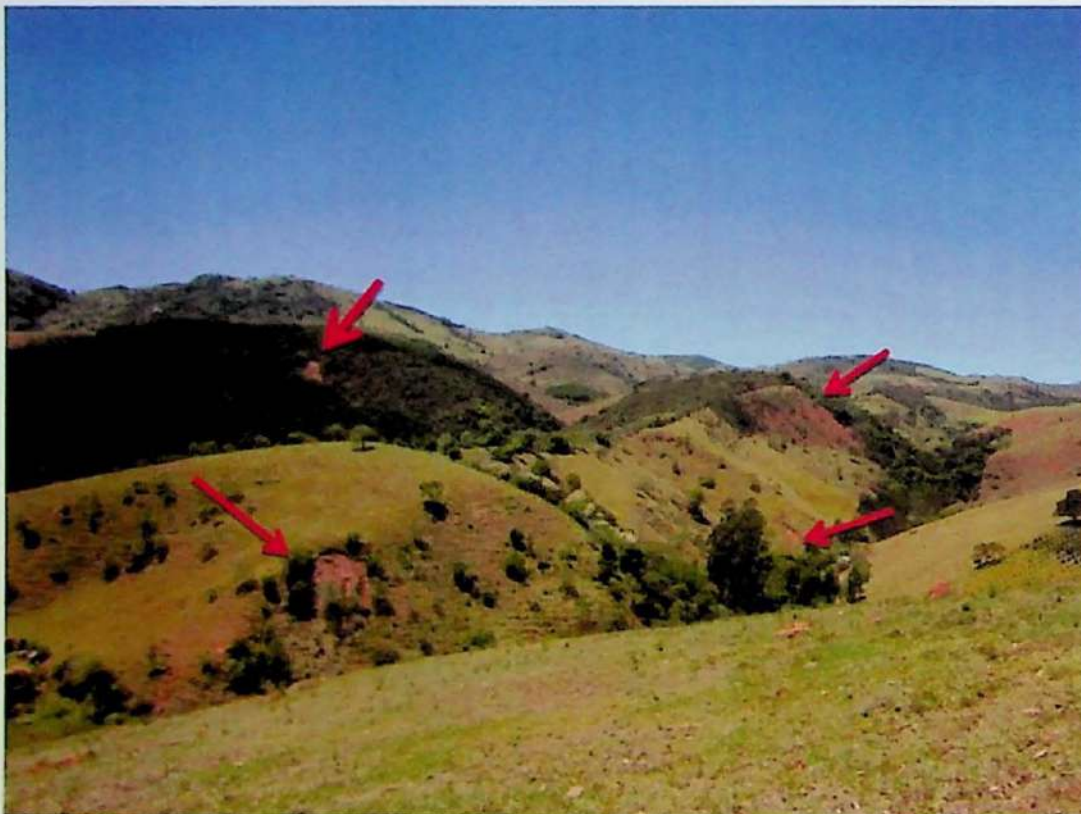
Unidade com alta susceptibilidade a movimentos de massa. Eventos de escorregamento são frequentes nas encostas (Foto 4). Esta unidade encontra-se

disposta nas porções E e NE da área e apresenta variação entre baixa, média e alta fragilidade à erosão.

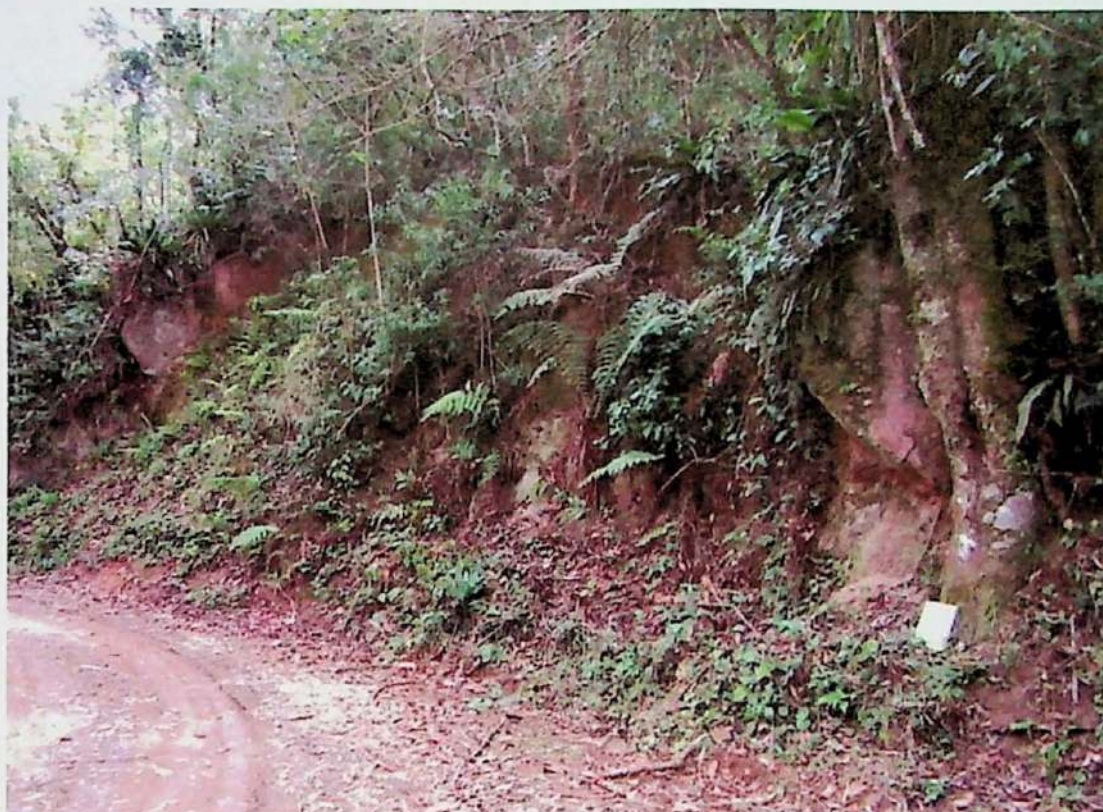
Estão associados aos relevos de serras escarpadas e morros altos, com amplitudes superiores a 400 metros, vertentes convexas e retilíneas e declividades maiores que 20 graus.

A alta susceptibilidade aos movimentos de massa é influenciada principalmente pelo relevo com altas declividades, pois tanto a geologia como a pedologia não são fatores condicionantes destes movimentos. A unidade está inserida no domínio pedológico dos cambissolos, que apresentam alta erodibilidade com pequenas espessuras de solos superficiais, podendo representar fatores impeditivos para os escorregamentos.

Não foram descritos em campo movimentos de massa associados às estruturas das rochas da unidade. Ocorrem muitos afloramentos rochosos nesta unidade, por vezes ausência de horizontes pedológicos (Foto 5).



**Foto 4** – Vista do relevo de morros com diversos escorregamentos nas encostas, visada para ESE (Ponto TF-12-48).



**Foto 5** – Afloramento rochoso com pequena camada de solo superficial (Ponto TF-12-32).

### *Média a Alta*

Unidade com média a alta susceptibilidade a movimentos de massa, os eventos de escorregamentos são frequentes pelas encostas (Foto 6). Esta unidade é predominante na área de estudo, bem demarcada na porção NW.

A fragilidade à erosão desta unidade varia desde alta até ausente, sendo que a ausência de erosão predomina. A erosão é maior nas porções que estão inseridas no domínio dos cambissolos e é baixa ou ausente no domínio dos latossolos, devido as diferentes erodibilidades dos tipos pedológicos.

A unidade ocorre associada aos relevos de morros e morrotes com topos arredondados (Foto 7), de serras alongadas e estreitas, e de serras escarpadas. As amplitudes do relevo variam de acordo com a região sendo de 200 metros no domínio de morros e acima de 400 metros nas serras. As vertentes são côncavas, retilíneas e predominantemente convexas com declividades que variam de 10-30 graus, em campo foram observados valores locais de declividade superiores aos 40 graus.

Não foi descrita a influência da geologia nos movimentos de massa nas encostas, porém em taludes de corte foram observados diversos eventos de escorregamentos condicionados por estruturas da rocha. Esta unidade abrange praticamente todos os tipos litológicos da área, desde as rochas graníticas associadas ao Orógeno Araçuaí até as rochas do embasamento (Complexo Costeiro e Complexo Embú).

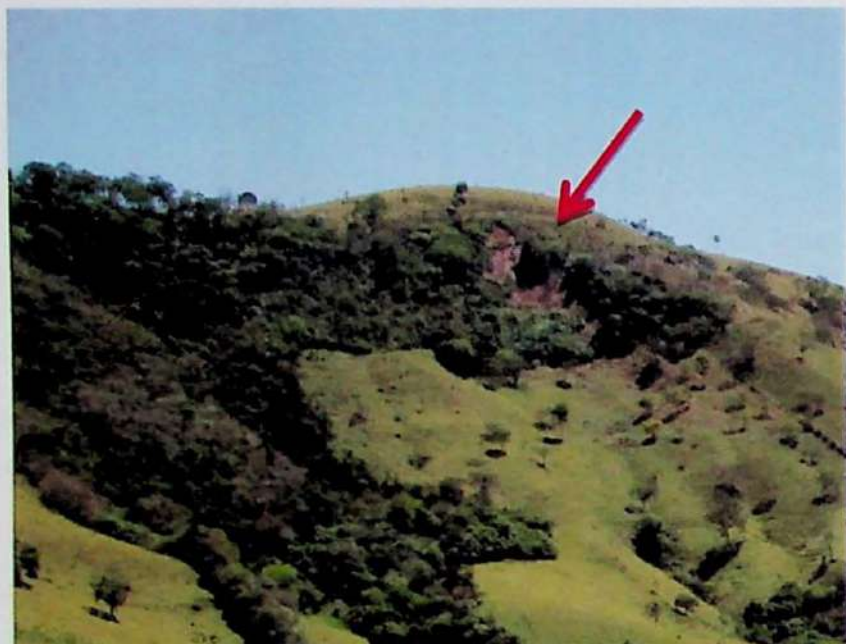


Foto 6 – Escorregamento em encosta natural, visada para N (Ponto TF-12-47)



Foto 7 – Relevo de morros da unidade Média a Alta, vertentes convexas e aparente ausência de escorregamentos, é possível observar a cidade de Cunha inserida entre os morros, visada para SW (Ponto TF-12-51).

### *Média a Baixa*

Unidade com média a baixa susceptibilidade a movimentos de massa com escorregamentos pouco frequentes, normalmente associados a trechos escarpados (Foto 8). Está localizada nas porções meridional e NW da área de estudo.

Apresenta baixa a média fragilidade à erosão sendo que os valores de PNE ocorrem apenas na parte da unidade localizada no centro da área de estudo, que coincide com o domínio dos cambissolos.

Esta unidade ocorre associada aos relevos de morros e morrotes, por vezes com topos arredondados, com amplitudes que não ultrapassam os 300 metros. As vertentes das encostas são predominantemente retilíneas com declividades inferiores a 20 graus, localmente foram observadas declividades maiores.

Ocorre sobre as rochas do embasamento, xistos e gnaisses do Complexo Embú e do Complexo Costeiro, e os movimentos não são condicionados pelas rochas. Foi observada em campo a formação de feições de erosão linear em estruturas da rocha preservadas em saprolitos (Foto 9).



Foto 8 – Escorregamento em encosta natural, visada para NW (Ponto TF-12-23).



Foto 9 – Feições de erosão linear em barranco de estrada vicinal (Ponto TF-12-23).

### *Baixa*

Unidade que apresenta baixa susceptibilidade a movimentos de massa com escorregamentos pouco frequentes, ocorrendo somente associados a altos valores de declividade locais ou induzidos por processos como pisoteamento de gado (Foto 10). Segunda maior unidade da área ocorrendo nas porções meridionais e sul.

Apresenta variação entre baixa e média fragilidade a erosão, raramente com erosão alta. Esta unidade está totalmente disposta sobre o domínio pedológico dos cambissolos, porém em campo foram descritos solos argilosos que pode representar uma transição para latossolos (Foto 11). Em alguns pontos foram observadas feições de erosão linear (Foto 12) formando sulcos em encostas naturais com declividades muito baixas.

Ocorre associada ao relevo de morros e morrotes e a serras alongadas e estreitas, ambos os relevos com amplitudes máximas de 400 metros. As vertentes das encostas são convexas, retilíneas e côncavas com pequena predominância das vertentes convexas. As declividade das encostas variam de 10-20 graus localmente com valores mais elevados principalmente na região de serras.

Ocorre sobre as rochas do embasamento, xistos e gnaisses do Complexo Costeiro, com a presença de granitos intrusivos em pontos restritos. Afloramentos rochosos são raros nesta unidade, sendo dominado por horizontes pedológicos, principalmente pelo saprolito da rocha (horizonte C).



Foto 10 – Escorregamento em encosta natural induzido pelo pisoteamento do gado, visada para SE (Ponto TF-12-44).



Foto 11 – Perfil de solo como camadas argilosas, possível transição entre Cambissolo e Latossolo (Ponto TF-12-23).

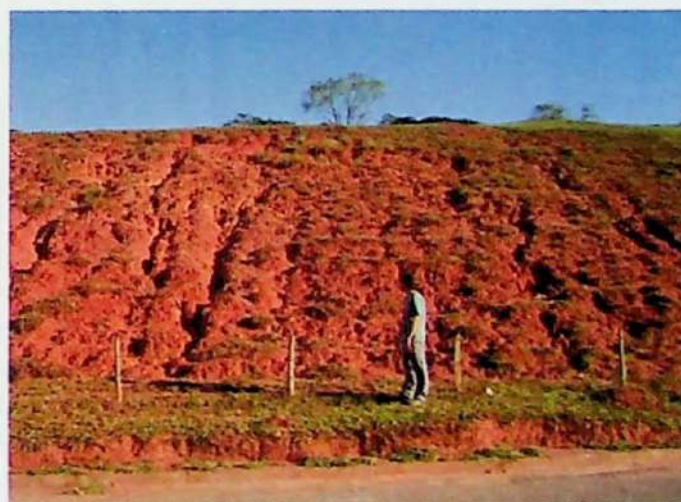


Foto 12 – Feições de erosão linear (sulcos) em encosta natural (Ponto TF-12-39).

### *Inundação*

A unidade de inundação e recalque ocorre associada às áreas de inundação das drenagens da área (Foto 13). Não apresentam classificação de erosão exatamente pela relação com as drenagens.

São representadas pelas planícies aluvionares que formam os neossolos sendo compostos por solos moles e sedimentos recentes, ainda sem a ocorrência de processos pedológicos. Esta unidade não é recomendada para nenhum tipo de construção devido a instabilidade do seu solo recém formado.

Esta unidade é influenciada apenas pelo fator pedológico do terreno, sendo que aspectos do meio físico como declividade e amplitude são irrelevantes. E não apresenta susceptibilidade a movimentos de massa apenas problemas associados a recalque do terreno.



Foto 13 – Área de planície aluvionar composta por neossolos, representa a área de inundação da drenagem (Ponto TF-12-23)

*Rolamento de Blocos*

Esta unidade foi definida por apresentar predominância de movimentos de massa do tipo de rolamento de blocos, divergindo das unidades anteriores que foram classificadas de acordo com a susceptibilidade para escorregamentos.

Apresenta relação direta com a geologia e geomorfologia da área sendo que ocorre apenas na porção E-SE da área, aonde há a maior ocorrência de rochas graníticas e o relevo de serras é dominante. Foram observados blocos métricos a decamétricos de granito dispostos pelas encostas (Fotos 14 e 15) e alguns rolados chegando ao nível da rodovia SP-171 e as drenagens locais. O relevo desta unidade é o de serras escarpadas com amplitudes acima de 400 metros, vertentes convexas e retilíneas e os mais altos valores de declividade da área, normalmente maiores que 20 graus, e localmente com valores acima de 40-45 graus.

Foram definidas duas regiões dentro desta unidade que apresentam feições de fluxo de detritos ("*Debri Flows*") com material transportado composto por solo e blocos métricos de rocha (Foto 16). Não foi possível identificar os agentes causadores destas corridas apenas o material transportado foi observado.

Esta unidade ocorre associada as drenagens que cortam as serras, dentro dos limites da unidade de rolamento de blocos. A região das serras possui as características físicas necessárias para promover eventos de corridas como estes: blocos de rocha com solo, declividade muito altas, altos índices pluviométricos e solos com alta erodibilidade.



Foto 14 – Encosta natural repleta de blocos passíveis de rolamento, visada E-SE (Ponto TF-12-04).



Foto 15 – Encosta natural com blocos rolados, visada para E-NE (Ponto TF-12-34).



**Foto 16** – Material transportado composto por solo e blocos de rocha devido a evento de fluxo de detritos (Ponto TF-12-28).

## 7. Conclusões

Os resultados obtidos pela metodologia desenvolvida e aplicada neste trabalho, calcada na análise morfométrica de modelos digitais de elevação e trabalhos de campo para caracterização do meio físico e elaboração de mapas geomorfológicos e geotécnicos, se demonstraram extremamente satisfatórios.

Os mapas temáticos gerados pela análise morfométrica dos MDE são ferramentas de grande auxílio para a compreensão, caracterização e identificação da paisagem e suas formas de relevo. A metodologia desenvolvida permite a geração de dados quantitativos e análises que praticamente eliminam o viés do observador. Neste ponto podemos afirmar que o mapa geomorfológico elaborado neste trabalho é livre de problemas clássicos encontrados na literatura, como análises de fotos aéreas em clima de bom tempo, efeitos de borda e dados quantitativos pontuais. Com a análise realizada foi possível identificar os elementos, formas e unidades de relevo de forma precisa e confiável, através de uma metodologia que pode ser utilizada de forma ágil e eficiente

na caracterização geomorfológica de grandes áreas em escalas variáveis, de acordo com a escala da base de dados utilizada.

O método empregado para identificar as unidades geotécnicas a partir dos mapas de susceptibilidade a movimentos de massa e fragilidade à erosão é bastante preciso para inferir sobre os principais processos erosivos da área, sendo que a tipologia e predominância dos processos erosivos são definidas apenas a partir dos dados de campo.

Foi destacada a grande influência da pedologia no mapa de movimentação de massa, sendo que as espessuras de solos são determinantes para que processos erosivos, principalmente escorregamentos, ocorram.

A carta geotécnica apresentou como resultado sete unidades classificadas a partir de processos primários (escorregamentos, recalque e rolamento de blocos), a saber: Muito Alta, Alta, Média a Alta, Média a Baixa, Baixa, Inundação e Rolamento de Blocos.

A unidade Muito Alta é caracterizada pelas maiores susceptibilidades a movimentos de massa e pela alta frequência de eventos de escorregamento nas encostas, amplitudes superiores a 300 metros relacionadas aos domínios de morros alongados, declividades elevadas e fragilidade à erosão média, baixa ou inexistente.

A unidade Alta apresenta eventos de escorregamentos muito frequentes em encostas naturais, valores altos de susceptibilidade, está localizada no domínio de serra apresentando amplitudes superiores a 400 metros, valores altos de declividade ( $>20^\circ$ ) e fragilidades baixas, médias e altas à erosão.

A unidade Média a Alta é predominante na área de estudo, possui variação nos valores de susceptibilidade do terreno com escorregamentos frequentes nas encostas, se encontra desde os morros até as serras com amplitudes máximas de 400 metros, declividade que variam desde baixas ( $<10^\circ$ ) a altas ( $30^\circ$ ) e fragilidade à erosão desde inexistente, no domínio do Latossolos, até alta.

A unidade Média a Baixa apresenta valores baixos de susceptibilidade caracterizados pela baixa frequência de escorregamentos em suas encostas, está localizada nas regiões de morros e morrotes com amplitudes máximas de 300 metros, declividades médias ( $20^\circ$ ) e baixa a média fragilidade à erosão.

A unidade Baixa é caracterizada pelos menores valores de susceptibilidade do terreno, sendo os escorregamentos muito pouco frequentes, está inserida nos domínios de morros e morrotes e de serras alongadas com amplitudes máximas de 400 metros, declividades médias a baixas ( $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ) e apresenta baixa a média fragilidade à erosão.

A unidade de Inundação ocorre associada as áreas de inundação das drenagens, apresentam problemas relacionados a recalque do terreno devido a seus solos moles (Neossolos).

A unidade de Rolamento de Blocos apresenta alta susceptibilidade a movimentação de massa e é a única unidade diretamente relacionada a geologia, sendo que ocorre apenas nas porções com predominância de rochas graníticas. No caso da área de estudo ocorre na região de serras escarpadas com amplitudes superiores a 400 metros e declividades elevadas ( $>30^{\circ}$ ).

## Referências Bibliográficas

Almeida, F. F. M. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol. IGC, 41: 167-263.

Alves A. 2006. Petrogênese de plútons graníticos do leste paulista: geocronologia, geoquímica elemental e isotópica. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 194 p.

Bertoni J.& Lombardi Neto F. 1999. Conservação do Solol. Editora Ícone, São Paulo, 355p.

Canil K. 2001. Metodologia para elaboração de carta de risco de erosão do município de Franca, SP. *In*: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7, p.1-8.

Carneiro C. D. R., Santoro E., Rodrigues E. P., Hasui Y. 1979. Evolução geológica do pré-cambriano na baixada santista. *In*: SBG, Atas...Rio Claro, 1: 31-45.

Carvalho C.S., Macedo E.S., Ogura A.T. 2007. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Brasília. Ministério das Cidades & Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 176 p.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA 2012. Clima dos Municípios de São Paulo. Disponível em <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Acessado em 28 mar 2012.

Chiodi Filho C., Chierigati L.A., Theodorovicz A.M.G., Theodorovicz A., Menezes R.G., Ramalho R., Batolla Jr F. 1983. Geologia e recursos minerais das folhas de Natividade da Serra e Caraguatatuba. *In*: Jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000, 1, Atas... São Paulo: Pro-Minério/IPT, p.8-29.

Conti J.B. & Furlan E.G. 2009. Geoecologia – O clima, os solos e a biota. *In*: J.L. Ross (eds.) Geografia do Brasil. 6. Ed. São Paulo (SP): Editora da Universidade de São Paulo, p.:105-106.

Costa T.C.C. da, Lumbreras J.F., Zaroni M.J., Naime U.J., Guimarães S.P., Uzeda M.C. 2005. Estimativas de perdas de solo para microbacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78, 48 p.

CPRM –COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS 2006. Mapa geodiversidade do Estado de São Paulo, escala 1:750.000.

Dias Neto *et al* 2008. Litoquímica dos Granitóides da Estrutura em Flor de São Sebastião, São Paulo. *Rev. Inst. Geoc.-USP*, **8**: 101-114.

Dias J.R. 2007. Unidades Geoambientais da Área de Proteção Ambiental da Serrinha de Alambari – Capelinha, Resende – RJ. Monografia, Centro de Ciências Humanas, Universidade Federal de Viçosa, 78 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1999. Mapa pedológico do estado de São Paulo, escala 1:500.000.

Farinasso M., Júnior O.A.C., Guimarães R.F., Gomes R.A.T., Ramos V.M. 2006. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS - Equação Universal de Perda de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba - PI - MA. *Rev. Bras. Geomor.* **7**: 73-85.

Farr, T. G., et al. 2007. The Shuttle Radar Topography Mission. *Rev. Geophys.*, **45**, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.

Fournier F. 1960. Cimat et erosion: La relation entre l'erosion du sol pa l' au et les precipitations atmosphériques. Paris, University Press, 201 p.

Freire O., Godoy M.C.T.F., Carvalho W.A. 1992. Erodibilidade de alguns solos do oeste do Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geografia*, **11**: 77-87.

Freitas C. G. L., Bitar O. Y., Ferreira A. L., Cavani A. C. M. 2011. Procedimentos na elaboração de carta geotécnica de planejamento do município de Cunha, SP. *In*. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, **13**, Anais....ABGE: São Paulo, p.1-10.

Hasui, Y. 1975. Geologia da Folha São Roque. *Bol. IG – Inst. Geoc*, **6**: 157-183.

Hasui Y., Sadowski G.R., Carneiro C.D.R. 1976. Considerações sobre a estratigrafia do pré-cambriano na região de São Paulo. *Bol. IG – Ins. Geoc.*, **7**: 107-112.

Hasui Y., Dantas A. S. L., Carneiro C. D. R., Bistrichi C. A. 1981. Embasamento pré-cambriano em São Paulo. *In*: Almeida F. M. F., Hasui Y., Poçano W. L., Dnatas A. S.

L. Carneiro C. D. R., Melo M. S., Bistrichi C. A (Coords) Mapa geológico do estado de São Paulo na escala 1:500.000. Nota explicativa. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, **1184**, p. 12-45.

Heilbron M., Pedrosa-Soares A.C., Campos Neto M.C., Silva L.C., Janasi V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. Dal Ré Carneiro, B.B. Brito Neves (eds.) Geologia do Continente Sulamericano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca. São Paulo, p.: 203-234.

IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO 1985. Rede Hidrográfica do Estado de São Paulo. São Paulo, Mapa Hidrográfico, escala 1:1.000.000.

IPT – INSITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1 mapa geomorfológico, escala 1:1.000.000.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1 mapa geológico, escala 1:500.000.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS 1989. Controle de Erosão: Bases Conceituais e Técnicas, Diretrizes para o Planejamento Urbano e Regional, Orientação para o Controle de Boçorocas Urbanas. São Paulo - SP.

Janasi V. A., Alves A., Vlach S. R. F. 2003. Granitos peraluminosos da porção central da Faixa Ribeira, Estado de São Paulo: sucessivos eventos de reciclagem da crosta continental no neoproterozóico. *Geologia USP – Série Científica*3: 13-24.

Köppen, W. (eds.) 1948. Climatologia: Con un estudio de los climas de la tierra. México: Fundo de Cultura Economica (FCE), 478 p.

Listo F.L.R. 2011. Análise da Susceptibilidade e do Grau de Risco a Escorregamentos Rasos na Bacia do Alto Aricanduva, RMSP (SP). Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 151 p.

Miranda E.E. de, 2005. Brasil em Relevo. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acessado em março de 2012.

Miranda J.G. 2005. Mapeamento Geotécnico e Estudo de Susceptibilidade à Erosão na Bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala 1:100.000. Dissertação de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 278 p.

Meyer L.D., Foster G.R., Römken M.J.M. 1975. Source of soil eroded by water from upland slopes. *In: Present and prospective technology for predicting sediment yields sources*. Washington, **40**, p. 177-189.

Moore I.D. & Bruch G.J. 1986. Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, **50**: 1294-1298.

O'Leary D. W., Friedman J. D., Pohn H. A. 1976. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. *GSA Bulletin*, **87**: p.1463-1469.

Peixoto C. A. B. 2010. Geodiversidade do Estado de São Paulo: Programa geologia do Brasil, levantamento da geodiversidade. São Paulo: CPRM, 176 p.

Perrotta *et al.* 2005. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil – PGB, CPRM, São Paulo.

Pike R.J., Evans I.S., Hengl T. 2009. Geomorphometry: A Brief Guide. *In: T. Hengl & H.I. Reuter (eds.) Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science*, **33**, Elsevier, 707 p.

Pike, R.J., 1995. Geomorphometry—progress, practice, and prospect. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband* **101**, 221–238.

Ponçano V. L., Bistrichi C. A., Carneiro C. D. R., Almeida M. A. de, Pires Neto A. C., Almeida F. F. M. 1979. O Conceito de Sistemas de Relevo Aplicado ao Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo. *In: Simp. Reg. Geol., 2, Rio Claro, Atas*, p. 253-262.

Prandini F. L., Nakazawa V. A., Freitas C. G. L., Diniz L. C. 1995. Cartografia Geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. *In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente, ABGE/IPT. São Paulo, ABGE*, p. 187-202.

Ross J. L. S. 1992. O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *Rev. Dep. Geografia, FFLCH-USP, São Paulo*, **6**, p. 17-29.

Ross J. L. S. 2000. Geomorfologia: ambiente e planejamento. Ed. Contexto 5ª edição, São Paulo, 85p.

Silva A. M., Marques M.A, Rodrigues B. B. 2006. Erosividade Brasil – Um sistema de consulta de dados sobre erosividade para todo o território brasileiro. Aracaju – SE. Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, **13**, Resumo expandido

Sobreiro Neto A. F., Paiva Filho A., Mortari J. L., Bitar O.Y. 1983. Geologia da Folha São Luiz do Paraitinga (SP). In: Jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000. *Atas...* São Paulo: Pró-mineiro/IPT, **1**: 31-52.

Summerfield M.A. 1991. *Global Geomorphology*. Pearson Education Limited, Harlow, 537 p.

Stein D.P., Ponçano W.L., Saad A.R. 2003. Erosão na bacia do Rio Santo Anastácio, oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Geociências*, **22**: 143-162.

Tipos de vegetação. Artigo criado em 2010 pela Empresa de Consultoria Ambiental (ECP) e Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Disponível em [http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/tipos\\_de\\_vegetacao.pdf](http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/tipos_de_vegetacao.pdf). Acesso em: 27 mar 2012.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY 2004. Landslides Types and Processes. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>. Acessado em Julho de 2012.

Villar O.M. 1987. *Formulação de um Modelo Matemático para Erosão dos Solos pela Chuva*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

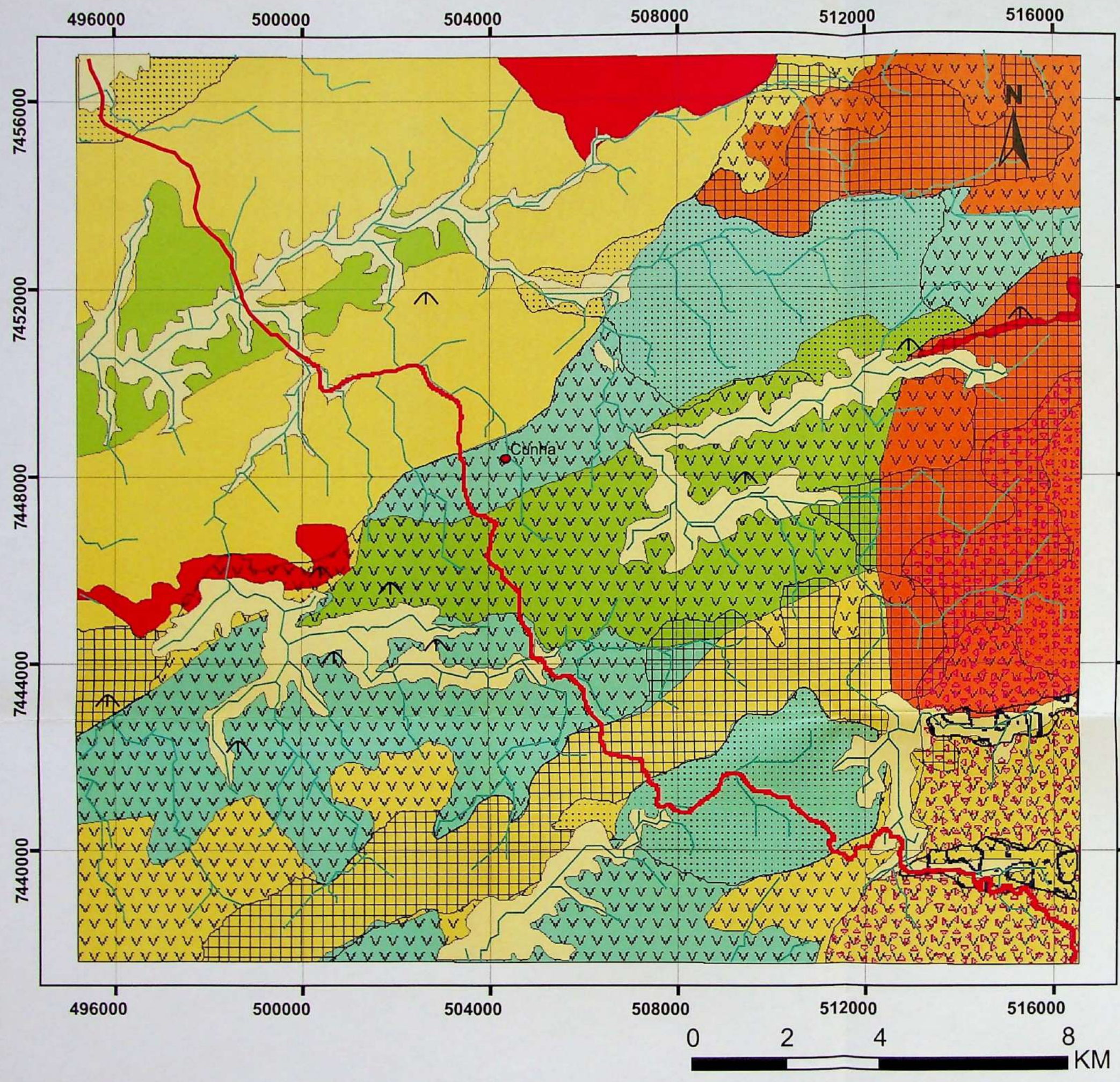
Zebera K. 1947. Geologie in der regionalen planung. *Geotechnica*, **4**.

Zuquette L.V. & Gandolfi N. (Eds.) 2004. *Cartografia Geotécnica*. Oficina de Textos, São Paulo, 190 pp.

Wischmeier W.H., Smith D.D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 58 p.

Wischmeier W.H., Smith D.D., 1962. Soil loss estimation as a tool and water management planning. *Inst. Ass. Sci. Hidrology Common Land Erosion*. Pub: 148-159.

# **Anexo 1**



### Legenda

#### Susceptibilidade a Movimentação de Massa

- Baixa
- Média a Baixa
- Média a Alta
- Alta
- Muito Alta

#### Área de Inundação/Recalque

- Inundação

#### Rolamento de Blocos

- Fluxo de detritos "Debris Flows"
- Rolamento de Blocos

#### Fragilidade à Erosão

- Baixa
- Média
- Alta

Drenagens

#### Rodovia

- SP-171

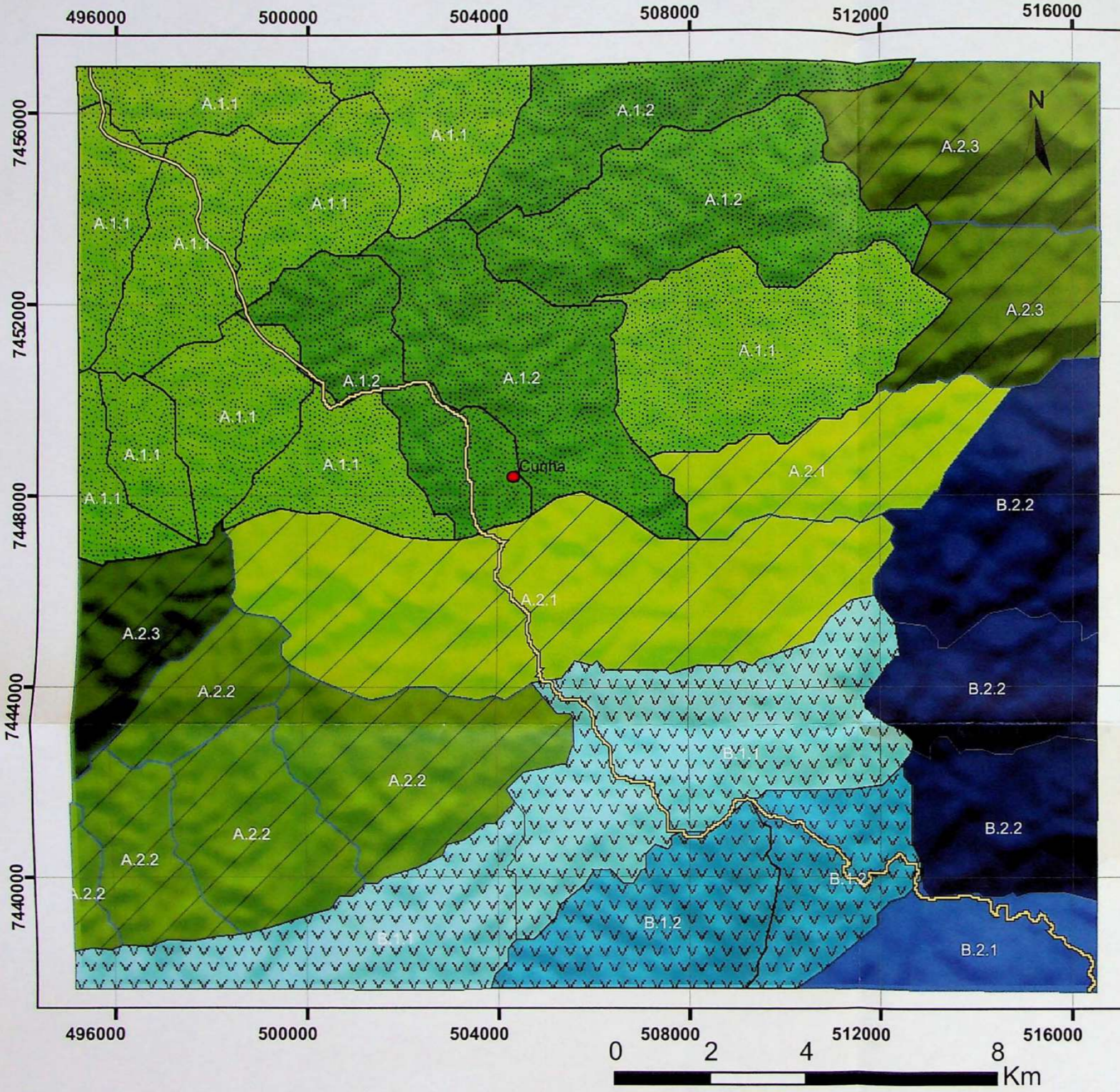
#### Cidades

- Cunha

#### Processos do Meio Físico

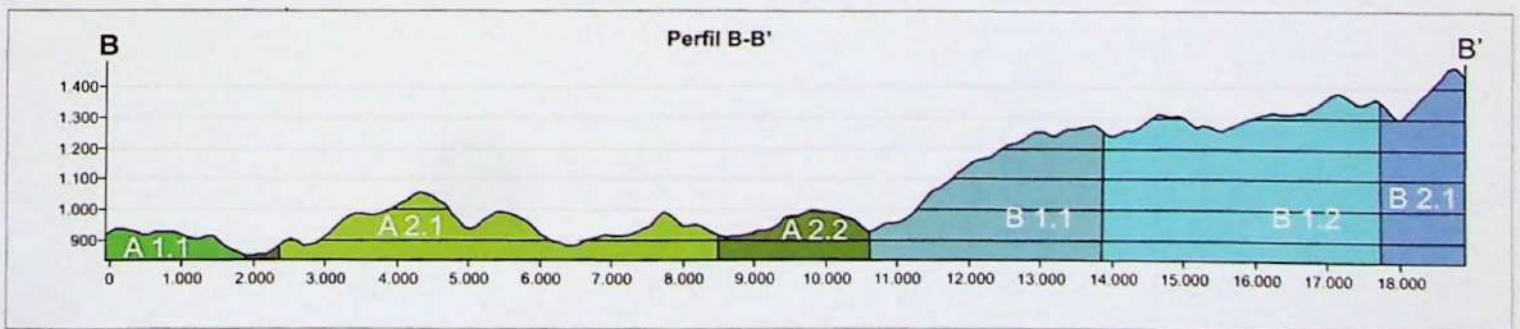
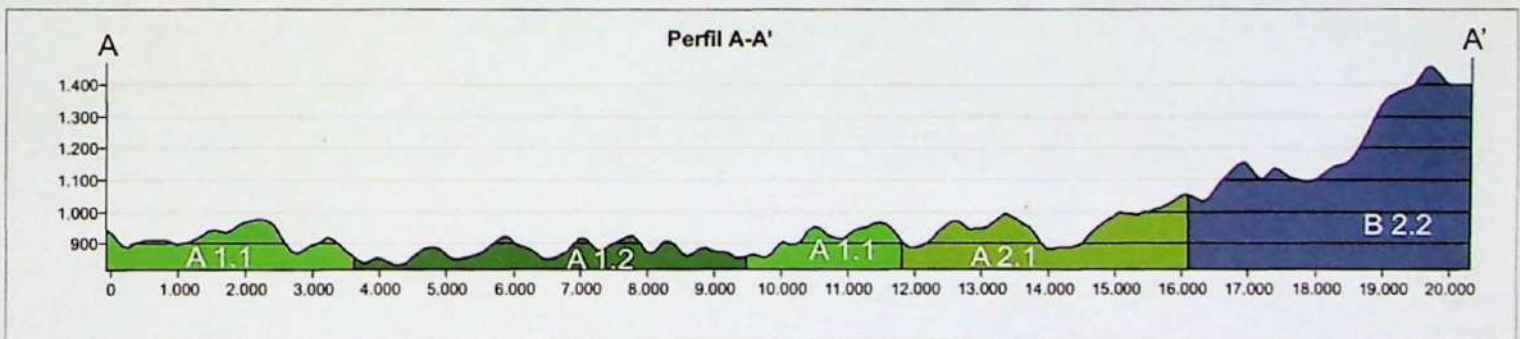
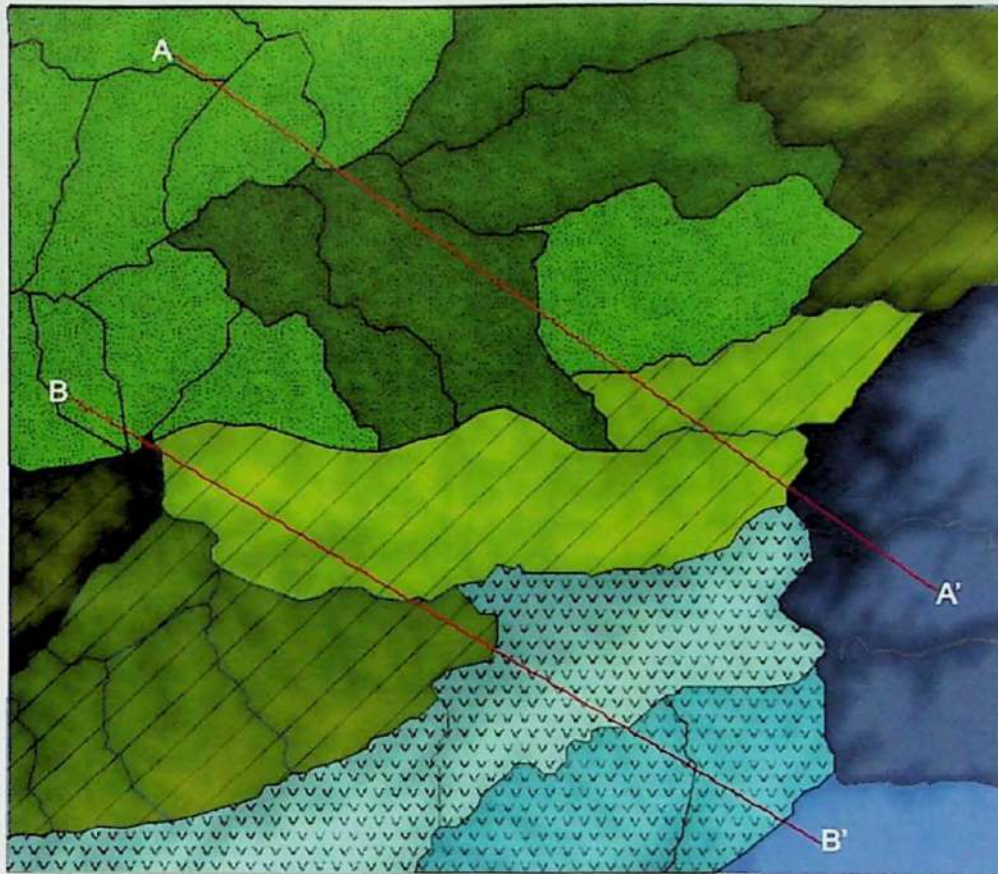
- Escorregamentos em encostas

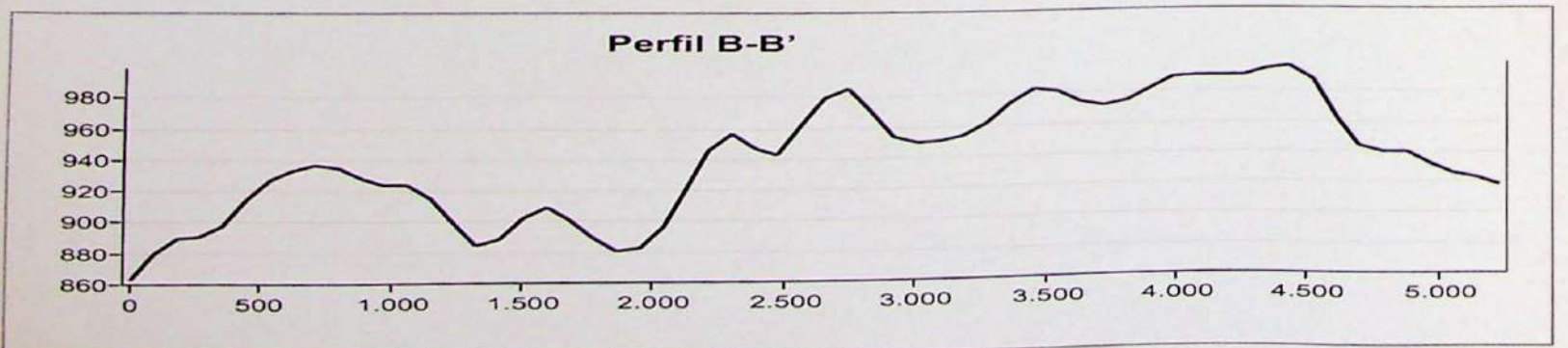
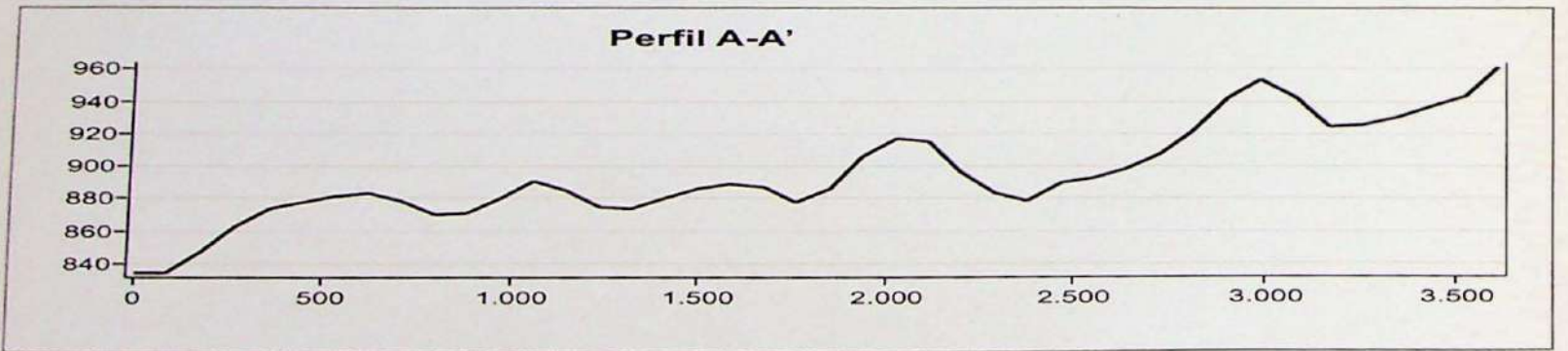
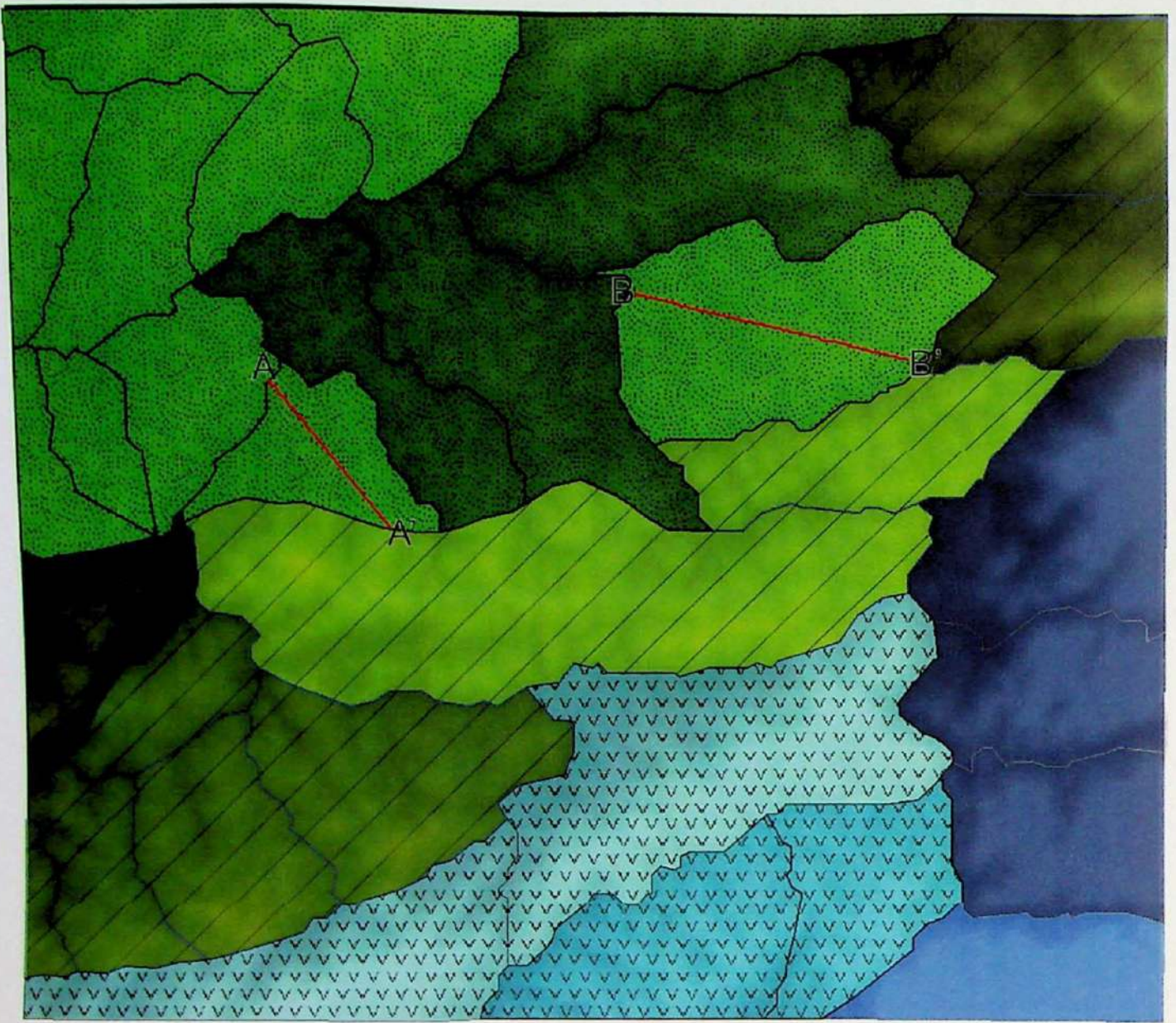
# **Anexo 2**

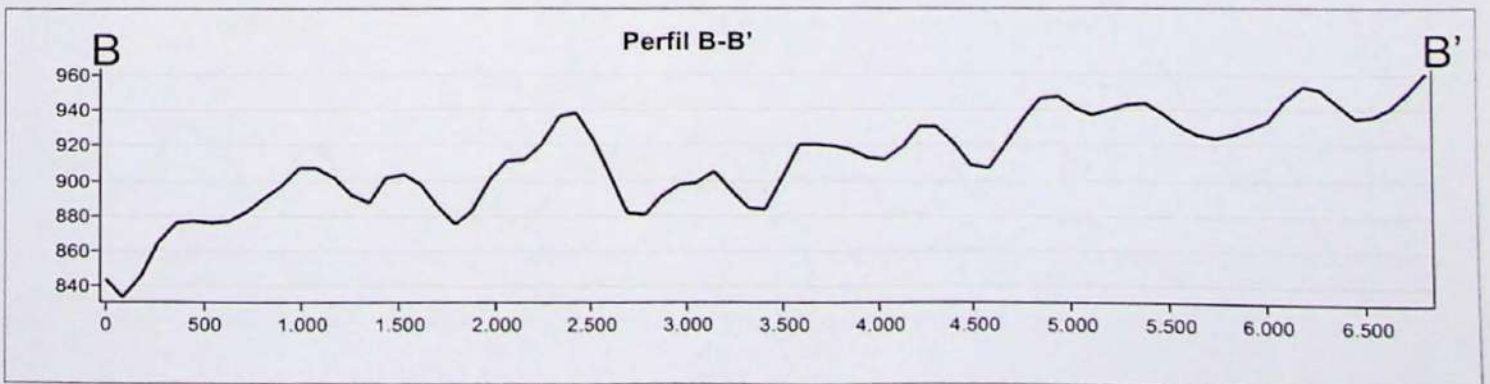
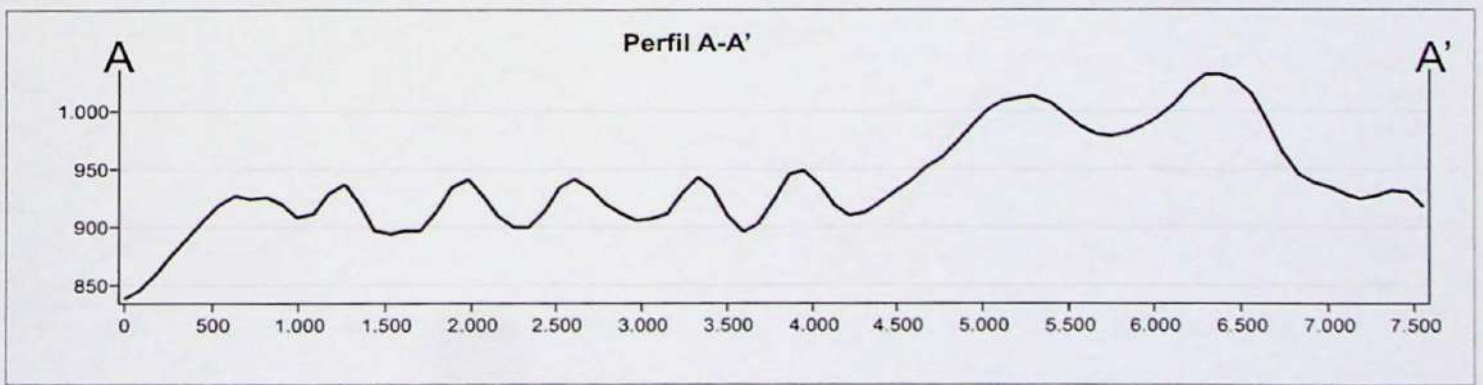
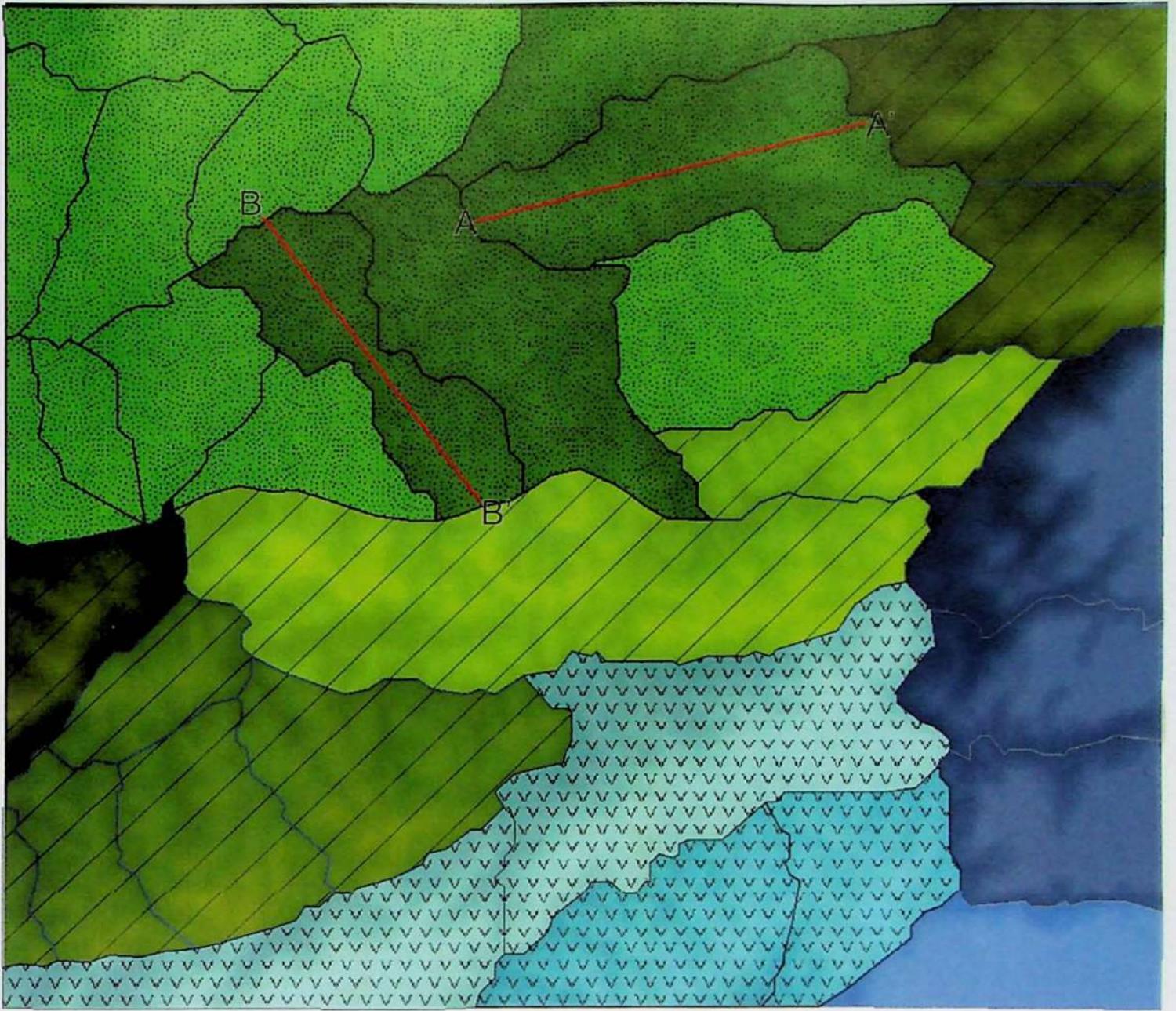


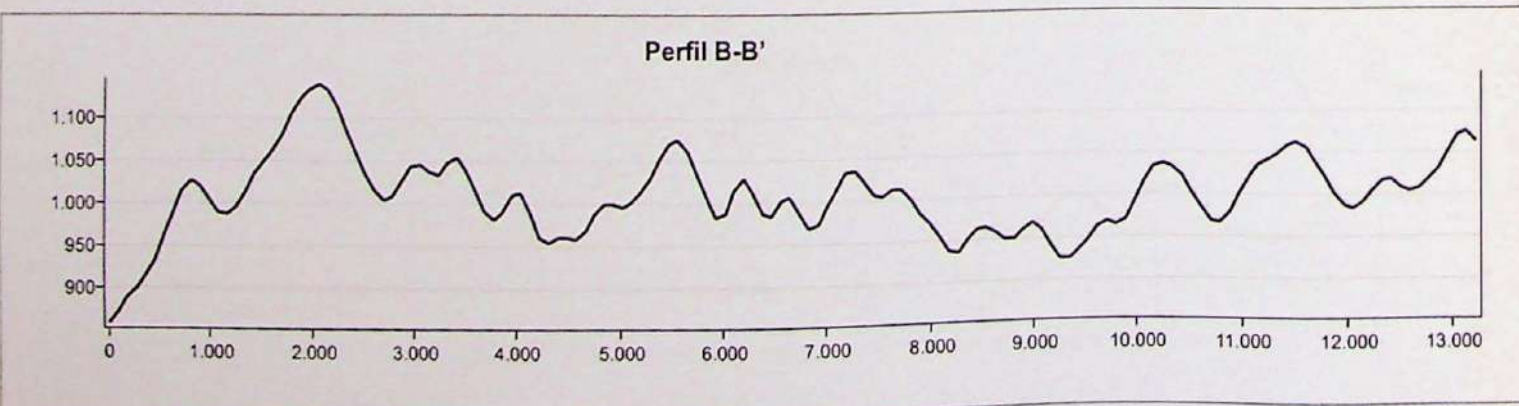
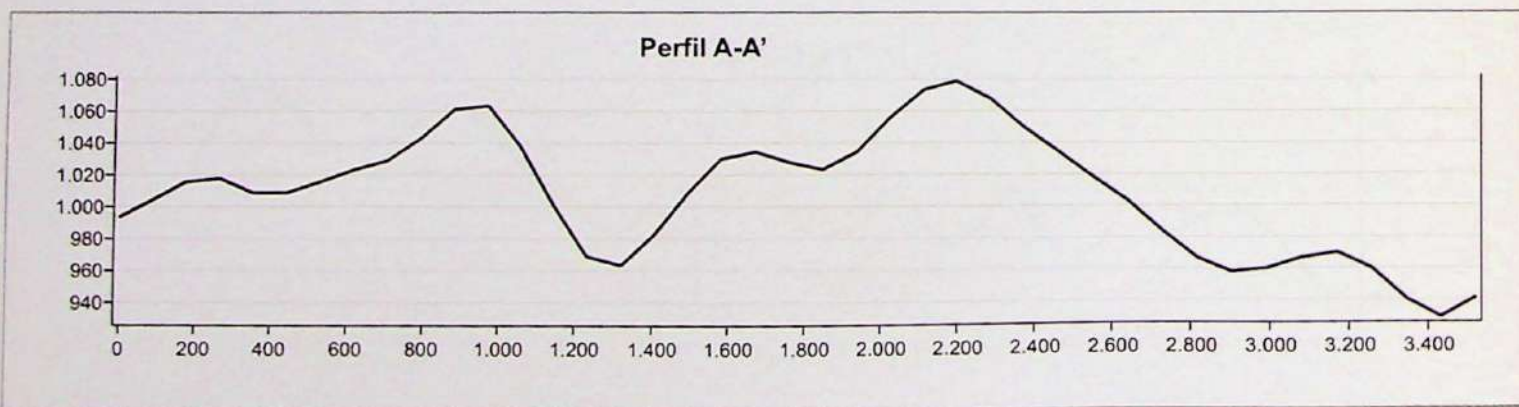
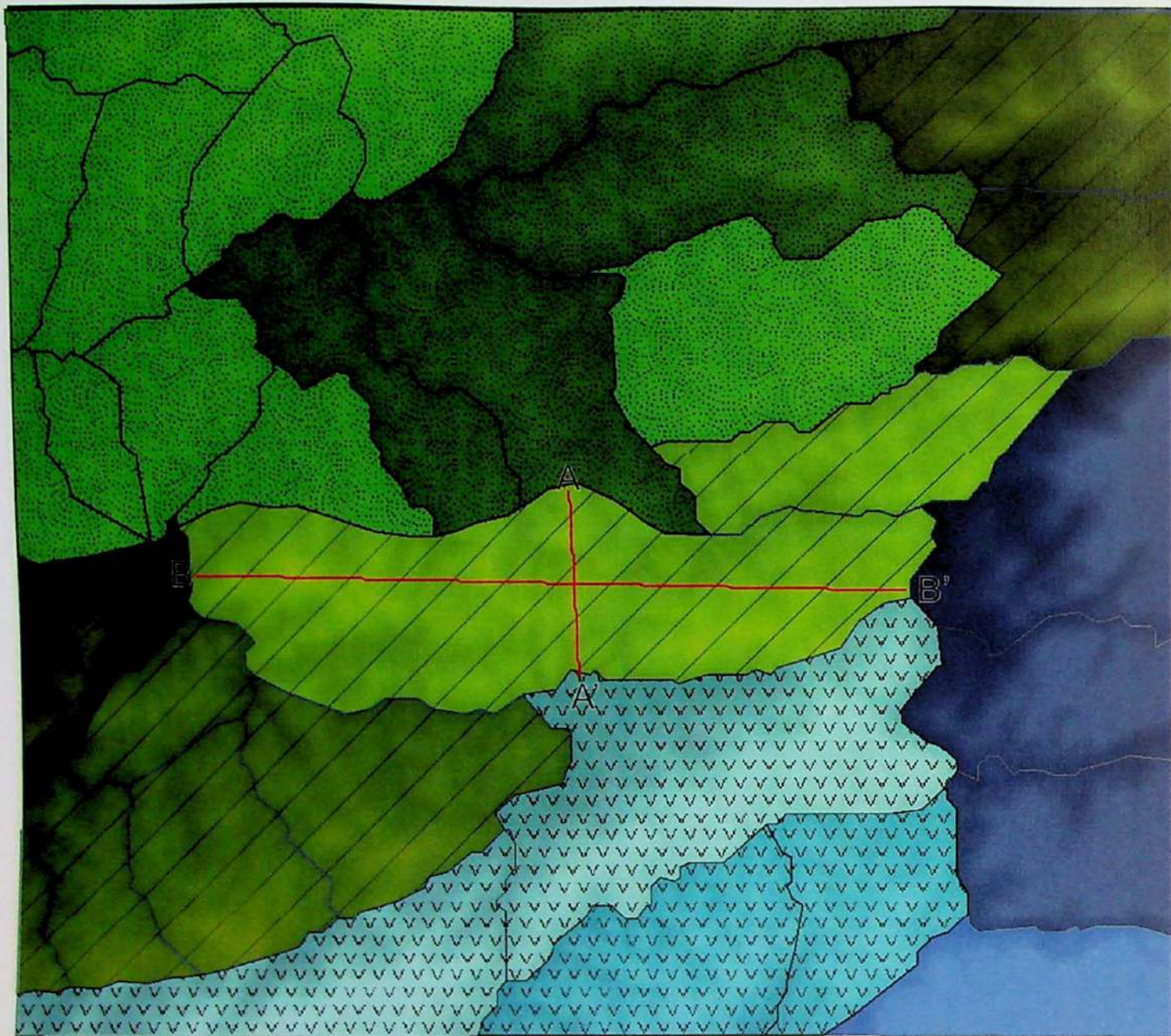
### Legenda

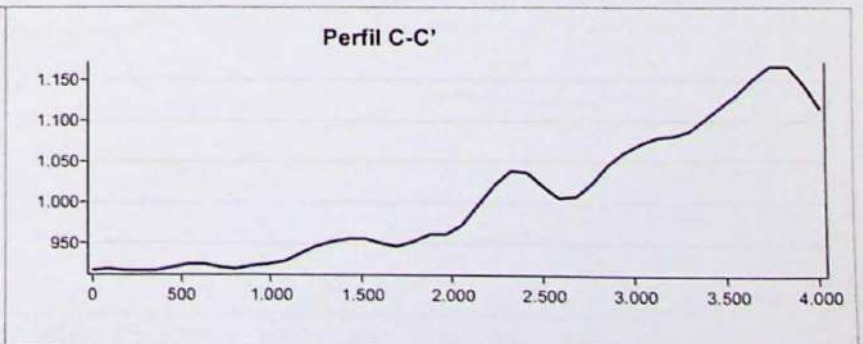
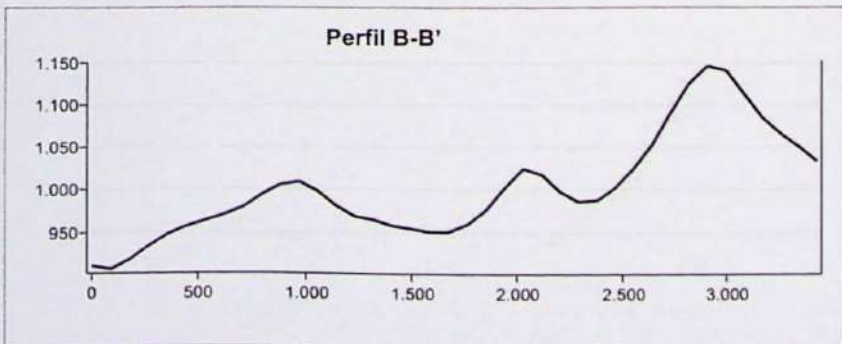
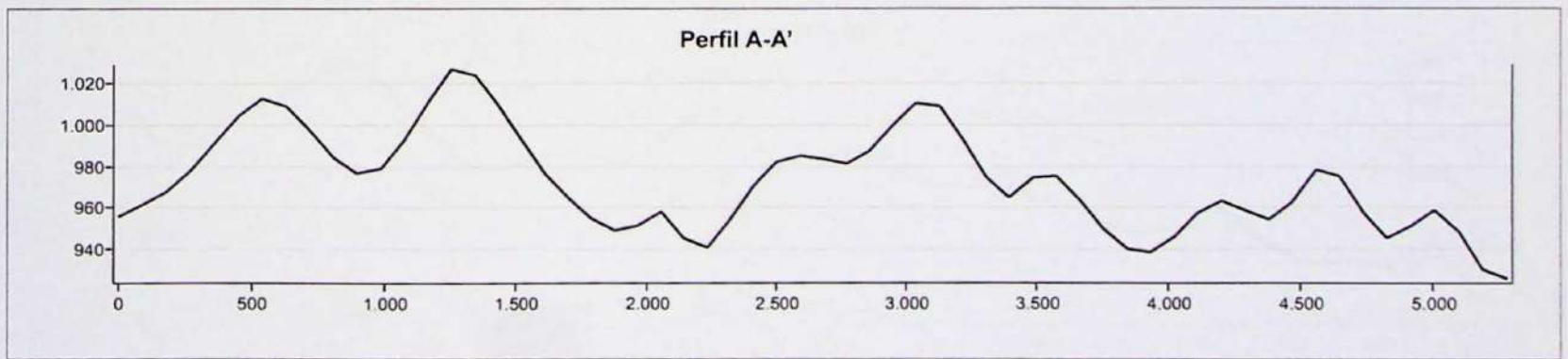
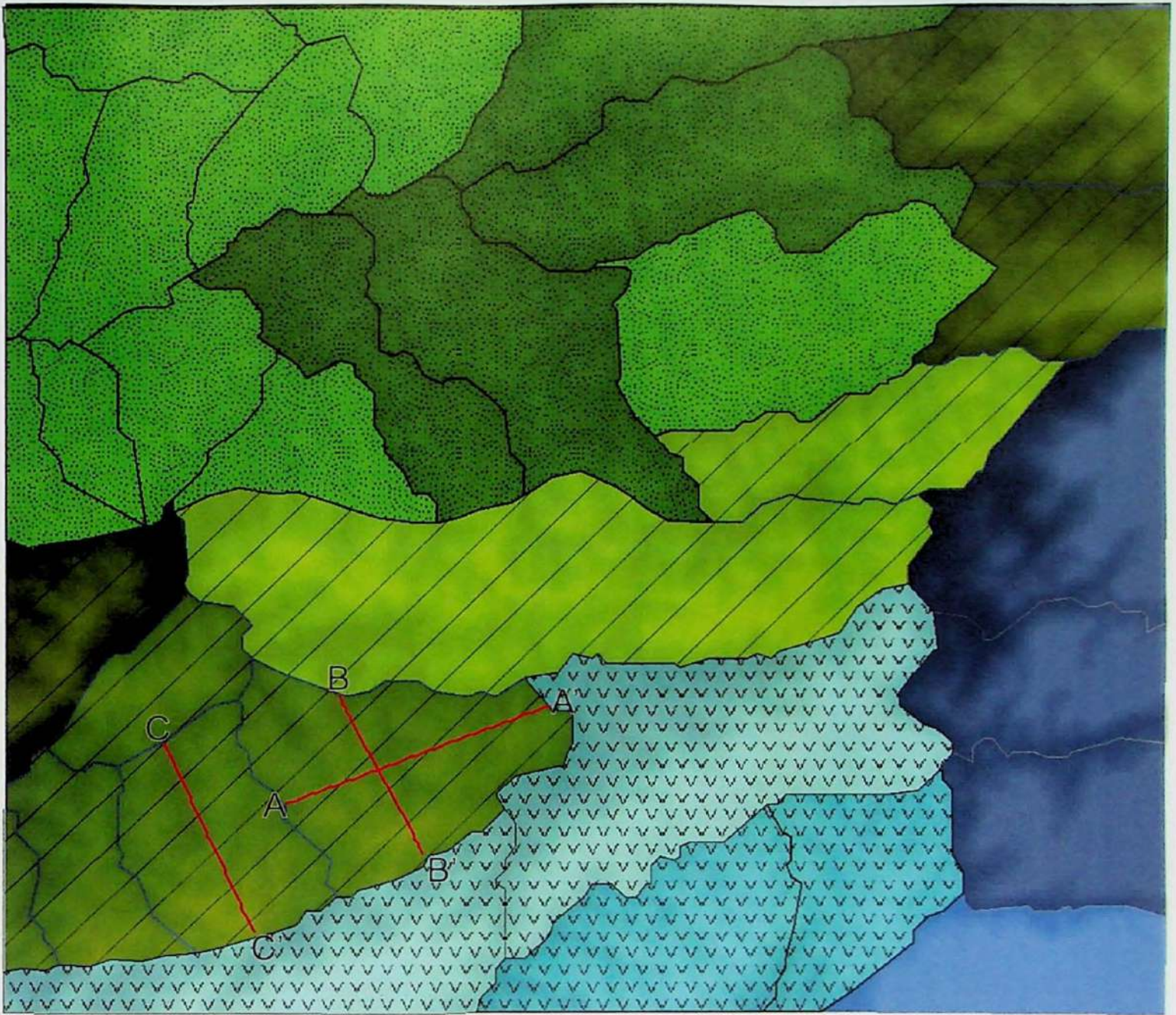
- Morrotes com topos arredondados e declives suaves**
  - A.1.1
  - A.1.2
- Morros e morrotes**
  - A.2.1
  - A.2.2
  - A.2.3
- Serras alongadas com vales**
  - B.1.1
  - B.1.2
- Serras escarpadas**
  - B.2.1
  - B.2.2
- Cidades**
  - Cunha
- Rodovia**
  - SP-171

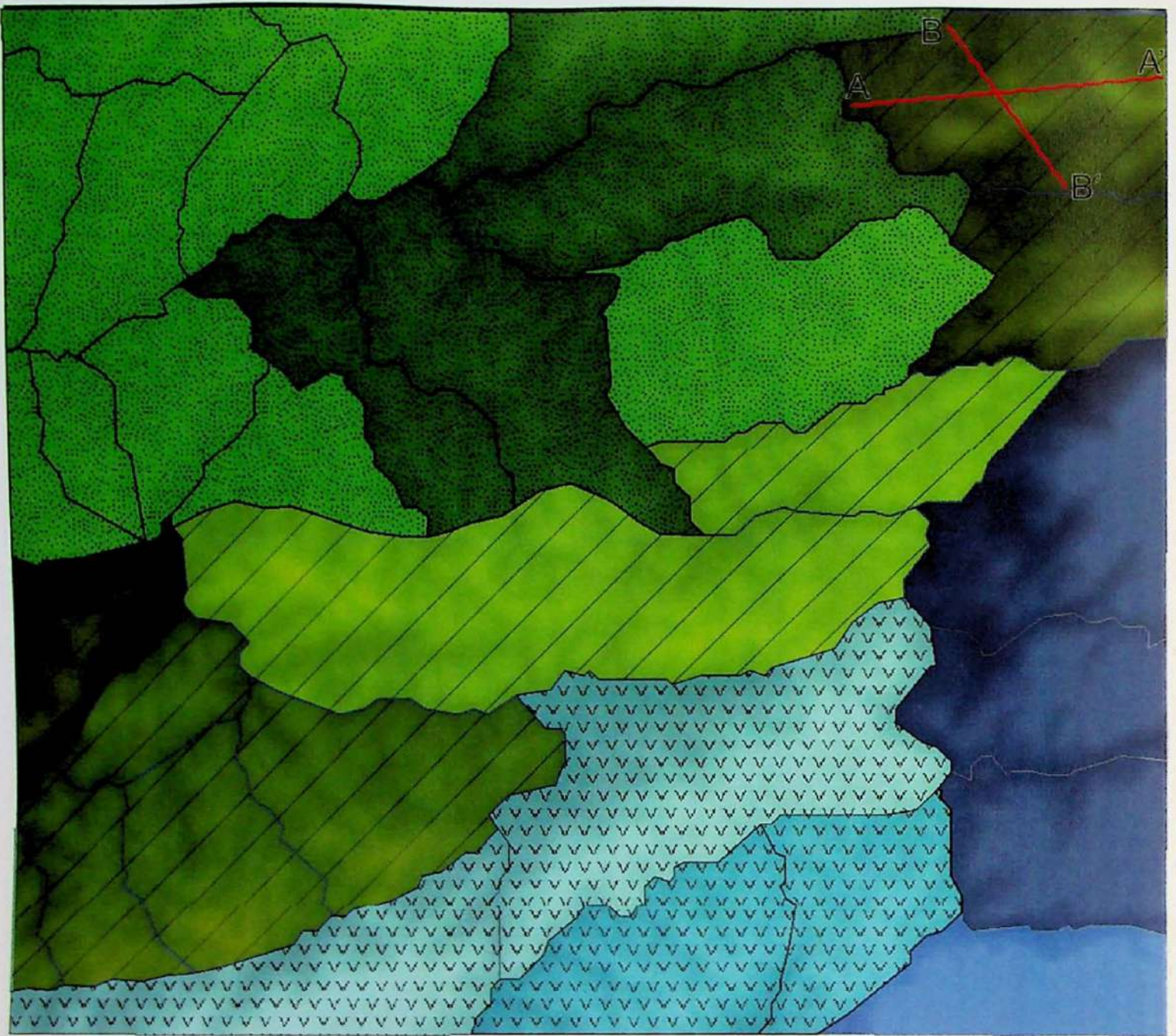




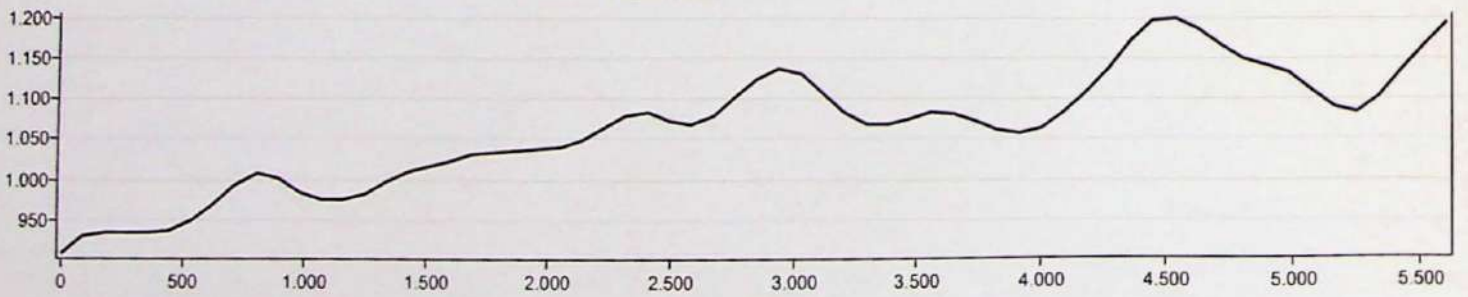




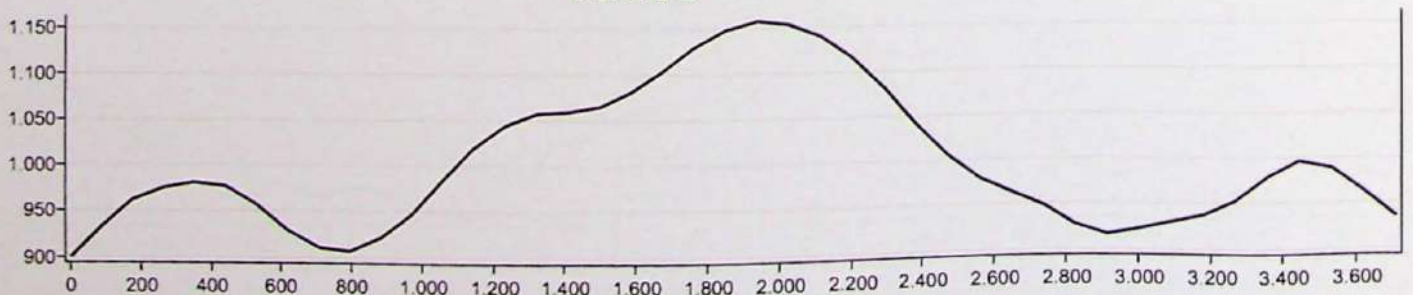


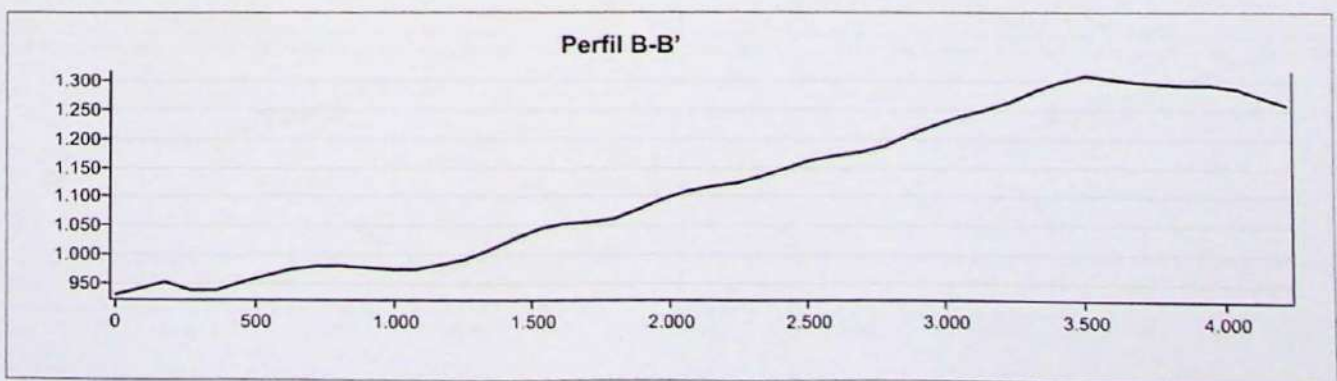
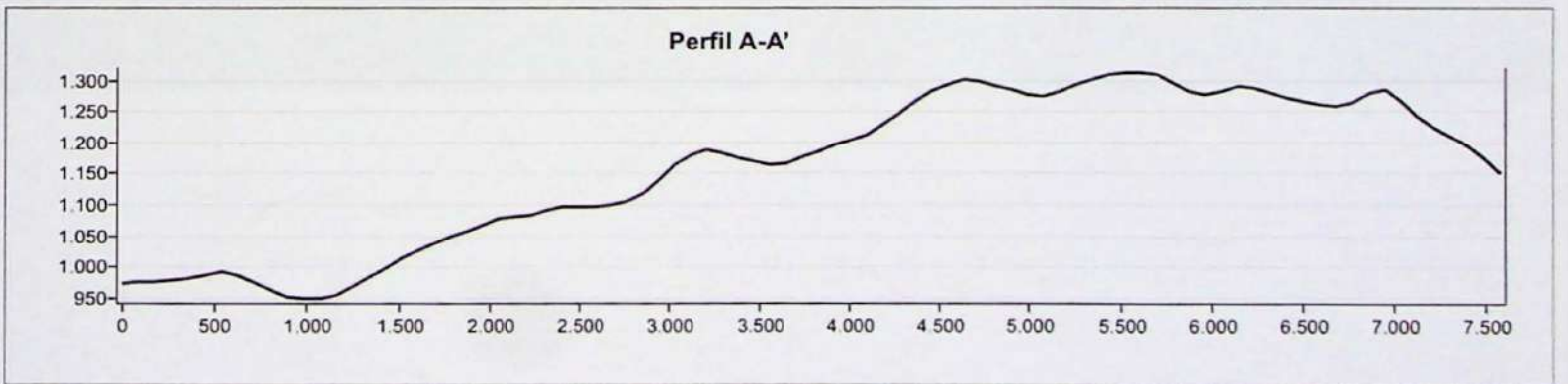
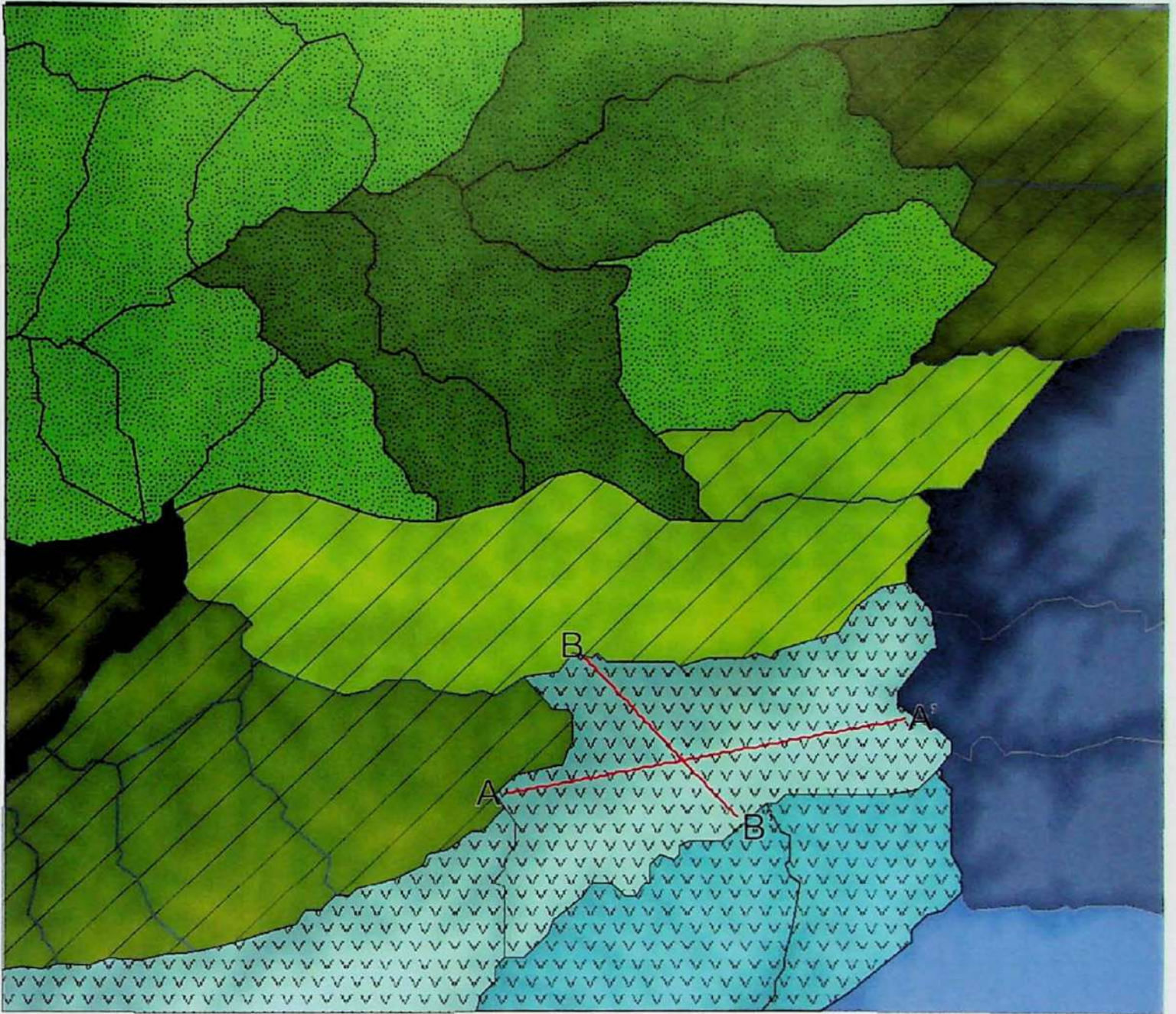


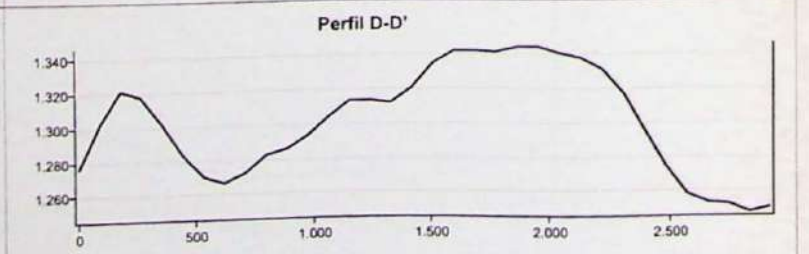
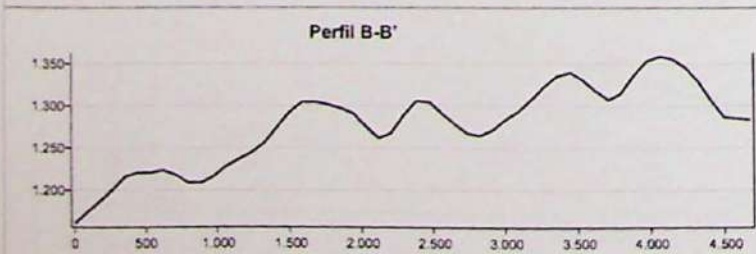
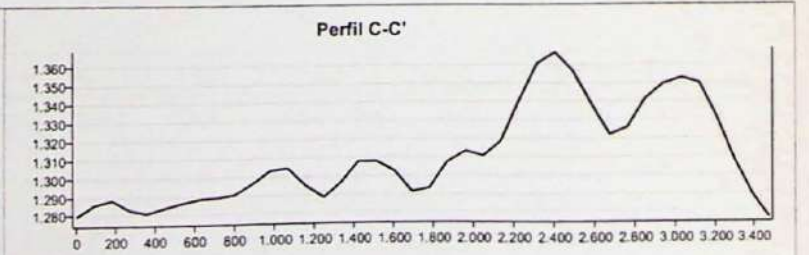
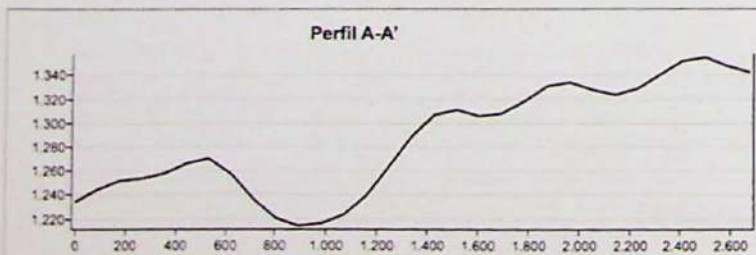
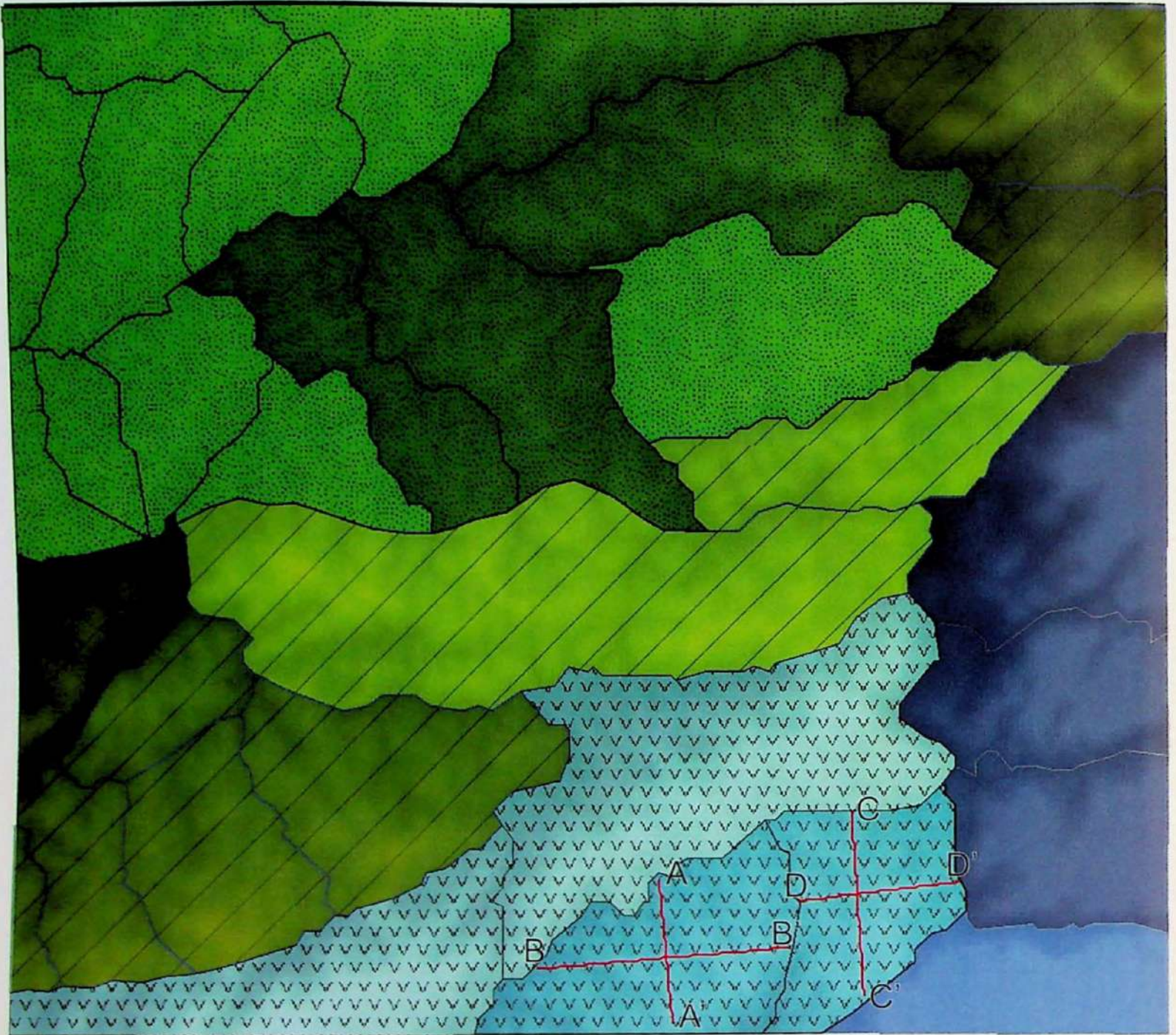
Perfil A-A'

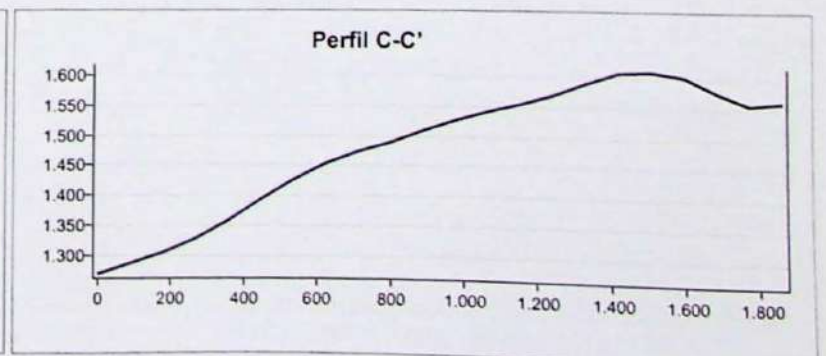
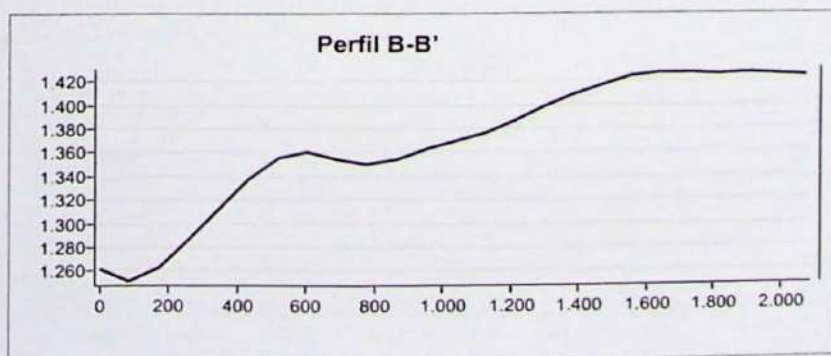
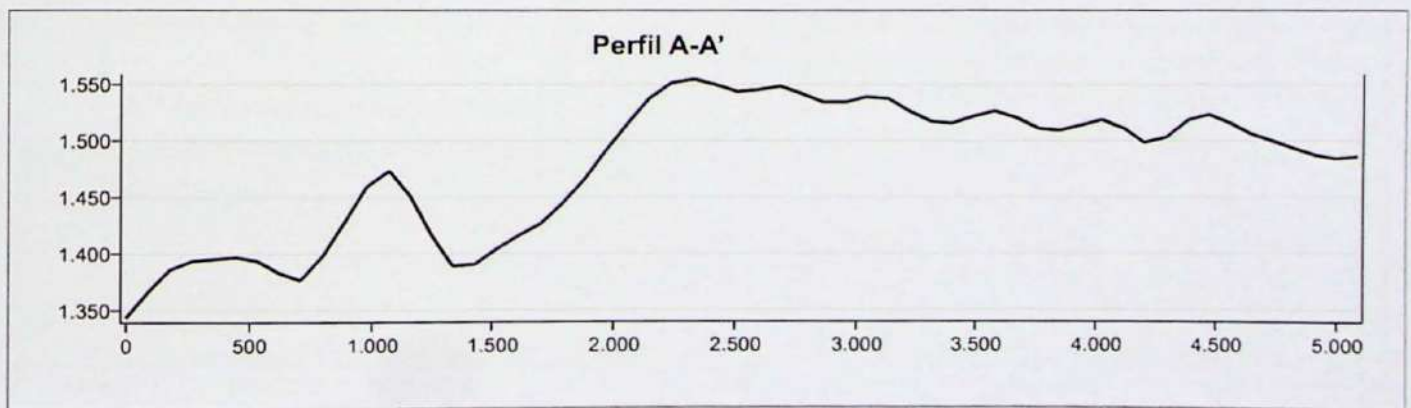
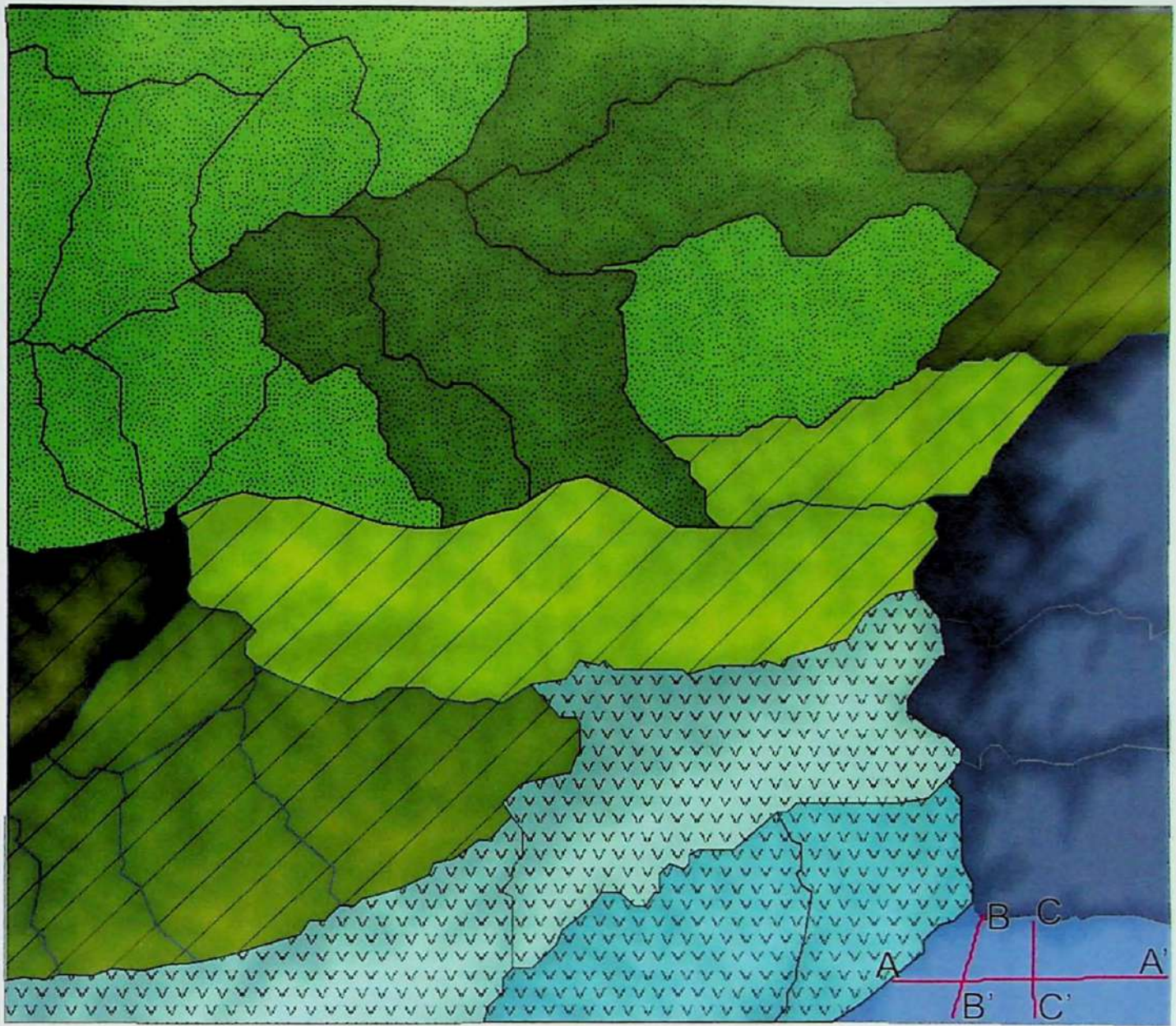


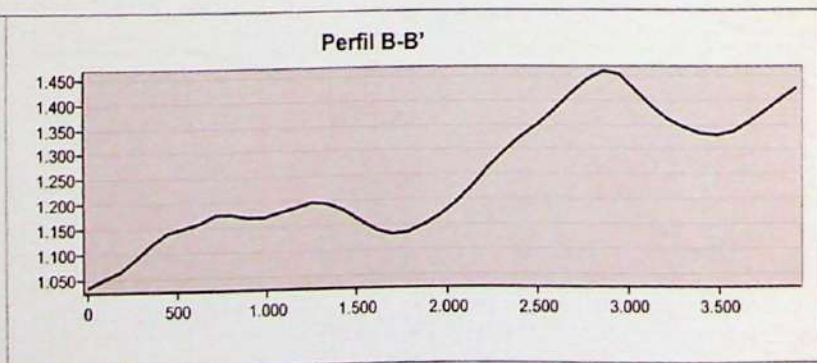
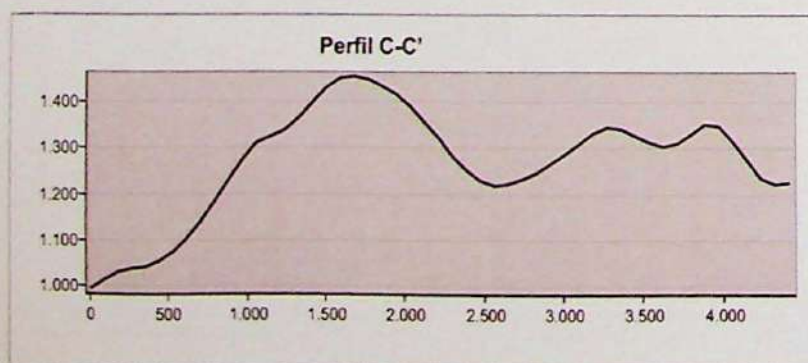
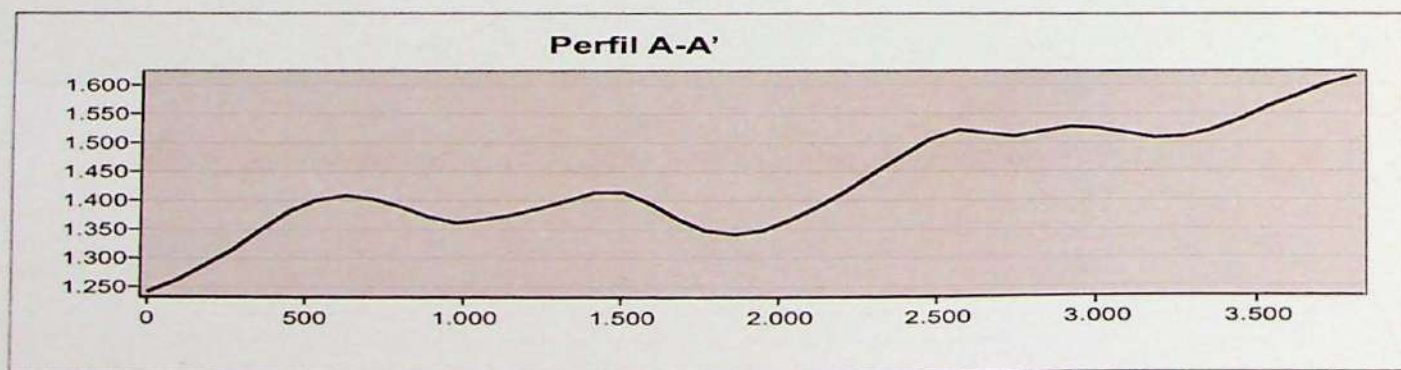
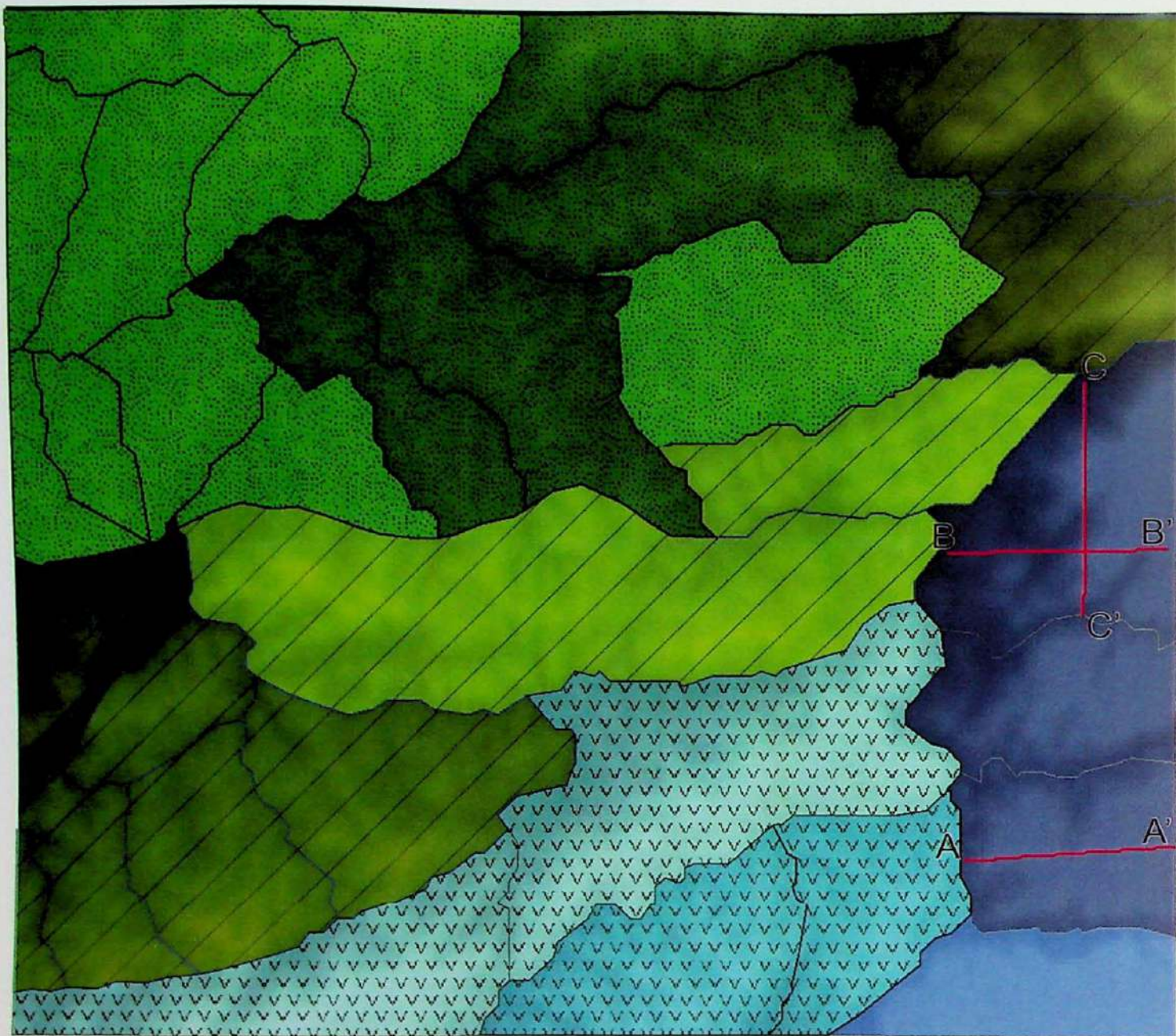
Perfil B-B'





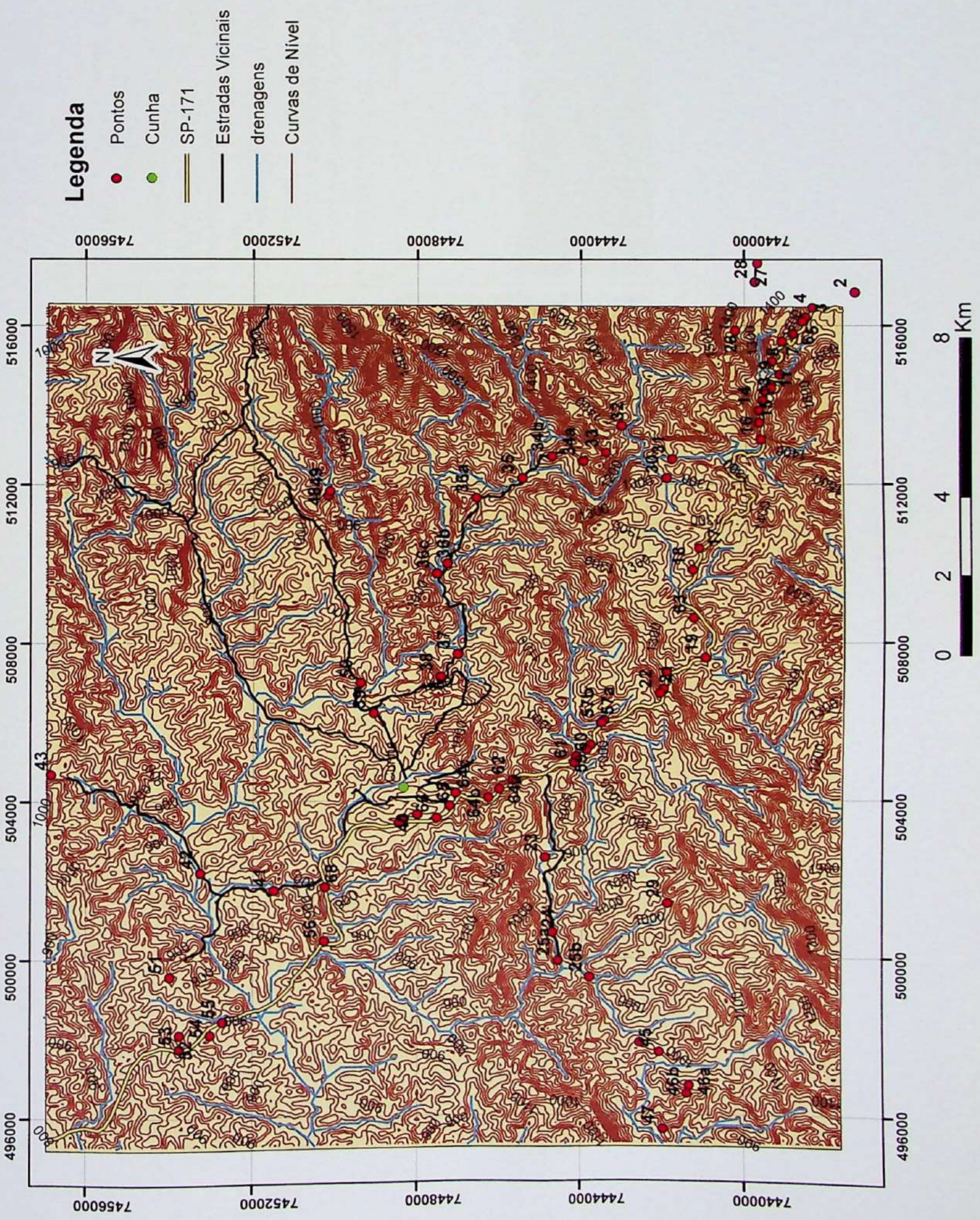






A.Relevo de morros	<p><b>A.1 Morrotes com topos arredondados e declives suaves:</b> Padrão de drenagem dendrítico; altitudes entre 700 e 1100 metros; declividade média entre 0 e 10 graus, ultrapassando 15 graus em alguns locais.</p>	<p>A.1.1 Amplitudes máximas de 200 metros; declividade predominante inferior a 10 graus; formas pouco alongadas comprimentos de onda entre 1000 e 3000 metros e alongação média de 0,5; vertentes retilíneas, côncavas e, predominantemente, convexas.</p>
		<p>A.1.2 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade predominante entre 10 e 15 graus com valores máximos locais de até 25 graus; formas alongadas com comprimento de onda entre 2000 e 4000 metros e alongação média de 0,37; vertentes predominantemente retilíneas e convexas, por vezes côncavas.</p>
	<p><b>A.2 Morros e morrotes:</b> Padrão de drenagem dendrítico a subdendrítico; altitudes entre 800 e 1200 metros; declividade predominante entre 0 e 15 graus, apresentando localmente valores de até 25 graus.</p>	<p>A.2.1 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade média de 15 graus; formas alongadas com comprimento de onda entre 3000 e 4000 metros com alongação média de 0,3; vertentes predominantemente convexas, por vezes côncavas próximas as drenagens e retilíneas.</p>
		<p>A.2.2 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade média entre 5 e 10 graus, com valores máximos locais de até 20 graus; comprimento de onda entre 600 e 4000 metros e alongação média de 0,5; vertentes predominantemente convexas e retilíneas.</p>
B. Serra do Mar	<p><b>B.1 Serras alongadas e estreitas:</b> Padrão de drenagem dendrítico a subdendrítico; altitudes entre 900 e 1400 metros; valor da declividade média entre 5 e 15 graus, porém com declividades de até 25 graus em pontos localizados.</p>	<p>B.1.1 Amplitudes máximas de 400 metros, declividade média entre 15 e 20 graus; formas alongadas com comprimento de onda entre 2000 e 4000 metros e alongação média de 0,3; vertentes predominantemente convexas, e localmente côncavas e retilíneas.</p>
		<p>B.1.2 Amplitudes máximas de 300 metros; declividade média de 10 graus, localmente com valores de 20 graus; comprimento de onda entre 3000 e 4500 metros e alongação média de 0,8; vertentes predominantemente convexas e retilíneas.</p>
	<p><b>B.2 Serras escarpadas:</b> Padrão de drenagem subdenrítico; altitudes entre 1000 e 1700 metros; declividade com valores médios de 10 a 25 graus, com valores localmente mais elevados.</p>	<p>B.2.1 Amplitude máxima acima de 400 metros; declividade média entre 15 e 20 graus; comprimento de onda de 2000 metros e alongação de 0,4; vertentes predominantemente convexas, localmente retilíneas.</p>
		<p>B.2.2 Amplitudes máximas entre 400 e 600 metros; declividade predominante de 20 graus, com valores máximos locais de 30 graus; comprimento de onda entre 3000 e 4500 metros e alongação média de 0,77; vertentes convexas e retilíneas.</p>

# **Anexo 3**



**Legenda**

- Pontos
- Cunha
- == SP-171
- Estradas Vicinais
- drenagens
- Curvas de Nivel

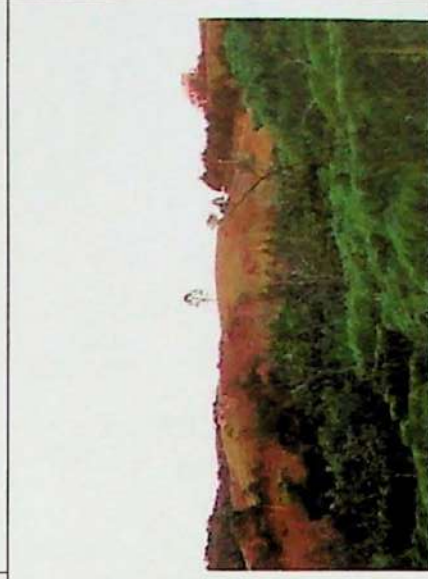
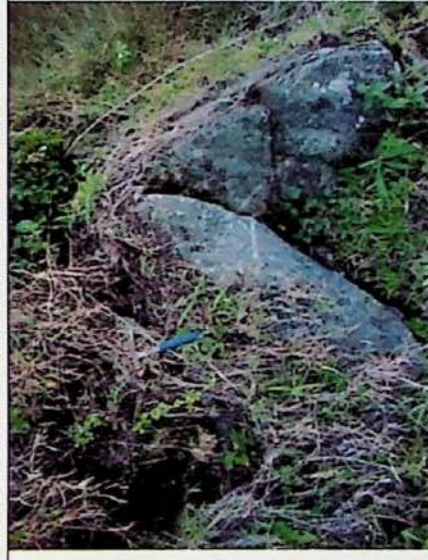




PONTO	TF-12-02	UTM: 0516846/7437286
Descrição	Afloramento de talude de corte da estrada e de talude natural.	
Litologia	Granito de granulação fina a média, equigranular, coloração amarela.	
Pedologia	Colúvio	
Risco Geotécnico	Rolamento de blocos nas encostas e escorregamento no talude de corte	
Fotos:	Talude com perfil de solo exposto e blocos rolados.	




PONTO	TF-12-03	UTM: 0516229/7438492
Descrição	Afloramento de blocos em corte da rodovia SP-171, com perfil de solo exposto	
Litologia	Granito pegmatóide com granulação média	
Pedologia	Saprolito do granito, apenas horizonte C (cambissolo)	
Risco Geotécnico	Tombamento e queda de blocos no talude de corte e rolamento de blocos nas encostas naturais	

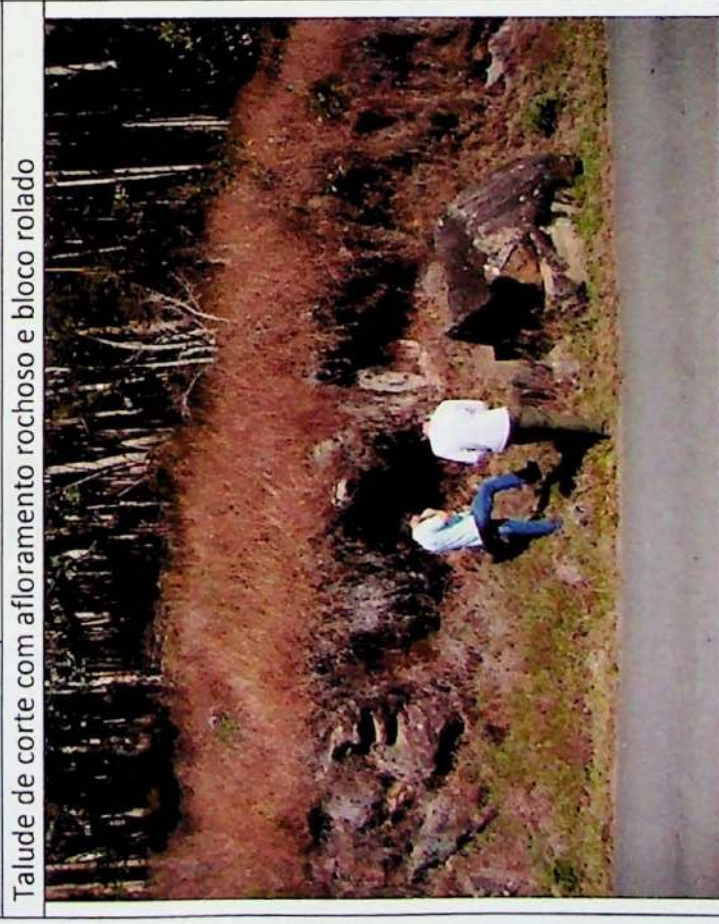
Fotos: Bloco rolado na beira da estrada



PONTO	TF-12-04	UTM: 0516467/7438315
Descrição	Afloramento de matacões pelas encostas da serra e nos taludes da rodovia SP-171, perfil de solo nos taludes	
Litologia	Granito com coloração cinza roseado, granulação média, equigranular	
Pedologia	Cambissolo com horizontes A e C	
Risco Geotécnico	Rolamento de blocos pelas encostas	
Talude de corte com bloco rolado		
	Encosta repleta de blocos passíveis de rolamento	

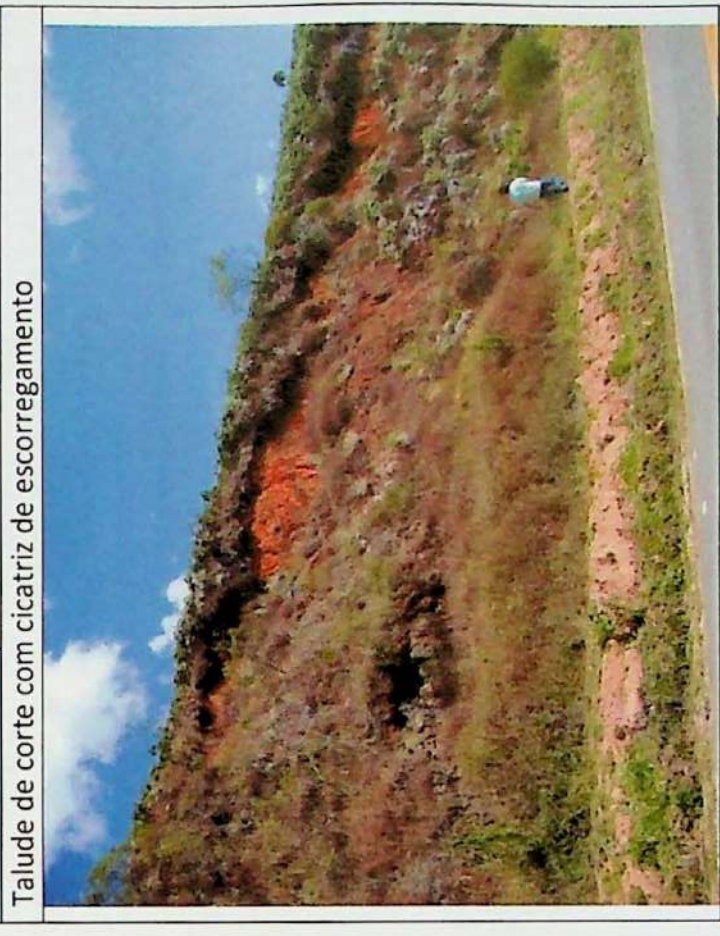
PONTO	TF-12-05	UTM: 0516121/7438576
Descrição	Afloramento em talude de corte e vista do relevo	
Litologia	Granito alterado	
Pedologia	Saprolito de granito e horizonte A (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento rasos no talude de corte, rolamento de blocos em encostas naturais	
Relevo de serras alongadas com topos agudos		

PONTO	TF-12-06	UTM: 0515800/7438809
Descrição	Afloramento de blocos rolados/caídos e <i>in situ</i> em talude de corte da rodovia	
Litologia	Granito	
Pedologia	Saprolito de granito, horizonte C (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Tombamento e queda de blocos no talude de corte e rolamento de blocos em encostas naturais	






Talude de corte com afloramento rochoso e bloco rolado

PONTO	TF-12-07	UTM: 0515610/7439077
Descrição	Perfil de solo em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Não foi observado afloramento da rocha	
Pedologia	Presença de solo residual e saprolito, horizontes A e C (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso no talude de corte, ausência de riscos por fatores naturais.	



Talude de corte com cicatriz de escorregamento

PONTO	TF-12-08	UTM: 0515112/7439321
Descrição	Afloramento de blocos e rocha <i>in situ</i> em corte da rodovia SP-171, com perfil de solo exposto	
Litologia	Granito com granulação grossa	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso em talude de corte, queda de blocos em corte da rodovia e rolamento de blocos em encostas naturais	
Queda de blocos em talude de corte		

PONTO	TF-12-09	UTM: 0514779/7439136
Descrição	Afloramento em cachoeira de rocha <i>in situ</i>	
Litologia	Gnaise com granulação fina, foliação com minerais orientados	
Pedologia	Não ocorre solo neste ponto, apenas rocha fresca	
Risco Geotécnico	Não foi observado	
Vista do afloramento de gnaise na cachoeira		


PONTO	TF-12-10	UTM: 0514519/7439360
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171, ao lado de drenagem com presença de matacões	
Litologia	Rocha quartzo-feldspática, granulação média a grossa (Gnaise)	
Pedologia	Solo residual maduro e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento em talude de corte, ausência de riscos em encostas naturais	
Drenagem com presença de matacões		





PONTO	TF-12-11	UTM: 0514427/7439359
Descrição	Afloramento de blocos em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Granito	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo) com blocos de granito no meio	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso no talude de corte e rolamento de blocos em encostas naturais	
Talude de corte com matacões de granito		



PONTO	TF-12-12	UTM: 0514364/7439817
Descrição	Talude de corte concretado na rodovia SP-171	
Litologia	Granito	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento em talude de corte	
Sem Fotos		

PONTO	TF-12-13	UTM: 05144125/7439571
Descrição	Afloramento em talude de corte em área de apoio da rodovia	
Litologia	Granito	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Talude de corte para área de apoio com perfil de solo exposto.		
		

PONTO	TF-12-14	UTM: 0513876/7439653
Descrição	Afloramento de rocha e blocos em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Granito inequigranular, granulação média a grossa	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento no talude de corte, ausência de riscos em taludes naturais	
Talude de corte e natural com blocos rolados		
		

PONTO	TF-12-15	UTM: 0513555/7439649
Descrição	Afloramento de blocos e rocha em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Granito	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento em talude de corte	
Talude de corte com solo e blocos de granito		
		

PONTO	TF-12-16	UTM: 0513131/7439625
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171, perfil de solo exposto, presença de blocos roladas nas encostas naturais	
Litologia	Granito	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Rolamento de blocos em encostas naturais	
Blocos rolados nas encostas naturais		



PONTO	TF-12-17	UTM: 0510394/7441155
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Rocha quartzo-feldspática com cristais de quartzo estirados (foliação milonítica), provável gnaíse	
Pedologia	Saprolito, horizonte C (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Rocha quartzo feldspática com foliação milonítica		



PONTO	TF-12-18	UTM: 0509839/7441310
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171, com perfil de solo exposto	
Litologia	Gnaise	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso no talude de corte, ausência de riscos em taludes naturais	
Escorregamento raso em talude de corte		



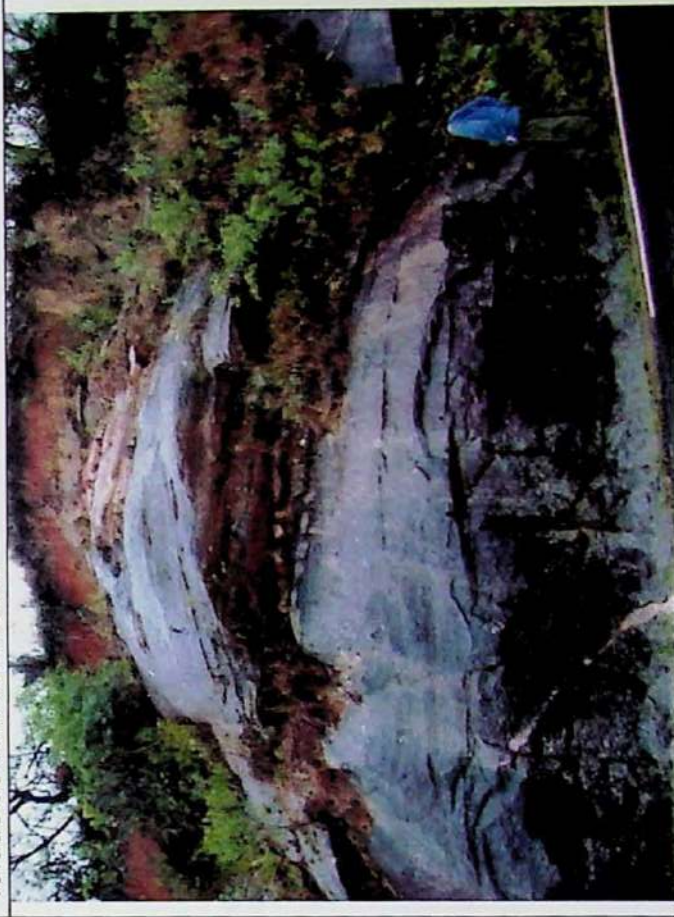
PONTO	TF-12-19	UTM: 0507328/7441024
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Ausência da rocha neste ponto	
Pedologia	Solo residual, provável horizonte B incipiente e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Perfil de solo com horizontes pedológicos		






PONTO	TF-12-20	UTM: 0507280/7441983
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaise com um dique de Diabásio	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Talude de corte com blocos rolados de diabásio		






PONTO	TF-12-21	UTM: 0506852/7442042
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaise	
Pedologia	Rocha fresca, ausência de horizontes pedológicos	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Talude de corte em rocha		



PONTO	TF-12-22	UTM: 0506737/7442142
Descrição	Afloramento em talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaise com granulação média a fina, foliado	
Pedologia	Saprolito, horizonte C (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento em talude de corte, ausência de riscos em taludes naturais	
Talude de corte com rocha e blocos rolados		
		

PONTO	TF-12-23	UTM: 0502580/7444910
Descrição	Afloramento em talude de corte de estrada vicinal	
Litologia	Gnaise com foliação milonítica	
Pedologia	Solo bem desenvolvido com horizontes A, B e C, possível transição entre Cambissolo e Latossolo (Argissolo ?)	
Risco Geotécnico	Feições de erosão linear apenas no horizonte C, condicionados pela foliação da rocha e escorregamentos rasos em taludes naturais	
Perfil do solo (Argissolo?)		
Escorregamento raso em talude natural (vista para NW)		

PONTO	TF-12-24	UTM: 0500658/7444710
Descrição	Observação de taludes naturais em estrada vicinal	
Litologia	Gnaisse	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamentos rasos condicionados pelo pisoteamento de gado, e escorregamentos rasos em encostas	
Escorregamento por pisoteamento de gado		

PONTO	TF-12-25 a/b	UTM: a: 0499946/7444569 b: 0499522/7443791
Descrição	Talude de corte de estrada vicinal e vista geral do relevo	
Litologia	Gnaisse	
Pedologia	Solo residual e saprolito (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento no horizonte A, em talude de corte	
Escorregamento em talude de corte da estrada vicinal		

PONTO	TF-12-26	UTM: 0515888/7440225
Descrição	Afloramento em estrada vicinal	
Litologia	Granito	
Pedologia	Depósito de tálus e colúvio	
Risco Geotécnico	Escorregamento de solo e rocha em encosta natural	

Provável de depósito de tálus, com solo e rocha, provenientes do vale.



PONTO	TF-12-27	UTM: 0517589/7439661
Descrição	Afloramento em cachoeira	
Litologia	Granito	
Pedologia	Material transportado, talvez por "Debris Flows"	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	

Cachoeira em um vale, formada devido a movimentações de massa que fizeram aflorar o lençol freático, o solo ao redor é transportado, sendo um misto de solo e rocha ("Debris Flows")



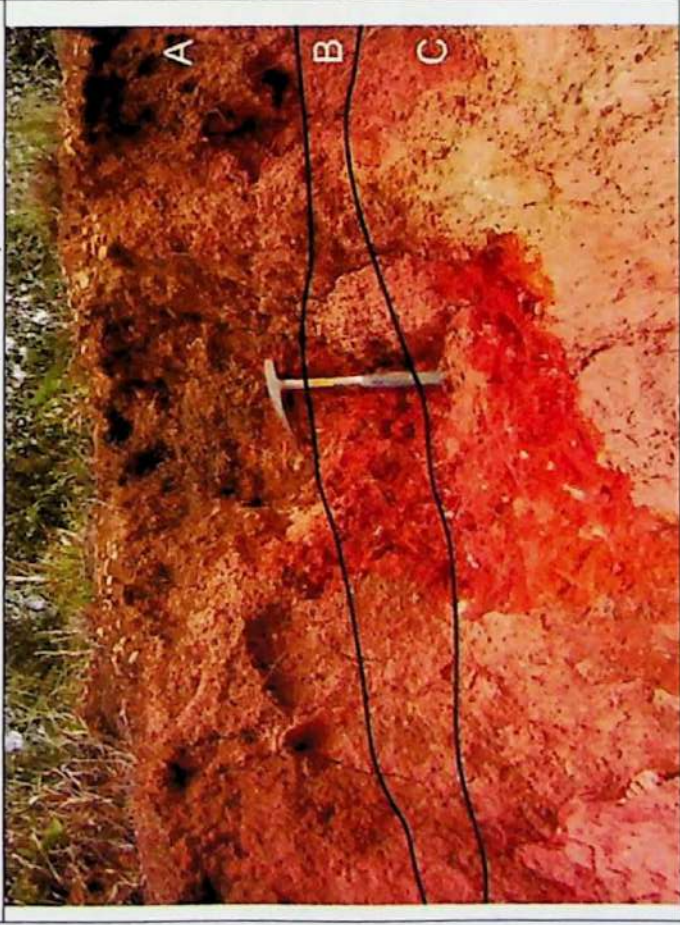
PONTO	TF-12-28	UTM: 05171113/7439724
Descrição	Talude natural de encosta, em estrada vicinal	
Litologia	Granito	
Pedologia	Provável evento de "Debris Flows", material transportado composto por solo e blocos de rocha	
Risco Geotécnico	Aparentemente nenhum evento recente	
Solo e blocos de rochas transportados ("Debris Flows")		



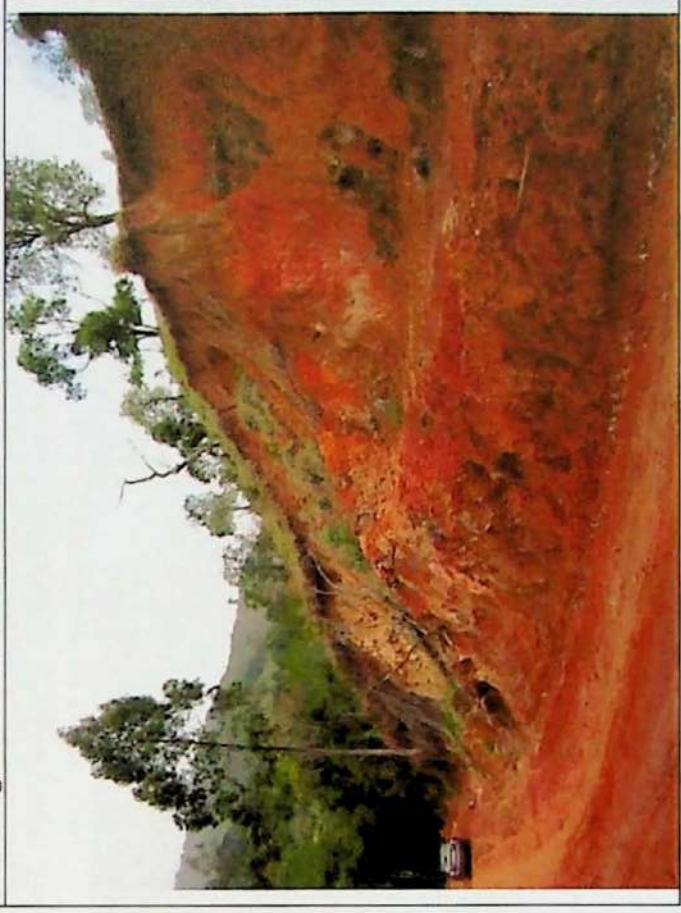
PONTO	TF-12-29	UTM: 0501403/7441911
Descrição	Vista geral do relevo em estrada vicinal	
Litologia	Não foi observada	
Pedologia	Área de planície aluvionar (Neossolo)	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Ao fundo relevo com declividade muito baixa (5-10º) e ao lado planície aluvionar (Neossolos)		






PONTO	TF-12-30	UTM: 0512161/7441951
Descrição	Perfil de solo em barranco de estrada vicinal	
Litologia	Gnaiss com foliação milonítica	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), com horizonte B incipiente (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Perfil de Cambissolo com horizontes A e C, e B incipiente		





PONTO	TF-12-31	UTM: 0512647/7441800
Descrição	Talude de corte em estrada vicinal	
Litologia	Granito de granulação muito fina	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso no talude de corte, ausência de problemas em taludes naturais	
Escorregamento raso em talude de corte da estrada		



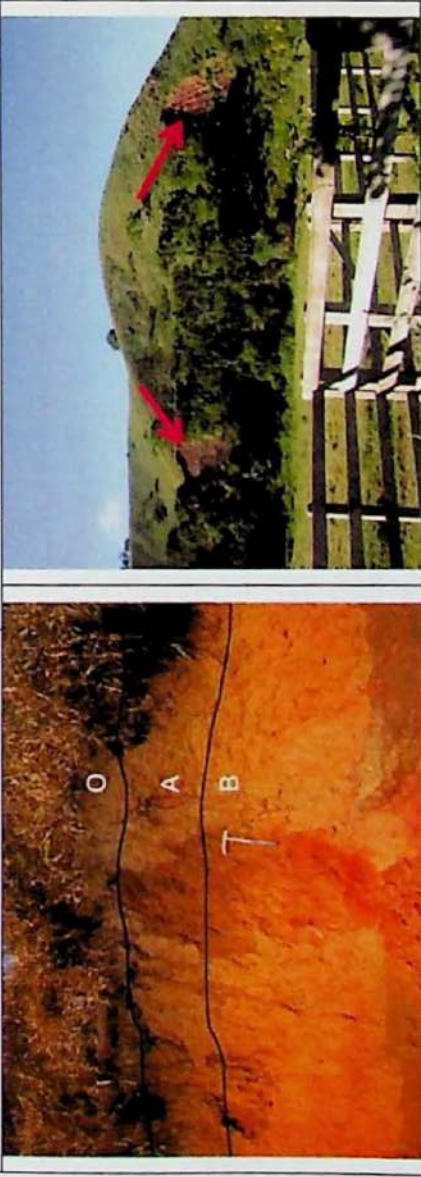
PONTO	TF-12-32	UTM: 0513486/7443035
Descrição	Talude de corte em estrada vicinal	
Litologia	Granito de granulação grossa	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo. Aparente presença de depósito coluvionar	
Risco Geotécnico	Instabilizações no talude de corte	
	Instabilizações no talude de corte	Provável depósito coluvionar com solo e alguns blocos de rocha
		


PONTO	TF-12-33	UTM: 0512813/7443418
Descrição	Vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
	Relevo com vertentes convexas e retilíneas, e declividades > 15º	
		



PONTO	TF-12-34 a/b	UTM: a: 0512598/7443977 b: 0512722/7444747
Descrição	Vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Não observado	
Risco Geotécnico	Ocorrem blocos rolados pelas encostas do relevo com maiores declives	
Mar de morros com topos arredondados e vertentes convexas		
Risco Geotécnico	Morros com declives >20° e com blocos rolados nas encostas	

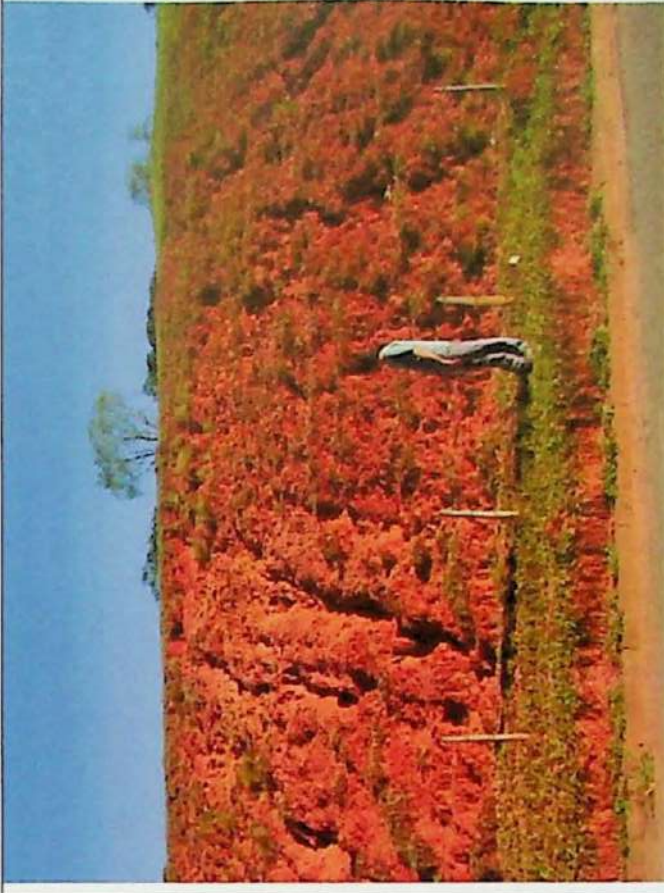
PONTO	TF-12-35	UTM: 0512159/7445477
Descrição	Talude de corte de estrada vicinal	
Litologia	Gnaíse de granulação fina com foliação milonítica	
Pedologia	Solo com horizontes A, B e C, provável transição entre Latossolo e Cambissolo (Argissolo?)	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Perfil de solo com horizontes A, B e C, com horizonte B textural, Argissolo?		



PONTO	TF-12-36 a/b/c	UTM: a: 0511671/7446595 b: 0510014/7447321 c: 0509754/7447567
Descrição	Perfil de solo em barranco da estrada vicinal e vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Presença de horizontes O, A e B, Latossolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso em talude natural	
Latossolo, com horizonte B textural		
		

PONTO	TF-12-37	UTM: 0507727/7447074
Descrição	Talude de corte da estrada vicinal	
Litologia	Biotita-quartzo-muscovita xisto	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Afloramento do xisto em barranco da estrada		
		

PONTO	TF-12-38	UTM: 0507157/7447481
Descrição	Talude de corte da estrada vicinal e vista geral do relevo	
Litologia	Biotita-quartzo-muscovita xisto	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito de xisto (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Perfil de solo do xisto	Vista do relevo com morros de topos arredondados e vertentes convexas	
		

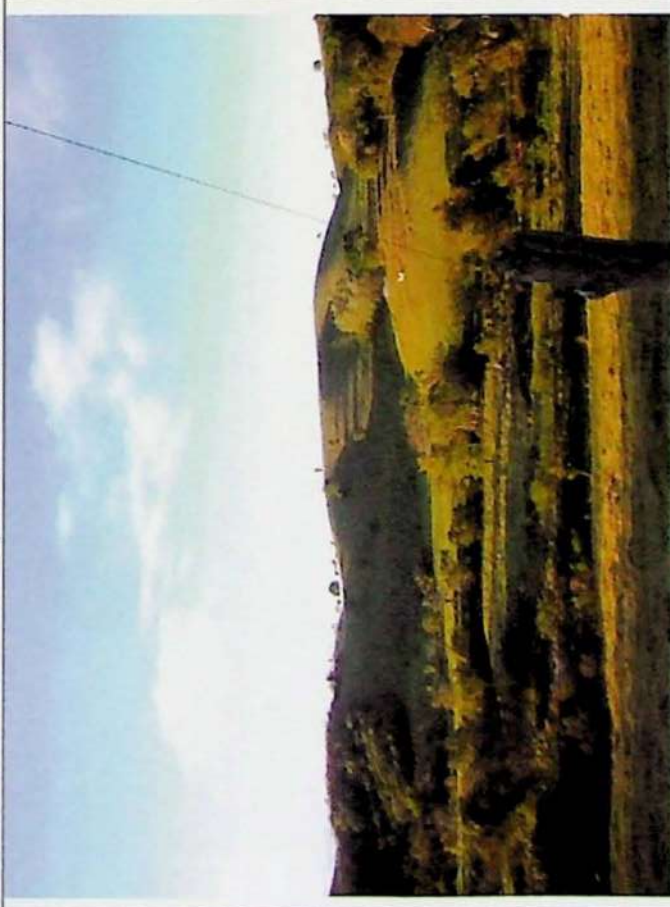
PONTO	TF-12-39	UTM: 0506225/7449100
Descrição	Talude natural ao lado da estrada natural	
Litologia	Xisto com camadas de quartzito	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito do xisto (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Feições erosivas lineares do tipo Sulcos	
Feições de erosão linear (Sulcos) devido ao aspecto siltoso do solo proveniente do xisto		
		

PONTO	TF-12-40	UTM: 0503671/7448030
Descrição	Barranco na em rua da cidade de Cunha	
Litologia	Gnaise com foliação milonítica	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito do gnaise (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Sem fotos		

PONTO	TF-12-41	UTM:
Descrição	Vista geral do relevo e afloramento em barranco da estrada vicinal	
Litologia	Gnaise foliado	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito do gnaise (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso em talude natural	
Aparentemente dois escorregamentos que se juntam, em talude natural (vista para NW)		



PONTO	TF-12-42	UTM: 0502194/7453257
Descrição	Vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Não observado	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Relevo de morrotes com topos arredondados e vertentes convexas		



PONTO	TF-12-43	UTM: 0504694/7456823
Descrição	Talude de corte da estrada vicinal	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Depósito de tálus e colúvio, solo coluvionar	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Material transportado composto por solo e blocos de rocha		






PONTO	TF-12-44	UTM: 0497858/7442546
Descrição	Vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamentos rasos condicionados pelo psoteamento de gado	
Vista do relevo composto por morros baixos e morrotes com topos arredondados e vertentes convexas, presença de escorregamento em talude natural		



PONTO	TF-12-45	UTM: 0497607/7442066
Descrição	Vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Vista do relevo composto por morros baixos e morrotes de topos arredondados, transição para morros altos com topos mais agudos (Vista para NW)		



PONTO	TF-12-46 a/b	UTM: a: 0496754/7441329 b: 0496550/7441373
Descrição	Barranco com perfil de solo na estrada vicinal e vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Pequenos escorregamentos rasos em taludes naturais	
Transição de um relevo com morros e morrotes arredondados para um relevo de morros altos e topos agudos (vista para NW)		<p>Transição de um relevo de morrotes com topos arredondados para um relevo de morros e talvez serras, com topos agudos (vista para SW). Ocorrem alguns pequenos escorregamentos nas encostas dos morrotes</p> 

PONTO	TF-12-47	UTM: 0495639/7441965
Descrição	Vista geral do relevo	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamentos rasos em talude natural	
Morros alongados com topos arredondados, presença de escorregamentos em talude natural		

PONTO	TF-12-48	UTM: 0511722/7450198
Descrição	Barranco a estrada vicinal e vista geral do relevo	
Litologia	Gnaiss	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamentos rasos em talude natural	
Vista do relevo de morros e morrotes alongados com topos arredondados com presença de escorregamentos nos taludes naturais		



PONTO	TF-12-49	UTM:
Descrição	Barranco da estrada vicinal com perfil de solo exposto	
Litologia	Gnaiss foliado com bolsões pegmatíticos	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Cambissolo com horizontes A e C		



PONTO	TF-12-50	UTM: 0506999/7449428
Descrição	Talude de corte da estrada vicinal	
Litologia	Gnaise com foliação milonítica	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento no talude de corte da estrada	
Escorregamento raso, apenas no horizonte A		



PONTO	TF-12-51	UTM: 0499575/7453982
Descrição	Vista geral do relevo sendo possível observar a cidade de Cunha encaixada entre os morros. Barranco na beira da estrada	
Litologia	Gnaise	
Pedologia	Presença de horizontes A, B e C, o B ocorre levemente textural, Latossolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	

Observa-se a transição do relevo de mar de morros para a serra, ao fundo da imagem. A cidade de Cunha está entre os morros.

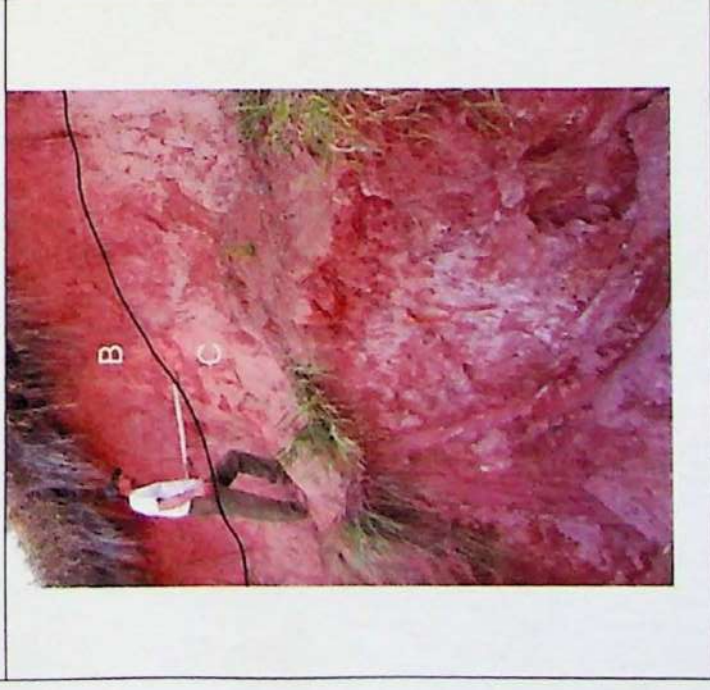


PONTO	TF-12-52	UTM: 0498099/7453746
Descrição	Apenas ponto de caminhamento	
Litologia	Não observado	
Pedologia	Não observado	
Risco Geotécnico	Não observado	
Sem fotos		

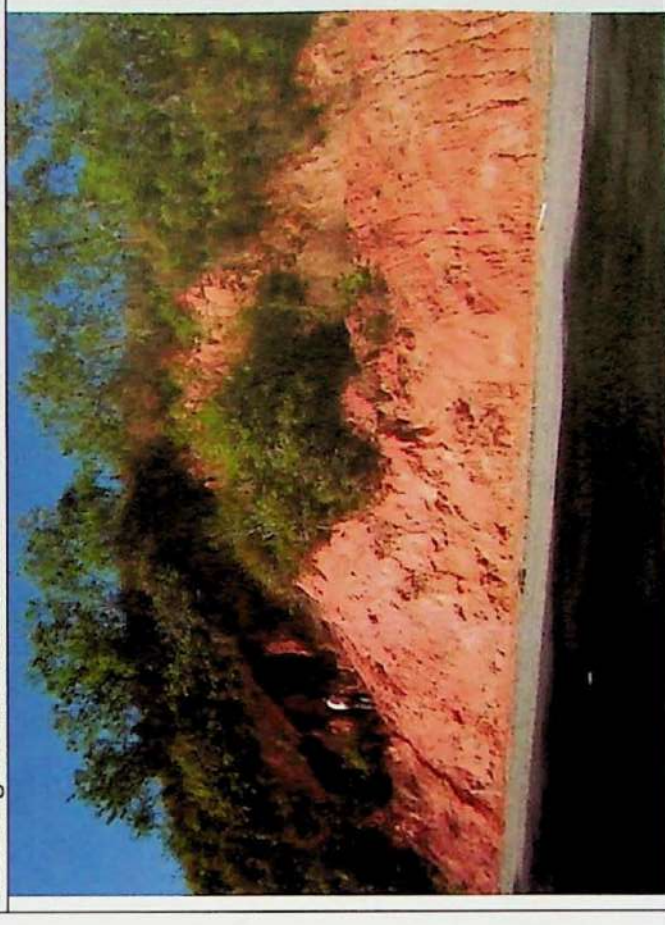
PONTO	TF-12-53	UTM: 0497753/7453753
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Mica xisto	
Pedologia	Solo com horizontes B e C, Latossolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Perfil de solo com horizontes B e C, horizonte B textural		



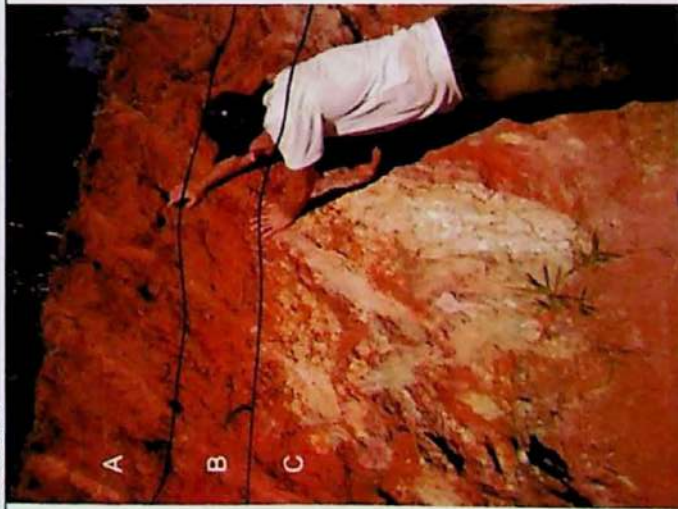
PONTO	TF-12-54	UTM:
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Rocha quartzo-feldspática, provável gnaisse	
Pedologia	Solo com horizonte A pouco espesso, horizonte B textural e saprolito (C), Latossolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Perfil de solo com horizontes B e C		



PONTO	TF-12-55	UTM:
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaisse	
Pedologia	Apenas horizonte C (saprolito), provável Latossolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso em talude de corte	
Escorregamento raso em talude de corte		



PONTO	TF-12-56	UTM: 0500454/7450263
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaiss	
Pedologia	Solo com horizontes A, B e C, Latossolo	
Risco	Ausente neste ponto	
Geotécnico		
Perfil de solo horizontes A, B e C, horizonte B textural		



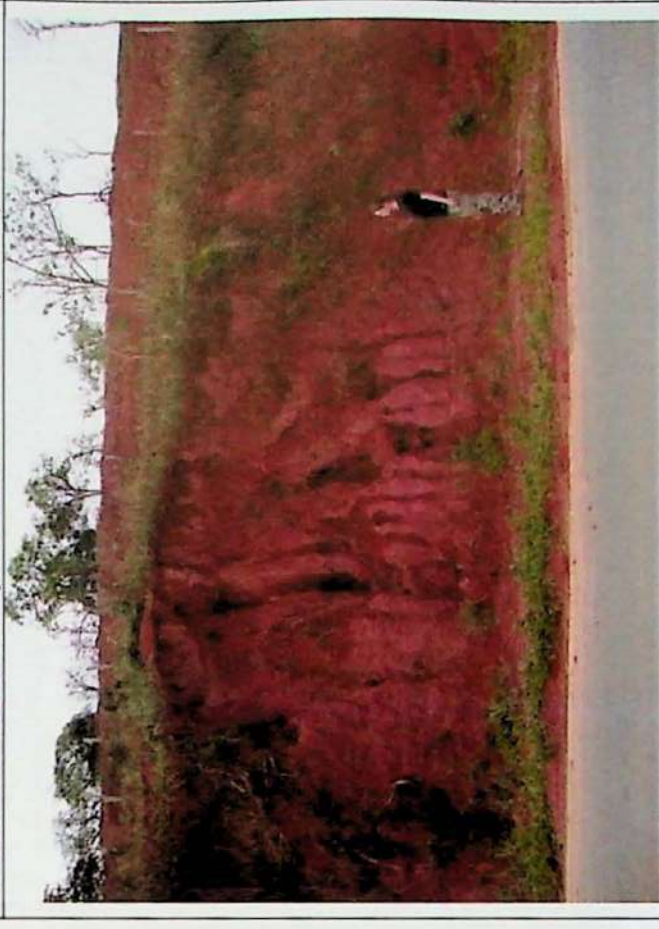
PONTO	TF-12-57 a/b	UTM: a: 0506058/7443496 b: 0505997/7443570
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Contato entre rocha quartzo-feldspática de foliação milonítica (gnaiss) com um muscovita xisto	
Pedologia	Saprolito do gnaiss e do xisto, apenas horizonte C (Cambissolo)	
Risco	Ausente neste ponto	
Geotécnico		
Saprolito do gnaiss (horizonte C) no talude de corte		





PONTO	TF-12-58	UTM: 0505421/7443829
Descrição	Talude de corte da rodovia da SP-171	
Litologia	Gnaiss milonitizado	
Pedologia	Saprolito do gnaiss, apenas horizonte C (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Ausentes neste ponto	
Talude de corte da rodovia, sem feições erosivas		




PONTO	TF-12-59	UTM: 0505308/7443922
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaiss	
Pedologia	Saprolito do gnaiss, apenas horizonte C (Cambissolo).	
Risco Geotécnico	Feições de erosão linear (sulcos) condicionados pela estrutura da rocha	
Talude de corte com feições erosivas lineares (sulcos)		



PONTO	TF-12-60	UTM: 0505140/7444169
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaiss	
Pedologia	Saprolito de gnaiss, apenas horizonte C (Cambissolo)	
Risco Geotécnico	Escorregamento raso do talude de corte	
Cicatriz de escorregamento raso em talude da rodovia		
		

PONTO	TF-12-61	UTM: 0504965/7444210
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaiss	
Pedologia	Solo residual (A) e saprolito (C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente	
Talude recém escavado da rodovia SP-171		
		

PONTO	TF-12-62	UTM: a:0504552/7445720
Descrição	Talude de corte concretado da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaise ultramilonito	
Pedologia	Não observado	
Risco Geotécnico	Talude concretado	
Talude de corte concretado		
	Detalhe do gnaise com foliação milonítica	

PONTO	TF-12-63	UTM: 0508631/7441300
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171 com gabiões	
Litologia	Gnaise	
Pedologia	Solo residual maduro com blocos de rocha, Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Sem fotos		

PONTO	TF-12-64 a/b/c	UTM: a: 0504310/7446033 b: 0504888/7446303 c: 0504217/7447109
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Xisto de granulação fina a média com camadas quartzosas	
Pedologia	Saprolito (apenas horizonte C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Vista do relevo para E, relevo de morros e morrotes possível observar a cidade de Cunha.		



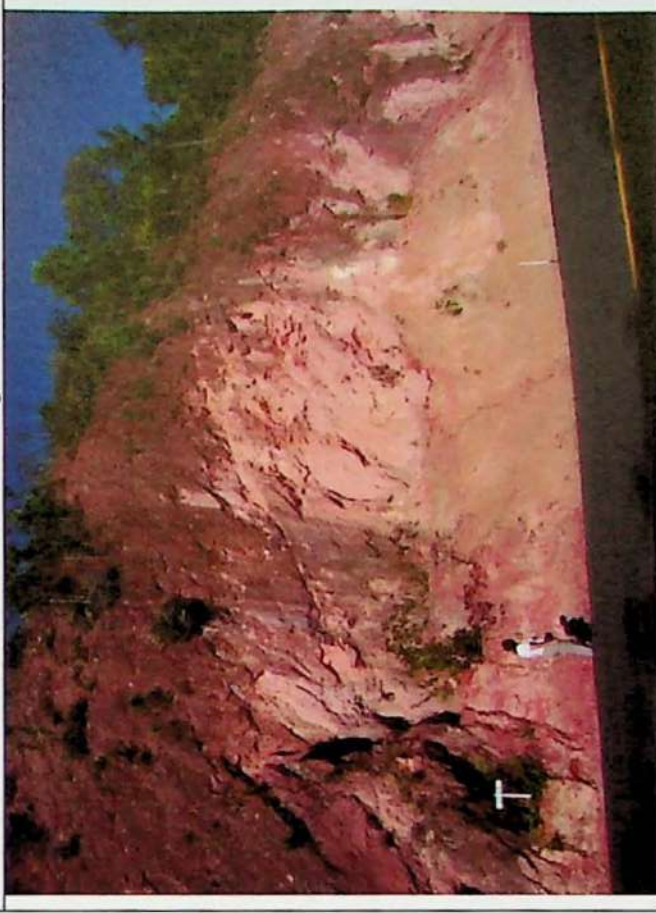
PONTO	TF-12-65	UTM: 0503886/7447240
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171 com escorregamento e vista geral do relevo	
Litologia	Gnaisse	
Pedologia	Saprolito (apenas horizonte C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento em talude de corte	
Escorregamento raso em talude de corte		

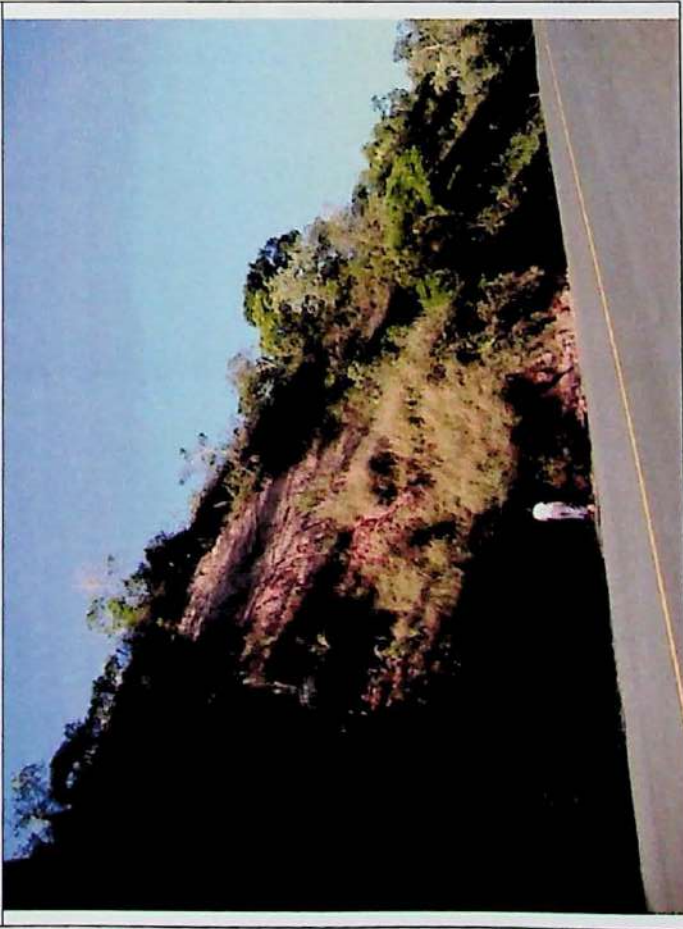


PONTO	TF-12-66	UTM: 0503584/7447556
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaiss	
Pedologia	Solo residual maduro e saprolito, talvez Latossolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento em talude de corte	
Escorregamentos raso em talude de corte		



PONTO	TF-12-67 a/b	UTM: a: 0503511/7448373 b: 503445/7448470
Descrição	Talude de corte da rodovia SP-171	
Litologia	Gnaiss	
Pedologia	Solo residual jovem, saprolito (horizonte C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Escorregamento em talude de corte	
Talude de corte com material escorregado		



PONTO	TF-12-68	UTM: 0501810/7450255
Descrição	Talude de corte da rodovia da SP-171	
Litologia	Gnaisse	
Pedologia	Saprolito (apenas horizonte C), Cambissolo	
Risco Geotécnico	Ausente neste ponto	
Talude de corte com material escorregado		
		

# Anexo 4



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

TERMO DE REFERÊNCIA PARA O ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E  
RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL DO “PROJETO SANTA QUITÉRIA – UNIDADE  
DE PRODUÇÃO DE URÂNIO”

OUTUBRO  
2007

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA .....	4
2.1. Caracterização do Empreendimento .....	4
2.1.1. <i>Histórico do empreendimento</i> .....	4
2.1.2. <i>Informações gerais</i> .....	4
2.1.3. <i>Órgão Financiador</i> .....	4
2.1.4. <i>Análise de Alternativas Tecnológicas e Locacionais</i> .....	4
2.1.5. <i>Descrição do empreendimento</i> .....	4
a) Caracterização do local .....	4
b) Localização .....	4
c) Processo de lavra .....	5
c) Beneficiamento .....	6
d) Insumos .....	6
e) Produção do ácido sulfúrico .....	7
f) Produção do Yellow-cake .....	7
g) Efluentes Líquidos .....	8
h) Resíduos Sólidos .....	8
i) Emissões atmosféricas .....	8
j) Ruídos .....	9
k) Recursos Humanos .....	9
l) Risco de Incêndio .....	9
2.1.6. <i>Delimitação das áreas de influência do empreendimento</i> .....	9
2.2. Diagnóstico Ambiental .....	10
2.3.1. <i>Meio físico</i> .....	10
2.3.2. <i>Meio Biótico</i> .....	13
2.3.3. <i>Meio Sócioeconômico</i> .....	14
a) Dinâmica populacional .....	14
b) Infra-estrutura .....	15
c) Dinâmica Territorial - Uso e Ocupação do Solo .....	16
d) Patrimônio, Cultural e Arqueológico .....	16
e) Comunidades Indígena, Quilombola e Populações Tradicionais .....	16
2.4. Análise Integrada .....	17
2.5. Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais .....	17
2.6. Medidas Mitigadoras e Compensatórias – Programas Ambientais .....	18
3. ANÁLISE DE RISCOS .....	19
3.1. Descrição das Instalações .....	19
3.2. Descrição dos Produtos Químicos .....	19
3.3. Identificação dos Perigos .....	19
3.4. Estimativa das Frequências .....	19
3.5. Cálculo das Conseqüências .....	19
3.6. Estimativa e Avaliação de Riscos .....	20
3.7. Medidas para Minimização e Reavaliação de Riscos .....	20
3.8. Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) .....	20
3.9. Plano de Ação de Emergência (PAE) .....	20
4. PLANO DE DESCOMISSIONAMENTO .....	21
5. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA) .....	21
6. BIBLIOGRAFIA .....	22
7. GLOSSÁRIO .....	22
8. EQUIPE TÉCNICA .....	22

## 1. INTRODUÇÃO

Este Termo de Referência tem como objetivo determinar os procedimentos e os critérios para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), referente ao empreendimento denominado "Projeto Santa Quitéria", localizado na Fazenda Barrigas, município de Santa Quitéria (CE). O empreendimento proposto pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), compreende a lavra, beneficiamento e o processamento do minério colofanito para a produção de ácido fosfórico e yellow-cake (concentrado de urânio). O processo de beneficiamento de ambos produtos será por abertura ácida – solubilização, requerendo adicional instalação de planta de ácido sulfúrico.

Deve-se ressaltar que o empreendimento em questão já conta com um processo de licenciamento no âmbito do órgão ambiental do Estado do Ceará – Superintendência Estadual do Ceará (SEMACE) – considerando apenas a extração do minério e seu respectivo beneficiamento para a produção de ácido fosfórico, não abrangendo a avaliação de impacto ambiental relacionada à produção de concentrado de urânio, cuja competência é do IBAMA. Através do processo de licenciamento ambiental conduzido pelo órgão estadual, as atividades de lavra do minério colofanito e seu beneficiamento para a produção de ácido fosfórico já contam com a Licença Prévia nº 1413/2004-COPAM/NUCAM, de 23/09/2004, com validade de um ano e com a Licença de Instalação nº 2164/2004-COPAM/NUCAM, de 30/09/2004, com validade até 30/09/2005, a qual foi renovada em 31/08/2005 através da Licença de Instalação nº 172/2005-COPAM/NUCAM, válida até 31/08/2007.

Em 07/10/2004 foi solicitado ao IBAMA o licenciamento ambiental do Projeto Santa Quitéria, contemplando somente a produção de concentrado de urânio. Desta forma, o presente Termo de Referência estabelece as exigências a serem atendidas para a continuidade do processo de licenciamento ambiental federal do empreendimento.

Sendo assim, o IBAMA procede ao licenciamento ambiental deste empreendimento em conformidade com o art. 4º, inciso IV, da Resolução CONAMA nº 237/1997, o qual estabelece que:

*"Art. 4º Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executor do SISNAMA, o licenciamento ambiental, a que se refere o artigo 10 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber:*

*IV- destinados a pesquisar, lavar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN";*

## 2. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA

O EIA é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (art. 9º, III da Lei Federal 6.938, de 31/08/1981), sendo um documento de natureza técnico-científica e administrativa, que tem como finalidade avaliar os impactos ambientais gerados por atividades e/ou empreendimentos potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental e propor medidas mitigadoras e de controle ambiental, garantido assim o uso sustentável dos recursos naturais. Este estudo se desenvolverá em conformidade com a Resolução CONAMA 001/86, considerando o Estudo de Impacto Ambiental já submetido à SEMACE como parte dos requisitos para o licenciamento ambiental estadual, devendo apresentar as devidas complementações exigidas através deste Termo de Referência.

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

#### 2.1.1. Histórico do empreendimento

Neste tópico deverá ser feito um relato histórico do empreendimento, desde a sua concepção inicial até a presente data.

#### 2.1.2. Informações gerais

Descrição dos objetivos do projeto e de sua relevância econômica, social e política, nas esferas regional, estadual, nacional e internacional.

Informações sobre a localização (incluindo mapas e coordenadas geográficas, em escala adequada) acesso e unidades de conservação federais, estaduais e municipais que estejam localizadas em um raio mínimo de 10 km a partir dos limites do empreendimento.

#### 2.1.3. Órgão Financiador

Apresentar cronograma físico-financeiro, identificando as principais atividades das etapas de instalação e operação do empreendimento, incluindo o custo total de implantação do empreendimento e Órgão financiador.

#### 2.1.4. Análise de Alternativas Tecnológicas e Locacionais

Deverão ser analisadas todas as alternativas tecnológicas e de localização, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto.

Deverão ser abordadas as alternativas tecnológicas que foram estudadas para lavra, beneficiamento, barragem de rejeitos e ainda todos os tipos de bota-fora que não forem considerados "rejeitos", justificando as escolhas efetuadas.

Apresentar estudo de alternativas locacionais para a usina de beneficiamento e estruturas de apoio a serem implantadas, com avaliação das vantagens e desvantagens de cada uma, sob o ponto de vista ambiental.

#### 2.1.5. Descrição do empreendimento

##### a) Caracterização do local

- Caracterização com relação aos valores basais dos vários elementos químicos ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{230}\text{Th}$ , Mn, Ba, F, Cl, P, N e demais metais pesados). Esta caracterização deve ser realizada nos diversos compartimentos ambientais, são eles: solo, água subterrânea, água superficial, atmosfera e biota (peixes e macrófitas aquáticas).

##### b) Localização

- ◆ Apresentar mapa em escala 1:100.000, contendo os seguintes elementos:
  - Limites da propriedade;
  - Estradas e vias de acesso (com legenda específica para tipo de pavimento);
  - Áreas protegidas (incluindo reservas legais de propriedades lindeiras);
  - Principais núcleos urbanos da área de influência;
  - Limites dos municípios de Santa Quitéria e Itatira.
- ◆ Apresentar mapa em escala 1:20.000, (de preferência com topografia no plano de fundo) contendo os seguintes elementos:
  - Limites da propriedade, com identificação das propriedades vizinhas;
  - Poligonal delimitadora das áreas de extração, autenticada pelo DNPM e processos vizinhos ativos com os dados essenciais, poligonal ativa, diplomas e substancias requeridas ;
  - Localização, delimitação e quantificação da área a ser minerada, das usinas de beneficiamento, das áreas de estocagem e disposição de minério, resíduos, estéril, rejeito e efluentes;
  - Localização das estradas e vias de acesso existentes e planejadas;
  - Localização das drenagens naturais sejam elas intermitentes ou perenes;
  - Localização de reservatórios de água sejam superficiais ou subterrâneos, bem como de poços artesianos;
  - Áreas protegidas, incluindo reservas legais;
  - Áreas habitadas;

#### c) Processo de lavra

- Descrever os aspectos geológicos, geotécnicos, atividades de pesquisa e reservas minerais;
- Caracterização e quantificação do minério (quais os minerais presentes e em que proporção); previsão da produção de material estéril (com sua caracterização físico-química dos elementos radioativos e não radioativos) e rejeitos provenientes da extração mineral (com sua caracterização físico-química dos elementos radioativos e não radioativos);
- Caracterização, manuseio, transporte e destinação das rochas encaixantes e material de rejeito mineralizado ou não;
- Localização e diagnóstico ambiental da área de disposição dos rejeitos de lavra.
- Demonstrar o balanço hídrico, a outorga dos recursos hídricos e a demanda energética para o processo produtivo. Disponibilidade de recursos hídricos e suprimento para o empreendimento;
- Previsão de produção e vida útil da mina com seus respectivos volumes a serem lavrados e reservas minerais;
- Método de lavra e operações envolvidas (desmatamento, decapeamento, perfuração, desmonte, escavação, carregamento, transporte etc);

- Descrição esquemática da jazida;
- Especificar o tipo de transporte a ser utilizado, a distância com o traçado (estrada, correia transportadora) e o arranjo geral da área do beneficiamento.

#### c) Beneficiamento

- Descrição detalhada do projeto, construção e operação da usina de beneficiamento;
- Caracterizar e detalhar o manuseio, destinação final e tratamento dos rejeitos e/ou resíduos.
- Caracterizar todos os insumos (teor de pureza e identidade das substâncias químicas) a serem utilizados no beneficiamento;
- Medidas de controle do teor de urânio presente na fração não associada ao fosfato, que é eliminada com o rejeito no processo de flotação direta;
- Demonstrar o balanço hídrico e a demanda energética para o processo produtivo.
- Descrição detalhada de sistemas de engenharia incluindo sistema de ventilação, controle de póeira e filtragem de ar;
- Capacidade nominal, diária e anual da usina e a recuperação e composição previstas dos concentrados, ligas, escórias e resíduos e do mecanismo de alimentação da usina;
- Descrição do sistema de bombeamento, incluindo a capacidade e o equipamento projetado para controlar vazamentos;
- Localização das salas de estações de controle, das instalações de armazenagem de minérios, dos chuveiros de segurança, primeiros socorros, refeitórios, exaustores de gases e seus pontos de descarga, banheiros, sistema de esgotamento sanitário, águas servidas e outras instalações de segurança e radioproteção, chaminés e locais para lavar os olhos;
- Descrição do sistema de emergência e sua capacidade;
- Descrição de todos os laboratórios da usina, incluindo equipamento técnico e sua capacidade analítica;
- Apresentar projeto detalhado do laboratório de análise físico-química, com localização na planta industrial, especificar os equipamentos e a relação dos reagentes químicos utilizados, com os respectivos quantitativos de consumo, sistema de transporte, armazenagem e estocagem;
- Descrição do tipo de embalagem para o acondicionamento e os meios de armazenagem dos concentrados;
- Descrição das medidas projetadas para controlar as saídas de emergência do local da usina.

#### d) Insumos

- Relatar os principais insumos relativos aos processos produtivos e às atividades de apoio operacional;
- Apresentar de forma descritiva, com diagrama de blocos e na forma de fluxograma detalhado, a utilização dos insumos pelo empreendimento;

- Especificar e descrever os produtos químicos e acessórios a serem utilizados, abordando a sua forma de utilização, transporte, volume de consumo, forma de armazenamento e estocagem, aspectos de segurança, sub-produtos, resíduos gerados, grau de toxicidade, destinação final e descarte;
- Óleo combustível utilizado na geração de energia, caracterizando seu transporte, transferência, local e formas de acondicionamento e de armazenamento, manuseio, volume médio armazenado, frequência e volumes transportados;
- Indicar as fontes, o transporte, o manuseio, o armazenamento e as vazões (máximas e mínimas) para o consumo de água potável e/ou industrial, bem como o respectivo período de bombeamento, adução, reservação e a distribuição;
- Relacionar todos os usos dos recursos hídricos (processo de exploração, os usos domésticos, alimentação, limpeza, sanitários, etc), indicando a vazão máxima e mínima em cada forma de uso, com análise de qualidade da água, mapas dos pontos de coleta e descarte, incluindo todo o sistema.

#### e) Produção do ácido sulfúrico

- Descrição detalhada da unidade de produção, contendo toda cadeia operacional, com justificativas para a tecnologia adotada no processamento do produto final.
- Apresentar de forma descritiva e quantitativa a utilização, consumo, transporte, armazenamento, estocagem, grau de toxicidade e destinação final de cada produto químico utilizado no processo químico.
- Caracterização físico-química dos subprodutos, rejeitos e resíduos obtidos (identidade e teor), em cada uma das fases do processo, até a obtenção do produto final.
- Identificar todos os efluentes industriais: líquidos, sólidos e gasosos (identidade das substâncias e teor) gerados no processo, indicando os equipamentos para proteção da qualidade ambiental, descarte e destinação final.
- Demonstrar o balanço hídrico e a demanda energética para o processo produtivo.

#### f) Produção do Yellow-cake

- Descrição detalhada da unidade de produção, com justificativas para a tecnologia adotada no processamento do produto final.
- Apresentar de forma descritiva e quantitativa a utilização, consumo, transporte, armazenamento, estocagem, grau de toxicidade, teor de pureza e destinação final dos produtos químicos utilizados no processo químico.
- Caracterização físico-química dos subprodutos, rejeitos e resíduos obtidos (identidade e teor), em cada uma das fases do processo, até a obtenção do produto final.
- Identificar todos os efluentes industriais; líquidos, sólidos e gasosos (identidade das substâncias e teor); gerados no processo, indicando os equipamentos para proteção da qualidade ambiental, descarte e destinação final.
- Demonstrar o balanço hídrico e a demanda energética para o processo produtivo.
- Mecanismos de neutralização dos efluentes.

- Justificar a necessidade ou não de construção de "ponds"

#### g) Efluentes Líquidos

- Identificar as fontes de geração e seus respectivos efluentes líquidos sanitários e industriais, considerando-se os processos de lavra, beneficiamento e infra-estruturas associadas, descrevendo tratamento (percentagem de tratamento alcançada) e destinação final;
- Identificar as características qualitativas e quantitativas estimadas para cada um dos efluentes líquidos identificados;
- Caracterizar os sistemas de controle e os procedimentos associados a cada uma das fontes identificadas caracterizando seus respectivos desempenhos, justificando a sua escolha técnica ou tecnológica;
- Apresentar projeto detalhado, com planta de localização, das Estações de Tratamento de Água (ETA) e a de Tratamento de Efluentes, descrevendo os processos adotados para o tratamento, características dos efluentes, especificação dos equipamentos e instrumentação para o controle da qualidade ambiental, corpo receptor dos efluentes tratados;
- Relação dos reagentes químicos utilizados com os respectivos quantitativos de consumo, sistema de transporte, armazenamento e estocagem.

#### h) Resíduos Sólidos

- Identificar os resíduos sólidos gerados na operação dos processos de lavra e de beneficiamento;
- Caracterizar os resíduos sólidos e líquidos gerados por todo o empreendimento, com base nos critérios estabelecidos na NBR 10004, métodos de tratamento e disposição final. Áreas a serem utilizadas para disposição final, georreferenciadas, plotadas em mapa, escala 1:5000 (os mapas, no plano de fundo, devem ser compostos com base topográfica e redes de drenagem, incluindo açudes ou reservatórios);
- Descrever do modo de disposição de estéril em pilha, segundo NBR 13029;
- Apresentar planta geral da empresa na mesma escala do mapa anterior, indicando os pontos de armazenamento e de estocagem dos resíduos sólidos gerados;
- Identificar os procedimentos de controle adotados visando minimizar a geração de resíduos e assegurar sua disposição final adequada, conforme requisitos legais aplicáveis;
- Indicar a disposição final associada a cada resíduo, especificando se há tratamento, reutilização e a sua disposição final.

#### i) Emissões atmosféricas

- Listar, indicar e caracterizar as fontes de emissões atmosféricas do empreendimento, considerando-se as fontes fixas ou pontuais e as fontes móveis;
- Apresentar estudo que caracterize a direção dos ventos e suas velocidades;
- Descrever os efeitos das emissões na saúde humana, nos materiais, na vegetação, nos animais e nas condições atmosféricas;

- Descrever os sistemas de controle e os procedimentos associados a cada uma das fontes identificadas, caracterizando seus respectivos desempenhos e justificando a escolha técnica ou tecnológica;
- Apresentar a localização em mapa da área destinada à instalação do sistema de controle de emissões atmosféricas;
- Nas informações deverão constar os pontos para a verificação prática do desempenho do sistema de controle após sua instalação, ou seja, pontos de monitoramento. A localização dos pontos de amostragem e teste deverá ser mostrada nos mapas fornecidos.

#### j) Ruídos

Levantamento qualitativo e quantitativo do ruído de fundo, com especificações das futuras fontes de ruído e dos valores prováveis de emissão (movimentação de veículos, britadores, lavagem, secagem, etc).

#### k) Recursos Humanos

Levantamento do contingente operário do empreendimento e a infra-estrutura correspondente, assim como uma avaliação dos impactos sociais decorrentes.

#### l) Risco de Incêndio

Quanto à possibilidade de ocorrência de incêndio, deverá ser aplicada a Norma CNEN-NE 2.04 – "Proteção contra Incêndio em Instalações do Ciclo do Combustível", onde deverá ser adotada a proteção contra Incêndio (PI) em profundidade. As instalações físicas internas deverão conter proteção passiva e ativa subdivididas em:

- sistema de detecção e alarme de incêndio com detectores e botoeiras em todos os compartimentos da instalação e com painel anunciador nas salas de controle;
- sistema de extintores de incêndio, projetado de acordo com os requisitos específicos contidos na norma CNEN-NE 2.03;
- sistema de água de incêndio composto de reservatório com dimensão compatível em m<sup>3</sup> para unidade com bombas de pressurização, principais com partida automática (acionada por motor elétrico e diesel); chuveiros com tubulação pressurizada (wet pipe sprinklers) em todos os sistemas do processo com risco de incêndio e do tipo dilúvio com tubulação seca (dry pipe sprinklers) nos tanques com solventes e óleo diesel hidrantes internos e externos nos compartimentos dos grupos diesel-gerador de emergência;
- sistema gerador de espuma nos diques sob os tanques de solventes e de óleo diesel;
- Brigada de incêndio definida por unidade de produção.

#### 2.1.6. Delimitação das áreas de influência do empreendimento

O estudo de impacto ambiental deverá *"definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza"* (art. 5º, III – Resolução CONAMA 001/1986). Essa área deverá ser estabelecida pela equipe responsável pela execução do estudo, a partir dos dados preliminares colhidos, devendo compreender:

- ◆ *Área de Influência Direta (AID):* área sujeita aos impactos diretos da implantação e

operação do empreendimento. A sua delimitação deverá ser feita em função das características sociais, econômicas, físicas e biológicas dos sistemas a serem estudados e das particularidades do empreendimento. Para o meio físico-biótico, deverão ser consideradas, necessariamente, as microbacias hidrográficas do Riacho das Guaribas, Riacho Cunha Moti, Riacho das Cabeças, Riacho da Gangorra e Riacho do Meio;

- ◆ *Área de Influência Indireta (All)*: área potencialmente ameaçada pelos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento, abrangendo os ecossistemas e o sistema socioeconômico que podem ser impactados por alterações ocorridas na área de influência direta. Para o meio socioeconômico, a abrangência da All deverá considerar possíveis impactos em outros municípios, além de Santa Quitéria e Itatira.

## 2.2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O diagnóstico deverá caracterizar a situação ambiental atual da Área de Influência Direta e Indireta do empreendimento, nos aspectos físicos, bióticos, sócioeconômicos e culturais. Os resultados dos levantamentos e dos estudos deverão ser apresentados com o apoio de mapas, gráficos, tabelas, etc.

Para possibilitar uma visão sistêmica da área de interesse, os diagnósticos dos diversos meios deverão ser apresentados, primeiramente em separado, incluindo mapas temáticos, e em seguida, de forma multi e interdisciplinar na Análise Integrada.

### 2.3.1. Meio físico

A caracterização do ambiente físico será realizada em uma base geral de informação geográfica constituída por um mosaico de imagens de satélite, carta topográfica e mapa de caracterização dos corpos de água. Todas as informações que possam ser associadas geograficamente utilizarão esta base como referência em toda a área do empreendimento.

O mosaico será constituído de imagens digitais atualizadas com resolução igual ou inferior a 10 x10 metros em composição colorida natural com as faixas espectrais do visível. As imagens digitais podem ser obtidas por sensores orbitais de alta resolução ou por aerolevanteamento, mas em ambos os casos devem ser recentes (últimos 2 anos). As imagens deverão ser recentes (2006-2007), indicando órbita – ponto das imagens utilizadas, procedência, composição utilizada e *datum*. O produto gerado deverá ser acompanhado dos devidos erros e imprecisões geradas no processo, bem como de todo o material bruto em formato digital (para posterior validação dos dados pelo IBAMA).

Carta topográfica em escala compatível (a partir de 1:20.000) com a inclusão dos acidentes naturais e artificiais, onde os elementos planialtimétricos estejam geometricamente bem representados. O levantamento altimétrico, de toda a área do empreendimento, deverá apresentar uma equidistância entre as curvas de nível de 10 a 10 metros.

#### a) Qualidade do ar

- Caracterizar a qualidade do ar nas áreas de influência (antes e após o empreendimento considerando a direção dos ventos), envolvendo os parâmetros: Material Particulado (partículas inaláveis, partículas totais em suspensão e metais radioativos ou não associados ao material particulado) e SO<sub>2</sub> visando apresentar as concentrações de referência ("background") de poluentes atmosféricos. Realizar medições nas áreas de lavra e beneficiamento do minério.
- Na ausência de informações e dados prévios de redes de monitoramento existentes e em operação, deverão ser apresentados dados de monitoramento da qualidade do ar por um período mínimo de 1 ano (com frequência diária) antes da operação do empreendimento.

## **b) Geologia e Geomorfologia**

- Elaborar mapas de lineamento e perfis geológicos, em escala 1:20.000, da área de influência direta do empreendimento;
- Descrever a geologia regional e local, incluindo os aspectos litológicos, estruturais, geotécnico e o desenvolvimento da seção geológica;
- Caracterizar as formações geológicas e suas feições estruturais, classificando-as quanto a sua resistência e condições geotécnicas;
- Identificar, com localização geográfica, na área de influência direta, os recursos minerais de interesse econômico e avaliar as condições atuais de exploração e comercialização;
- Caracterizar a geomorfologia da área de influência, levando em consideração: a compartimentalização da topografia geral, formas de relevo dominantes (cristas, platôs, planícies), características dinâmicas do relevo (presença ou propensão à erosão, assoreamento e inundações), posição da área na bacia hidrográfica e em relação aos principais acidentes de relevo;
- Realizar estudos paleontológicos da área de influência;
- Realizar estudos dos aspectos relativos à estabilidade dos taludes marginais da jazida a ser explorada;
- Descrever as áreas de subsidência real ou potencial, soerguimento ou colapso resultante de:
  - feições naturais, tais como depressões tectônicas, terrenos cársticos ou cavernosos;
  - levantamento do patrimônio espeleológico na área de influência direta e indireta do empreendimento, conforme Termo de Referência do CECAV/IBAMA;
  - atividades humanas relacionadas com a remoção ou adição de fluidos de subsuperfície ou extração mineral.

## **c) Solos**

- Apresentar mapeamento e caracterização pedológica de acordo com a nova nomenclatura recomendada para a classificação de solos da EMBRAPA, em escala de 1:20.000.
- Apresentar relação entre uso potencial e uso atual da área de influência, destacando a aptidão agrícola, uso e ocupação do solo da área de influência.
- Descrever os processos erosivos, de sedimentação e análise de estabilidade dos solos
- Identificar, no mapa de AID, pontos de fragilidade ou de risco, propensos ou em estado latente de qualquer tipo de processo erosivo.

## **d) Hidrologia**

- Descrever da fisionomia local;
- caracterizar da Bacia Hidrográfica destacando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com maior detalhamento da área de influência direta, incluindo a localização dos postos pluviométricos e fluviométricos;
- Caracterizar do regime hidrológico da bacia hidrográfica;
- descrever das estruturas de regularização dos cursos d'água a montante e a jusante

da instalação; no caso de represas, a quantidade média de água represada;

- Apontar as áreas de recarga de aquíferos subterrâneos existentes dentro da poligonal definida para o empreendimento;
- Apresentar uso das águas superficiais e subterrâneas, suas demandas atuais e futuras em termos quantitativos e qualitativos, bem como a análise das disponibilidades frente às utilizações atuais e projetadas.
- Localizar e quantificar usuários das águas, com objetivos de avaliar conflitos;

#### **e) Hidrogeologia**

- Volume de chuva;
- Caracterizar dos aquíferos nas áreas de abertura das frentes de lavra bem como da área de influencia direta do empreendimento;
- Caracterizar da piezometria dos aquíferos e sua rede de monitoramento na área de influencia direta do empreendimento;
- Caracterizar a físico-química e bacteriológica da água nas áreas de abertura das frentes de lavra, bem como da área de influencia direta do empreendimento, os poços de monitoramento deverá obedecer a NBR 13895 – Construção de poços de monitoramento e amostragem;
- Permeabilidade média das camadas saturadas;
- Profundidade, espessura, gradiente e suas variações sazonais;
- Direção da sua movimentação e velocidade;
- Distribuição tridimensional das pressões hidráulicas;
- Capacidade de infiltração potencial nas áreas das instalações, incluindo permeabilidade horizontal e vertical do terreno, natural ou modificado, assim como nas áreas de deposição dos rejeitos de tratamento;
- Uso das águas de subsuperfície, atual e futuro.

#### **f) Qualidade dos corpos d'água (no período chuvoso)**

- Avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas da área de influência, considerando-se a sazonalidade;
- Caracterização dos corpos d'água quanto a classe e enquadramento.
- Indicar as metodologias utilizadas e justificar os critérios de escolha dos pontos e datas de amostragem, que deverão estar de acordo com a norma ABNT 12649.
- Identificação de fontes poluidoras, com identificação de áreas críticas;
- Mapa com a localização dos pontos de amostragem.
- Monitoramento da qualidade dos sedimentos com relação ao teor de matéria orgânica e aos metais pesados e radioativos.

#### **g) Ruídos (estabelecimento de "background")**

Quantificar em dB o nível de ruído atual na área do empreendimento e dos povoados existentes em um raio de 10 km, classificando-o de acordo com a Resolução CONAMA nº 001/1990.

Fazer previsão do aumento nos níveis de ruído resultante das diversas atividades de implantação e operação do empreendimento, considerando seus impactos ambientais sobre a fauna e comunidades próximas.

Indicar as metodologias utilizadas e justificar os critérios de escolha dos pontos e datas de amostragem.

### **2.3.2. Meio Biótico**

#### **A) Ambiente Terrestre**

- a) Caracterizar a flora, através de levantamento florístico e/ou fitossociológico, quando couber, das áreas de influência direta (dados primários, necessariamente) e indireta do empreendimento, com descrição dos procedimentos metodológicos utilizados para cada grupo, localizando em mapas as estações ou sítios de coleta e amostragem, identificando todas as fontes de informação utilizadas no trabalho;
- b) Identificar e mapear, com base nas informações disponíveis (imagens de satélite e/ou fotografias aéreas, etc.) e levantamentos de campo, as fitofisionomias presentes, bem como, o estado de conservação de cada uma. Os mapas deverão apresentar plano de fundo com topografia e rede de drenagem.
- c) Descrever cada tipo fitofisionômico, considerando a composição e estratificação, bem como a fauna associada, apresentando, ainda, a dimensão da área de cada tipologia;
- d) Apresentar estudo fitossociológico das áreas sujeitas a supressão de vegetação, com respectivas análises de índice de diversidade alfa e beta.
- e) Apresentar dimensão da área que estará sujeita a supressão de vegetação, por fitofisionomia e para cada etapa do processo operacional;
- f) Caracterizar a fauna terrestre das áreas de influência direta (dados primários, necessariamente) e indireta do empreendimento, com descrição dos procedimentos metodológicos utilizados para cada grupo, localizando em mapas as estações ou sítios de coleta e amostragem, identificando todas as fontes de informação utilizadas no trabalho;
- g) Para a caracterização e análise da fauna, deverá ser realizado um levantamento de riqueza e abundância de espécies nas áreas de influência, apresentando inventários para os seguintes grupos: herpetofauna, avifauna, mastofauna, além de alguns grupos de invertebrados, considerados indicadores biológicos, tais como Lepidoptera e Hymenoptera. Incluir descrição detalhada da metodologia utilizada e os cálculos de esforço amostral.
- h) O estudo de fauna deverá conter, ainda, mapa de distribuição geográfica, distribuição espacial, habitats preferenciais e abrigos, hábitos alimentares, áreas de dessedentação, biologia reprodutiva, espécies da fauna silvestre que migram através da área ou a usam para procriação;

#### **B) Ambiente Aquático**

- a) Caracterizar a biota de água doce, incluindo plâncton, macrófitas aquáticas e ictiofauna, das áreas de influência direta (dados primários, necessariamente) e indireta do empreendimento, com descrição dos procedimentos metodológicos utilizados para cada grupo, localizando em mapas as estações ou sítios de coleta e amostragem, identificando todas as fontes de informação utilizadas no trabalho;
- b) Apresentar levantamento de riqueza e abundância de espécies nas áreas de influência, apresentando os respectivos inventários e índices de diversidade;
- c) O estudo do ambiente aquático deverá abordar a distribuição geográfica, distribuição

espacial, habitats preferenciais e abrigos, hábitos alimentares, áreas de dessedentação, biologia reprodutiva, espécies migratórias através da área com qualquer finalidade (alimentação, reprodução, procriação, etc.).

### C) Geral

- a) Indicar as instituições onde será depositado o material, bem como a declaração de anuência destas instituições de que o material estará sendo incorporado às suas coleções, caso haja a previsão de coleta de material biológico;
- b) Selecionar os parâmetros e grupos bioindicadores de qualidade ambiental para acompanhamento pelo Programa de Monitoramento Ambiental;
- c) Identificar a ocorrência de espécies endêmicas, raras, ameaçadas de extinção, de valor econômico, de interesse científico e as passíveis de serem utilizadas como indicadores ambientais;
- d) Apresentar comprovante de averbação da Área de Reserva Legal, com pequena descrição ambiental da área e respectiva justificativa de escolha;
- e) Realizar levantamento radiométrico (radiação natural de fundo, concentração de elementos radioativos e a sua distribuição no solo, água, ar e vegetação) do local e circunvizinhanças, delimitada a região de forma a permitir a detecção de qualquer movimento de contaminantes radioativos oriundos da mina ou usina;
- f) Mapear a ocorrência de Unidades de Conservação (abrangendo tanto as unidades do grupo de proteção integral quanto do grupo de uso sustentável, administradas pelo poder público federal, estadual ou municipal), em escala 1:50.000, em um raio de, no mínimo, 10km a partir dos limites do empreendimento;
- g) Todos os mapas para o meio biótico deverão ser apresentados com os seguintes *layers* na base: topografia e rede de drenagem, seja intermitente ou permanente, incluindo açudes.
- h) para todos os itens avaliados, resíduos, efluentes, emissões e/ou rejeitos, deverão ser informadas as conseqüências e interações das substâncias em questão com o ambiente e com a biota.

### 2.3.3. Meio Sócioeconômico

#### 2.3.3.1 – MEIO ANTRÓPICO

- As informações deverão ser atualizadas.

#### 2.3.3.2 – DINÂMICA POPULACIONAL REGIONAL

- A) Apresentar descrição histórica da ocupação humana e econômica;
- B) Apresentar taxas e indicadores de crescimento e densidade demográfica, por município da área de influência.
- C) Mapear e analisar as atividades econômicas desenvolvidas, apontando os indicadores e taxas de participação dos setores primário, secundário e terciário. Qualificar e quantificar a população economicamente ativa por setores. Indicar possível interferência das atividades em cada setor caracterizado;
- D) Caracterizar a interface da obra com a mão-de-obra a ser empregada: quantificação da geração de empregos diretos e indiretos previstos, identificando os possíveis centros

com potencial para fornecer mão-de-obra local;

- E) Caracterizar e nomear as entidades civis, sindicais, ambientais atuantes na região, descrevendo as formas de atuação;
- F) Identificar e diagnosticar os pólos e centros de referência em comércio, saúde, educação e políticas públicas sociais e ambientais;
- G) Caracterizar atividades econômicas das áreas de influência do empreendimento: tipo e número de estabelecimentos, tendências de crescimento e localização espacial.

## **INFRA-ESTRUTURA**

### **2.3.3.3 – SAÚDE**

- A) Caracterizar a infra-estrutura e os serviços do sistema de saúde das áreas de influência do empreendimento;
- B) O aumento do nível de ruídos decorrentes da movimentação de máquinas, equipamentos de grande porte, caminhões e explosões ( se for o caso) que acarretam poluição sonora, conhecida por ter efeitos nocivos não somente sobre a audição, podendo ser responsável por causar estresse em todo o sistema circulatório, respiratório e sistema nervoso dos trabalhadores e pessoas que moram no entorno. Portanto, identificar fontes de ruídos existentes na Área de Influência Direta e próximos aos canteiros de obra.
- C) Identificar endemias que ocorram na área de influência, para cada município e a potencialidade de introdução de novas endemias; Solicitar à Secretaria de Vigilância Sanitária -SVS contribuições ao Termo de Referência para os estudos ambientais.
- D) Proceder avaliação de risco à saúde, sempre que um perigo for caracterizado.
- E) Considerar ações que atendam as diretrizes e princípios expressos no Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental – SINVSA.
- F) Considerar na elaboração e implementação de programas e projetos, a abordagem de controle e monitoramento por meio de indicadores de saúde e de saúde ambiental.

### **2.3.3.3.4 – EDUCAÇÃO**

- A) Caracterizar as formas de educação formal e informal;
- B) Apresentar nível de escolarização da população, da área de influência direta e indireta;
- C) Identificar a existência de educação ambiental na área de influência, caracterizando-a.

### **2.3.3.3.5 – ESTRUTURA URBANA**

- A) Caracterizar o sistema de transporte urbano e rural e sua futura interação com o empreendimento;
- B) Caracterizar o sistema de saneamento básico dos municípios da área de influência;
- C) Caracterizar as condições e padrões habitacionais das áreas de influência;;

- D) Caracterizar o sistema de segurança pública dos municípios das áreas de influência;
- E) Caracterizar os sistemas de comunicação e fontes de energia das áreas de influência;
- F) Levantar a estrutura viária existente para cada município da área de influência, incluindo dados de capacidade e fluxos atuais, considerando a movimentação de verão.

#### 2.3.3.3.6 – DINÂMICA TERRITORIAL - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

- A) Mapear e caracterizar a distribuição da população urbana e rural dos municípios das áreas de influência;
- B) Caracterizar e analisar a estrutura fundiária em nível municipal;
- C) Mapear e caracterizar as culturas agrícolas da área de influência direta e seu entorno;
- D) Analisar as tendências de expansão urbana, rural, contemplando planos diretores e zoneamentos municipais e ecológicos;
- E) Apresentar relação das cidades que possuem planos diretores para área de influência do empreendimento;
- F) Apresentar planos, programas e projetos públicos e privados incidentes na área de influência, quando houver.

#### 2.3.3.3.7 - Patrimônio Histórico, Cultural e Arqueológico

- Consultar o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN com a finalidade de verificar os procedimentos a serem estabelecidos por essa Instituição, considerando a especificidade do empreendimento e a sua área de influência;
- Caracterizar as áreas de valor histórico, arqueológico, cultural e paisagístico, seguindo as normas e diretrizes do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN;
- Descrever o envolvimento das instituições públicas e privadas, da área de influência, com o patrimônio histórico-cultural;
- Identificação dos saberes e fazeres da população e as manifestações de cunho artístico, cultural e religioso;
- Elaborar relatório de avaliação atual do patrimônio arqueológico conforme a Portaria 230/02-IPHAN ;
- Apresentar inventários de bens imóveis urbanos e rurais, públicos e privados de relevância histórica ou cultural, quando couber.

#### 2.3.3.3.8 – Comunidades Indígenas, Quilombolas e Populações Tradicionais

##### 2.3.3.3.9 – *Comunidades Indígenas*

- Consultar a FUNAI com a finalidade de verificar os procedimentos a serem estabelecidos por esta Instituição, considerando a especificidade do empreendimento e sua área de influência;
- Identificar as terras indígenas nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento, se for o caso, considerando:

– Aldeias e suas populações;

- Localização geográfica das terras indígenas, município e vias de acesso e localização do posto da FUNAI;
- Distribuição espacial do grupo na terra indígena;
- Caracterização da população atual.

#### 2.3.3.3.10 - Comunidades Quilombolas

- Consultar a Fundação Cultural Palmares, com a finalidade de verificar a existência de quilombolas ou indícios de comunidades remanescentes, bem como os procedimentos a serem estabelecidos por aquela Instituição.
- Apresentar a sua localização geográfica, vias de acesso, caracterizando a população atual, se for o caso.
- Interpretar os fatos históricos relacionados à presença de quilombos e descrever a vulnerabilidade atual e, a partir do planejamento, construção e operação do empreendimento, considerando-se as possíveis pressões sobre o território e as comunidades, associando as respectivas medidas mitigadoras, se for o caso.

#### 2.3.3.3.11 - Populações Tradicionais

- Identificar as Populações Tradicionais existentes nas áreas de influência do empreendimento, apresentando sua localização geográfica e vias de acesso, caracterizando a população e os meios de produção;
- Identificar a existência de extrativismo vegetal praticado nas comunidades da área de influência direta do empreendimento;
- Interpretar os fatos históricos relacionados à presença de populações tradicionais e descrever a vulnerabilidade atual e, a partir do planejamento, construção e operação do empreendimento, considerando-se as possíveis pressões sobre o território e as comunidades, associando as respectivas medidas mitigadoras.

### 2.4. ANÁLISE INTEGRADA

Após os diagnósticos setoriais deverá ser realizada uma análise que caracterize a área de influência do empreendimento de forma global. A análise deverá conter a interação entre componentes dos meios físico, biótico e socioeconômico, ressaltando as suas principais inter-relações;

Realizar uma análise das condições ambientais atuais e suas tendências evolutivas, explicitando as relações de dependência e de sinergia entre os fatores ambientais anteriormente descritos, de forma a se compreender a estrutura e a dinâmica ambiental da região, identificando corredores naturais e contemplando futuros projetos de uso.

Esta análise terá como objetivo fornecer conhecimentos capazes de embasar a identificação e a avaliação dos impactos decorrentes do empreendimento, bem como a qualidade ambiental futura da região, contemplando a inserção regional do empreendimento, com a participação efetiva da comunidade diretamente afetada e dos parceiros institucionais.

### 2.5. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A partir da análise integrada do Diagnóstico Ambiental, deverão ser identificados os prováveis impactos ambientais que resultarão da implantação e operação do empreendimento. Através de metodologia adequada, a qual deverá ser detalhada no Estudo de Impacto Ambiental, cada impacto deverá ser qualificado através de indicadores específicos, considerando entre eles, os seguintes:

- efeitos benéficos ou adversos (impactos positivos ou negativos);

- importância e magnitude;
- impactos diretos e indiretos;
- duração do impacto (curta, média, longa duração);
- impactos temporários ou permanentes;
- propriedades cumulativas e sinérgicas;
- distribuição dos ônus e benefícios sociais.

A referida avaliação deverá propiciar a proposição de medidas destinadas ao controle dos aspectos ambientais significativos, à mitigação dos impactos ambientais adversos significativos e à otimização dos impactos ambientais positivos, decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

## 2.6. MEDIDAS MITIGADORAS E COMPENSATÓRIAS – PROGRAMAS AMBIENTAIS

Deverão ser propostas medidas que venham a minimizar ou eliminar, maximizar ou potencializar e compensar os impactos decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

Estas medidas serão implementadas visando tanto a recuperação, quanto a conservação do meio ambiente, bem como o maior aproveitamento das novas condições a serem criadas pelo empreendimento, devendo ser consubstanciadas em programas e/ou projetos.

Estas medidas mitigadoras e compensatórias deverão ser consideradas quanto:

- Ao componente ambiental afetado;
- À fase do empreendimento em que deverão ser implementadas;
- Ao caráter preventivo ou corretivo e sua eficácia;
- Ao agente executor, com definição de responsabilidades.

Na implementação das medidas, em especial àquelas vinculadas ao meio sócio-econômico, deverá haver uma participação efetiva da comunidade diretamente afetada, bem como dos parceiros institucionais identificados, contemplando as seguintes questões:

- No Programa de Educação Ambiental, deverão ser contempladas as comunidades das áreas de influência do projeto;
- Apresentar um Programa de comunicação social direcionado às comunidades das áreas de influência e aos trabalhadores do empreendimento, informando sobre o projeto e esclarecendo, principalmente, sobre os possíveis impactos negativos e medidas mitigadoras correspondentes; alertar quanto ao relacionamento entre trabalhadores e população do entorno sobre prostituição, doenças transmissíveis e gravidez precoce;
- Apresentar um programa de apoio à infra-estrutura, com parcerias/convênios, para as localidades que irão dispor de seus equipamentos básicos, devido ao contingente funcional ou aquele que chegará à cidade a procura de emprego;
- Descrição dos programas/projetos que estão sendo desenvolvidos junto às comunidades;
- Localidades das unidades hospitalares que poderão ser utilizadas pelos trabalhadores em caso de acidentes graves ou para controle de doenças, bem como o meio de transporte que será utilizado.

Deverão ser caracterizados os planos de monitoramento associados aos respectivos controles, identificando e justificando os parâmetros a serem analisados, a localização dos

pontos de coleta, as metodologias de coleta, de preservação e de análise que deverão ser adotadas, os respectivos padrões legais e aplicáveis e as frequências de medição.

Deverão ser identificadas em mapa, em escala apropriada à visualização do tema, a localização dos pontos de monitoramento, bem como os critérios adotados para a escolha destes pontos.

Os Programas integrados para monitoramento ambiental da área de influência, com o objetivo de acompanhar a evolução da qualidade ambiental e permitir a adoção de medidas complementares de controle, deverão incluir:

- Características das redes de amostragem, justificando seu dimensionamento e distribuição espacial;
- Indicação e justificativa dos métodos de coleta e análise das amostras;
- Indicação e justificativa dos parâmetros selecionados (com base na norma ABNT 12649), bem como da sua periodicidade, para avaliação dos impactos sobre cada um dos fatores ambientais considerados;
- Cronograma de implantação e desenvolvimento das atividades de monitoramento.

### **3. ANÁLISE DE RISCOS**

O Estudo de Análise de Riscos (EAR) envolve técnicas apropriadas para realizar um exame detalhado do empreendimento, a fim de compreender a natureza de conseqüências negativas e indesejadas à vida humana, à saúde, à propriedade e ao meio ambiente. Este estudo deverá incluir, ainda, a avaliação, a estimativa e o gerenciamento dos riscos. Os itens mínimos a serem contemplados neste Estudo de Análise de Riscos são:

#### **3.1. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES**

Apresentar os fluxogramas de processos, de instrumentação e de tubulações, correias transportadoras, além dos sistemas de proteção e segurança.

#### **3.2. DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS**

Identificar e quantificar substâncias químicas presentes no empreendimento. Caracterizar o perfil de periculosidade e toxicidade das substâncias químicas, dos combustíveis, lubrificantes e demais produtos utilizados na implementação, operação e manutenção, assim como, suas formas de movimentação e manuseio.

#### **3.3. IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS**

Aplicar técnicas estruturadas para a identificação de perigos capazes de provocar ocorrências indesejáveis no sistema e que venham a acarretar efeitos adversos ao homem, ao patrimônio e ao meio ambiente. Estabelecer um critério que permita a classificação dos perigos, de maneira a identificar e priorizar os eventos acidentais críticos. Determinar as tipologias acidentais passíveis de ocorrência, bem como as condições em que tais tipologias poderão ocorrer. Apresentar planta do projeto, identificando os cenários acidentais.

#### **3.4. ESTIMATIVA DAS FREQUÊNCIAS**

Calcular as frequências dos acidentes a partir da APP (Análise Preliminar de Risco), envolvendo a instalação e o meio ambiente, por meio de técnicas de modelagem e estimativa. Considerar, igualmente, a aplicação de técnicas de confiabilidade humana para a avaliação das probabilidades de erros humanos que possam contribuir para a ocorrência dos cenários acidentais.

#### **3.5. CÁLCULO DAS CONSEQÜÊNCIAS**

Para os cenários acidentais considerados relevantes na análise, aplicar técnicas para calcular a magnitude das conseqüências e localizar em planta as possíveis zonas afetadas

pelo evento.

### 3.6. ESTIMATIVA E AVALIAÇÃO DE RISCOS

Relacionar a frequência de ocorrência de cenários acidentais e suas respectivas conseqüências. Caso esses cenários extrapolem os limites do empreendimento e possam afetar pessoas, apresentar e estimar os riscos sob as formas de Risco Individual e Risco Social. Definir os critérios de tolerabilidade dos riscos. Quando os riscos forem considerados inaceitáveis ou quando for conveniente e viável reduzi-los, identificar os procedimentos a serem adotados em cada caso.

### 3.7. MEDIDAS PARA MINIMIZAÇÃO E REAVALIAÇÃO DE RISCOS

Sugerir medidas para minimizar a probabilidade de ocorrência dos cenários acidentais e/ou a magnitude de suas conseqüências para o meio ambiente e a comunidade diretamente afetada.

### 3.8. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS (PGR)

- Informações de segurança de processos;
- Revisão de riscos de processos;
- Gerenciamento de modificações;
- Manutenção e garantia de integridade de sistemas críticos;
- Procedimentos operacionais;
- Investigação de incidentes;
- Plano de Ação de Emergência (PAE), integrado com:
- Plano de Prevenção e de Controle de Emergências (PPCE);
- Plano de contingência;
- Auditorias.

### 3.9. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)

Baseado no estudo da análise e na legislação vigente, apresentar proposta de PAE, contemplando:

- Estrutura do plano;
- Cenários acidentais considerados;
- Abrangência e limitações do plano;
- Estrutura organizacional, envolvendo atribuições e responsabilidades;
- Fluxograma de acionamento;
- Ações de resposta às situações emergenciais, compatíveis com os cenários acidentais, considerando procedimentos de avaliação, controle emergencial (combate a incêndios, isolamento, evacuação, controle de vazamentos, etc.) e ações de recuperação;
- Recursos humanos e materiais;
- Divulgação, implantação, integração com outras instituições e manutenção do plano;
- Tipos e cronogramas de exercícios teóricos e práticos, simulações, de acordo com os diferentes cenários estimados;

- Anexos: plantas de localização, incluindo a vizinhança sob risco, listas de acionamento (internas e externas), listas de equipamentos, sistemas de comunicação e sistemas alternativos de energia elétrica, relatórios, etc.

#### 4. PLANO DE DESCOMISSIONAMENTO

Será apresentado um plano de fechamento de forma conceitual, com indicação do uso futuro da área após o término da exploração.

Esta análise deverá estar consubstanciada na descrição de indicadores de aptidão ambiental e nas diversas alternativas de uso propostas, conduzindo sempre que possível a seleção de formas de ocupação mais compatíveis com a vocação natural da área. Esta atividade deverá estar relacionada com as diretrizes elaboradas para o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD.

A identificação de alternativas de uso futuro deverá considerar também consulta às partes interessadas, através de um processo de informação e consulta pública, baseada em entrevistas com formadores de opinião nos mais diversos setores, tais como:

- Dentro da própria empresa;
- No IBAMA e no DNPM;
- No Governo do Estado do Ceará, especialmente nas secretarias de meio ambiente e de indústria e comércio;
- Nas instituições do Estado do Ceará, tais como Universidades, ONG's, Associações de Classe, Federações de Comércio e de Indústria etc;
- Nos municípios de Santa Quitéria e Itatira, considerando-se a administração municipal, ONG's, Associações etc;
- Nas comunidades situadas no entorno do empreendimento.

O plano de descomissionamento deverá atender a NRM – 20 do DNPM e incluirá os seguintes programas:

- Apoio à diversificação econômica dos municípios;
- Aproveitamento e alternativas econômicas para as áreas do empreendimento;
- Relocação e treinamento de mão de obra;
- Aproveitamento da infra-estrutura, quando for o caso em função dos usos futuros previstos;
- Descomissionamento, desmontagem e demolição da infra-estrutura quando necessário;
- Gestão de resíduos de desmontagem e demolição;
- Recuperação das áreas degradadas;
- Monitoramento de pós fechamento.

Quanto ao Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), serão apresentadas as técnicas e metodologias que são utilizadas nos programas previstos, justificando as alternativas. O PRAD deverá atender às normas NRM – 21 / DNPM e ABNT 13030.

#### 5. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)

O relatório de impacto ambiental (RIMA) deve ser apresentado de forma objetiva e adequada à sua compreensão. Não apresentar, via de regra, a mesma linguagem técnica utilizada no EIA.

As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implementação. O RIMA refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental e deverá conter, no mínimo:

- Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;
- A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação a área de influência, as matérias primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnica operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;
- A síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;
- A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;
- A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;
- A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;
- O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

## 6. BIBLIOGRAFIA

Listar a bibliografia consultada para a realização dos estudos, bem como a referências bibliográficas, de acordo com as normas da ABNT.

## 7. GLOSSÁRIO

Formular uma listagem dos termos técnicos utilizados no estudo.

## 8. EQUIPE TÉCNICA

Apresentar equipe técnica responsável pelo EIA/RIMA, indicando a área profissional, o número do registro no respectivo Conselho de Classe, devendo estar cadastradas no Cadastro Técnico Federal das Atividades e Instrumentos de defesa Ambiental (Resolução CONAMA nº 01 de 16/03/1998).

A equipe técnica deverá assinar e rubricar todas as folhas de pelo menos um conjunto do Estudo Ambiental, antes de protocolar no IBAMA.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO  
Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos

509 /11/E

São Paulo, 12 de novembro de 2011.

Ref.: Consulta com relação ao procedimento de licenciamento ambiental para o empreendimento que consiste na execução de pôlderes e reservatórios no município de Franco da Rocha (Processo Impacto 176/2011).

Prezado Senhor,

Em relação à consulta prévia sobre a definição de instrumento para o licenciamento ambiental de obras de micro e macrodrenagem no município de Franco da Rocha, encaminhamos a Informação Técnica 020/11/IETH.

Atenciosamente,

*Maria Silvia Romitelli*  
Eng. Maria Silvia Romitelli  
Gerente

Ilustríssimo Senhor  
**Manoel Horácio Guerra Filho**  
Diretor de Engenharia e Obras, em exercício  
Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE  
Rua Boa Vista, 170 - Bl. 05, 11º andar  
CEP 01014-000 São Paulo-SP

*A SGA (R Bruno)*

*Para Proceder*

*DEO 28/11/2011*

*[Assinatura]*  
Eng. Manoel Horácio Guerra Filho  
Diretor da DEO  
Pront.º nº 5030

PROTOCOLO GERAL  
- DAEE -

29 NOV. 2011

PROTOCOLO DAEE 29/NOV/2011 11:39 002877



## INFORMAÇÃO TÉCNICA

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459-900 - São Paulo - SP  
C.N.P.J. nº 43.776.491/0001-70 - Insc. Est. nº 109.091.375-118 - Insc. Munic. nº 8.030.313-7  
Site: www.cetesb.sp.gov.br

Nº 020/11/IETH

Data: 11 / 11 / 11

PROCESSO: Impacto 176/2011  
INTERESSADO: Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE  
ASSUNTO: Consulta – Execução de Pôlderes  
MUNICÍPIO: Franco da Rocha

### 1. INTRODUÇÃO

O presente documento trata da manifestação do Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos – IE em resposta à consulta do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE com relação ao procedimento de licenciamento ambiental para o empreendimento que consiste na execução de pôlderes e reservatórios do tipo “piscinão”, com o intuito de combater o problema de inundações no município.

A elaboração da presente Informação Técnica baseou-se nos documentos e informações constantes no Processo Impacto 176/2011, dentre os quais se destacam:

- Ofício DEO/SGA nº 076/2011, do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, protocolizado neste Departamento em 03/11/2011, solicitando orientações sobre o procedimento de licenciamento ambiental para o empreendimento proposto;
- Plano de Controle de Inundações do Município de Franco da Rocha, elaborado pela Hidrostudio Engenharia, protocolizado neste Departamento em 03/11/2011;

### 2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento em questão trata-se da execução de quatro reservatórios (com o objetivo de diminuir a concentração dos picos de vazão no ribeirão Euzébio e rio Juqueri) e dois pôlderes (constituídos de diques e muros de proteção).

A seguir, serão apresentadas as características de cada um destes elementos drenantes, de acordo com as informações apresentadas pelo interessado no Plano de Controle de Inundações do Município de Franco da Rocha:

#### 2.1 Obras de Macrodrenagem

##### Reservatório EU-08

Área particular situada às margens da Avenida Tonico Lenci, Estrada Central e Estrada da Biquinha.

Trata-se de um vale profundo e encaixado, com trechos de áreas verdes significativas e algumas edificações, principalmente às margens da Estrada da Biquinha. Tal área já tem funcionado naturalmente, em eventos mais intensos, como reservatório. O projeto considerou com N.A. Máx. a cota 731,50 m. O volume útil do reservatório é de 227.110 m<sup>3</sup>.

### Reservatório TG-09

Situada às margens da linha férrea da CPTM, consiste em uma área sem impedimentos fundiários ou topográficos que dificultem o processo licitatório das obras. O N.A. Máx. foi definido na cota 745,00 m, sendo o volume do reservatório 203.500 m<sup>3</sup>. O vertedouro deverá ter 55 m de largura e será locado na cota 745,00 m.

### Reservatório AV-03

Este reservatório está localizado na bacia do córrego Água Vermelha, à montante da área urbana de Franco da Rocha. A área ainda encontra-se disponível, mas alguns terrenos adjacentes já foram loteados e encontram-se em fase de implantação de infraestrutura.

A várzea do referido córrego encontra-se bastante urbanizada no trecho de jusante. Nos eventos chuvosos mais intensos, o rio transborda, atingindo a rua Hamilton Prado, paralela ao rio, chegando à 1 m de altura em relação ao greide da rua. O volume útil do reservatório proposto é de 200.800 m<sup>3</sup> e a cota do vertedouro, 745,00 m.

### Reservatório EU-09

Situado à jusante do reservatório EU-08, no Ribeirão Eusébio. O projeto deste piscinão prevê o volume útil de 93.100 m<sup>3</sup>.

## 2.2 Obras de Microdrenagem

### Pôlder no Ribeirão Eusébio (margem direita)

As intervenções propostas são:

- muros de proteção na margem direita do ribeirão Eusébio, com extensão total de 1.600 metros, à flexão, com altura variável de 0,50 m a 2,00 m;
- direcionamento direto da drenagem das bacias de contribuição das áreas altas, através de galerias seladas no trecho das áreas baixas;
- aproveitamento do braço morto do ribeirão Eusébio como área de acumulação;
- direcionamento da microdrenagem das áreas baixas para galerias controladas por válvulas "flap", as quais impedem o retorno das águas;
- tanques de armazenamento do tipo "offline", esvaziando por sistema de bombeamento independente das linhas de drenagem das áreas baixas.



## INFORMAÇÃO TÉCNICA

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459-900 - São Paulo - SP  
C.N.P.J. nº 43.776.491/0001-70 - Insc.: Est. nº 109.091.375-118 - Insc. Munic.: nº 8.030.313-7  
Site: www.cetesb.sp.gov.br

Nº 020/11/IETH

Data: 11 / 11 / 11

### Pôlder no Ribeirão Eusébio (margem esquerda) e Rio Juqueri

As intervenções que compõem a solução do sistema do polder são:

- dique e muro de proteção do rio Juqueri, com extensão total de 980 metros, com altura variável de 0,80 m a 2,00 m;
- direcionamento direto da drenagem das bacias de contribuição das áreas altas, através de galerias seladas no trecho das áreas baixas;
- direcionamento da microdrenagem das áreas baixas para galerias controladas por válvulas "flap", as quais impedem o retorno das águas do ribeirão Eusébio e do rio Juqueri e que, na ausência das chuvas, permitam a descarga da vazão de base;
- tanques de armazenamento do tipo "offline", esvaziando por sistema de bombeamento independente das linhas de drenagem das áreas baixas.

### Outras medidas

O empreendedor também propõe melhorias no canal do rio Juqueri, junto à foz do ribeirão Eusébio, especialmente sob a ponte da linha férrea. Foi apontada a necessidade de adequação da pequena ponte existente à jusante da foz o ribeirão Eusébio, que restringe a vazão devido à insuficiente seção hidráulica.

### 3. ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES

#### Quanto aos reservatórios propostos

Considerando que:

- se tratam de empreendimentos potencialmente causadores de impactos ambientais;
- que os empreendimentos propostos configuram-se em um Plano de Macrodrenagem do município de Franco da Rocha;

entende-se que o licenciamento ambiental dos reservatórios deverá ser iniciado com a apresentação de um Relatório Ambiental Preliminar – RAP (roteiro anexo) neste Departamento.

Ressalta-se que, de acordo com a Lei da Mata Atlântica, caso seja prevista supressão de vegetação em estágio avançado de regeneração, para a implantação dos reservatórios, a análise de viabilidade ambiental deverá ser instruída por um EIA/RIMA.



## INFORMAÇÃO TÉCNICA

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459-900 - São Paulo - SP  
C.N.P.J. nº 43.776.491/0001-70 - Insc.: Est. nº 109.091.375-118 - Insc. Munic. nº 8.030.313-7  
Site: www.cetesb.sp.gov.br

Nº 020/11/IETH

Data: 11/11/11

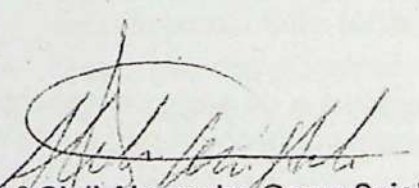
Em relação aos pôlderes

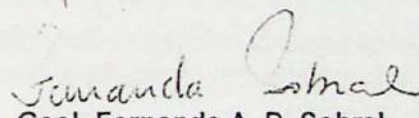
Considerando que se tratam de obras:

- de utilidade pública, que deverão prevenir prejuízos materiais decorrentes de inundações;
- em âmbito intramunicipal, cujos impactos ambientais diretos não ultrapassam o território do município;
- de pequeno porte, cujos impactos são considerados localizados e temporários e para as quais as boas práticas de engenharia permitem o controlar e restringir os impactos às áreas de intervenção;
- de readequações em trechos inferiores a 5 km, encontrando-se abaixo da linha de corte definida para o licenciamento ambiental de tais obras na Resolução SMA 54/07;

entende-se que os pôlderes e obras de microdrenagem associadas não são passíveis de licenciamento com avaliação de impacto ambiental neste Departamento, devendo ser obtida Autorização para Intervenção em Área de Preservação Permanente – APP, junto à Agência Ambiental de Osasco.

O presente Parecer não dispensa nem substitui quaisquer alvarás, licenças ou certidões de qualquer natureza, inclusive para intervenção em eventuais áreas ambientalmente protegidas e tombadas.

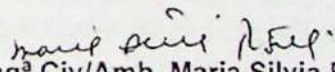
  
Eng.º Civil Alexandre Gama Scioli  
Setor de Avaliação de Obras Hidráulicas - IETH  
Reg. 7271 CREA 5.061.081.173/D

  
Geol. Fernanda A. D. Sobral  
Gerente do Setor de Avaliação de Obras Hidráulicas –  
IETH  
Reg. 6884 CREA 5.062.068.188/D

De acordo

  
Eng. Civ. Rodrigo Passos Cunha  
Gerente de Divisão de Empreendimentos de Energia e  
Transportes em exercício - IET  
Reg. 7022 CREA 5060877616/D

De acordo

  
Eng.ª Civ/Amb. Maria Silvia Romitelli  
Gerente do Departamento de Avaliação Ambiental de  
Empreendimentos - IE  
Reg. 4755-9 CREA 62.252/D

## ROTEIRO BÁSICO PARA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO AMBIENTAL PRELIMINAR – RAP PARA OBRAS HIDRÁULICAS (canalização, desassoreamento, reservatórios de retenção etc.)

O RAP deve abordar a interação entre elementos dos meios físico, biótico e socioeconômico, buscando a elaboração de um diagnóstico integrado da área de influência do empreendimento. O RAP deve possibilitar a avaliação dos potenciais impactos ambientais decorrentes das fases de planejamento, implantação e operação do empreendimento, e a definição das medidas mitigadoras, de controle ambiental e compensatórias, necessárias à viabilização ambiental.

Este roteiro apresenta o conteúdo mínimo do RAP para obras de canalização, desassoreamento, reservatórios e retenção, entre outras obras hidráulicas.

### 1 – OBJETO DE LICENCIAMENTO

Apresentar, sucintamente, as características do empreendimento, objeto do pedido de licença ambiental, caracterizando as obras principais (canalização, desassoreamentos, reservatórios de controle de cheias etc.), indicando as principais características técnicas do empreendimento.

Apresentar a localização do empreendimento plotadas em carta topográfica oficial, original ou reprodução, mantendo as informações da base em escala mínima 1:50.000, incluindo os limites do(s) município(s) atingido(s) e da bacia hidrográfica. Quando o(s) município(s) for(em) abrangido(s) por Área de Proteção aos Mananciais (Leis estaduais 898/75 e 1.172/76), a localização deverá ser feita em carta do Sistema Cartográfico Metropolitano – escala 1: 10.000 – EMPLASA.

### 2 – JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO

Demonstrar a inserção do empreendimento no planejamento regional e do setor. Apresentar a importância da implantação do empreendimento no contexto socioeconômico do município e da sua região de inserção.

Apresentar análise de alternativas locacionais e tecnológicas para o empreendimento proposto, justificando a alternativa adotada.

### 3 - POLÍTICAS PÚBLICAS, PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS COLOCALIZADOS

Deverá ser discutida a compatibilidade do empreendimento proposto com as políticas públicas, planos e programas governamentais e privados aplicáveis ao caso, ou seja:

- Políticas Públicas Ambientais;
- Planos e Programas de Ordenamento Territorial e Ambiental – Planejamento Macro-regional, Uso e Ocupação do Solo dos municípios, Unidades de Conservação;
- Compatibilidade com Projetos Regionais e Municipais;
- Planos de Bacia Hidrográfica;
- Interferências com outros empreendimentos a serem implantados na região, e na mesma bacia hidrográfica.

Analisar os eventuais conflitos entre os empreendimentos e as políticas públicas, planos e programas governamentais e privados, além dos projetos colocalizados, assim como as alternativas para solucioná-los, se possível.

#### 4 – CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A caracterização do empreendimento deverá ser realizada com base em todos os dados e informações do projeto básico, com a incorporação de plantas, ilustrações e anexos que venham a tornar a descrição do empreendimento clara e coesa.

As informações deverão ser apresentadas em layers transparentes sobre foto aérea ou imagem de satélite em escala 1:10.000 ou maior.

Deverão ser apresentados textual e graficamente todos os elementos que integram os empreendimentos. Apresentar também dados sobre as unidades de apoio necessárias para a implantação e operação do empreendimento (áreas de empréstimo e bota-fora, canteiros de obra, acessos, etc.). Deverão ser claramente informados como serão implantados os projetos.

Nesse sentido, solicita-se informar, no mínimo:

- Localização dos empreendimentos em foto aérea ou imagem de satélite de ótima resolução (escala 1:10.000 ou maior), indicando suas principais estruturas e as áreas de apoio (canteiro de obras, áreas de empréstimo e bota-fora, acessos etc.);
- Descrição dos empreendimentos propostos, informando as dimensões (extensão, área, volume dos reservatórios, volumes a serem dragados etc.), as principais estruturas a serem implantadas, entre outros.
- Informar sobre as áreas de destinação de materiais de desassoreamento, considerando-se as diretrizes da Resolução SMA 39/04;
- Caracterização dos parâmetros para o dimensionamento da obra.
- Apresentação das plantas e perfis das principais estruturas dos empreendimentos propostos, além das unidades de apoio para a construção (canteiro de obras, áreas de empréstimo e bota-foras, alojamento etc.);
- Descrição das principais ações necessárias para a implantação dos empreendimentos;
- Caracterização das áreas de apoio (canteiros de obras, alojamento, áreas de empréstimo e bota-fora e acessos provisórios e definitivos) – localização, instalações previstas, área (m<sup>2</sup>) etc., bem como apresentação em plantas;
- Apresentação dos quantitativos dos projetos: volumes de escavações em solo e rocha; volume de empréstimo, concreto; área e volume das áreas de empréstimo e bota-fora etc.;
- Estimativa da mão de obra necessária à implantação do empreendimento;
- Cronograma de implantação do empreendimento (ou de suas etapas de implantação) e dos principais programas ambientais propostos; e,
- Descrição das principais ações necessárias à operação e de manutenção dos empreendimentos;
- Custo total estimado dos empreendimentos (em R\$).

#### 5 - DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As Áreas de Influência – AI do empreendimento deverão ser definidas de acordo com a ocorrência e abrangência dos impactos ambientais nas fases de implantação e operação, devendo ser geograficamente demarcadas. Tais áreas poderão ser distintas para os diferentes meios, nas diferentes fases do empreendimento. Deverão ser consideradas três áreas de estudo:

- Área Diretamente Afetada (ADA) correspondente à área que sofrerá a ação direta da implantação e da operação do empreendimento. Deverão ser incluídos na ADA, no mínimo, as áreas de apoio, canteiros de obras, áreas de empréstimo e bota-fora, acessos, eventuais áreas de reassentamento ou remanejamento de população e eventuais áreas para relocação de infraestruturas existentes;

- Área de Influência Direta (AID) correspondente à área sob influência dos impactos diretos da implantação e operação do empreendimento como um todo;
- Área de Influência Indireta (AI) correspondente à área sob influência dos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento.

## 6 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PRELIMINAR DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

Apresentar as condições atuais dos meios físico, biótico e sócio econômico das áreas de influência anteriormente definidas. As informações deverão ser interrelacionadas compondo um diagnóstico integrado dos três meios, de forma a permitir a avaliação dos impactos decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

As informações deverão ser apresentadas em plantas planialtimétricas, quando pertinente, e documentadas através de fotografias datadas e acompanhadas das respectivas legendas. O registro fotográfico deverá apresentar os aspectos relevantes da área de implantação do empreendimento, seu entorno e da sua área de influência.

As informações necessárias à elaboração do diagnóstico ambiental deverão ser obtidas das seguintes maneiras:

- dados secundários a serem obtidos em literatura especializada, instituições governamentais e privadas, incluindo cartografia básica e temática;
- interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite;
- levantamentos de campo.

### Meio Físico

Para o diagnóstico do meio físico deverão ser contemplados, no mínimo, os seguintes aspectos:

#### Clima

Para a realização dos estudos referentes à climatologia e condições meteorológicas deverão ser considerados os parâmetros: temperatura; pluviometria e regime de chuvas; regime, direção e velocidade dos ventos.

O estudo deverá ser baseado, na medida do possível, em séries históricas com, no mínimo, 05 anos de dados disponíveis. Os resultados deverão ser apresentados em mapas, gráficos, tabelas e relatórios sinóticos.

#### Dinâmica Superficial (Geologia, Geomorfologia e Pedologia)

Neste item deverão ser descritas, mapeadas e analisadas as características geológicas, geotécnicas geomorfológicas, pedológicas e da dinâmica de superfície. Especial atenção deverá ser dada aos processos de dinâmica superficial (erosão, assoreamento, movimentos de massa, recalques, inundações etc).

Os mapeamentos deverão ser realizados a partir de dados existentes complementados por interpretação de imagens de satélite, radar, fotografias aéreas e reconhecimento de campo. Os mapas regionais deverão ser apresentados na escala 1:250.000, com base em dados secundários e reconhecimentos de campo. Para a AID poderão ser utilizados dados compatíveis com a escala 1:50.000 ou maior quando possível, inclusive para a identificação de locais onde a suscetibilidade à erosão irá demandar medidas construtivas especiais.

Deverá ser apresentada uma carta de fragilidade ambiental detalhada da área de influência direta, com ênfase na definição das áreas mais susceptíveis a processos de dinâmica superficial, quando da instalação e operação do empreendimento (escala 1:10.000 ou maior).

Com relação aos recursos minerais deverá ser incluída a identificação e a localização preliminar de cavidades naturais e monumentos naturais relevantes, além das áreas minerárias cadastradas no DNPM e informais.

### Recursos Hídricos, Usos e Qualidade da Água

Neste item deverão ser apresentados/as:

- Rede de drenagem, em layers transparentes, sobre imagem de satélite ou foto aérea (escala 1:10.000 ou maior), com as respectivas denominações;
- Balanço hídrico das áreas de estudo e a produção e transporte de sedimentos;
- Identificação e quantificação na AID, quando possível, dos usos atuais e previsão de demanda futura do corpo d'água a jusante e a montante do empreendimento proposto, bem como a localização de pontos de captação e fontes de poluição;
- Identificação de corredeiras, cachoeiras, etc., além de outras formas de patrimônios naturais que ocorrem na região, destacando aqueles que possam ser afetados pelo empreendimento;
- Estudo de qualidade das águas, informando sobre os métodos adotados nos levantamentos de campo, parâmetros analisados, localização dos pontos de amostragem e avaliação dos resultados obtidos;
- Amostragens de sedimento, conforme previsto na Resolução SMA 39/04, para os casos de desassoreamento de cursos d'água;
- Caracterização do regime hidrológico do corpo d'água a sofrer intervenção, informando a área da bacia de drenagem, o histórico das vazões médias, a curva de permanência das vazões médias, vazões mínimas com duração de 7 dias ( $Q_{7,10}$ ), e vazões máximas anuais.

### **Meio Biótico**

O diagnóstico dos ecossistemas naturais deverá ter como fornecer subsídios para se conhecer a relevância ecológica dos ambientes naturais potencialmente afetados e permitir avaliar a significância dos impactos da construção e operação sobre os mesmos. Portanto, o diagnóstico deverá iniciar com a identificação nas áreas de influência do empreendimento, da ocorrência de:

- a) Unidades de Conservação;
- b) Áreas Prioritárias para Conservação, indicadas pelo Projeto Biota/FAPESP ou outras áreas identificadas em literatura e após levantamentos de campo;
- c) potenciais corredores ecológicos, relacionadas entre as "Áreas Prioritárias para Incremento para Conectividade" do Projeto Biota/ FAPESP ou identificadas em literatura e após levantamentos de campo;
- d) remanescentes dos ecossistemas regionais de valor ecológico;
- e) Áreas de Preservação Permanente atuais e futuras.

### Flora

Para a Área de Influência Indireta, deverá ser apresentada a caracterização geral da fitofisionomia da área de influência do empreendimento, em especial dos fragmentos remanescentes, indicando a estimativa de cobertura florestal residual e Áreas de Preservação Permanente – APPs, quanto aos tipos fitofisionômicos (mata ciliar, fragmento de floresta estacional semidecidual, áreas de reflorestamento, remanescente de cerrado etc.).

Para a Área de Influência Direta / Área Diretamente Afetada deverá ser apresentado Laudo de Levantamento Florístico e Fitossociológico, dos fragmentos florestais a serem afetados.

Tais estudos deverão incluir, no mínimo:

- a) Metodologia dos levantamentos de campo e bibliográfico;
- b) Informações sobre tipos fitofisionômicos (mata ciliar, fragmento de floresta estacional semidecidual, áreas de reflorestamento, remanescente de cerrado e etc.), estrutura, grau de estratificação e cobertura vegetal, DAPs médios e mais relevantes, altura média e predominante dos indivíduos, grau de conservação das tipologias;
- c) Listagem de espécies contendo família, nome científico, nome popular, status de conservação de acordo com as Listas Oficiais de Espécies Ameaçadas de Extinção (Instrução Normativa IBAMA 06/2008 e Resolução SMA 48/2004), espécies endêmicas, origem das espécies (nativas ou exóticas), dado primário ou secundário;
- d) Registros fotográficos com localização dos pontos de amostragem em UTM e em foto aérea ou imagem de satélite;
- e) Avaliação dos resultados obtidos;
- f) Anotação de Responsabilidade Técnica – ART dos profissionais responsáveis.

Para a AID e ADA, deverá ser apresentado o mapeamento da cobertura vegetal na escala 1:10.000 ou maior, elaborado a partir de foto aérea ou imagem de satélite em escala de maior detalhe e investigação de campo. Indicar nas fotos aéreas (utilizando *layers* transparentes) a delimitação dos remanescentes florestais, devidamente classificados por tipo e estágio de sucessão ecológica, destacando os pontos e os transectos estudados.

Todas as intervenções solicitadas em Área de Preservação Permanente (APP) deverão ser quantificadas e qualificadas em planta e apresentadas em um quadro de áreas, no qual deverão ser distinguidos os diferentes estágios sucessionais da cobertura vegetal ocorrente, com base nos parâmetros estabelecidos pelo Código Florestal e Resoluções CONAMA 303/2002, 302/2002 e 369/2006.

#### Fauna

Deverá ser realizada a caracterização da fauna de vertebrados terrestres (mastofauna, herpetofauna e avifauna) a partir de dados bibliográficos.

Para os casos de **supressão de vegetação em estágio médio** deverá ser apresentado Laudo de Fauna Silvestre para a Área de Influência Direta/Área Diretamente Afetada incluindo os grupos Mastofauna, Avifauna, Herpetofauna a partir de amostragens nos remanescentes florestais e outros ambientes naturais mais significativos. Tais estudos deverão apresentar, no mínimo:

- a) Metodologia adotada nos levantamentos bibliográfico e de campo, ressaltando que em campo deverão ser adotados métodos que privilegiem a observação;
- b) Esforço amostral, compreendendo, no mínimo, 3 dias em campo por área amostrada, contemplando os três períodos do dia (manhã/tarde/noite);
- c) Listagem de espécies faunísticas contendo nome popular, nome científico, família, habitat, origem (nativa ou exótica), indicação do local e tipo de registro (observação, vestígio, relato etc), espécies endêmicas para o referido bioma, dado primário ou secundário (caso seja secundário, indicar fonte), status de conservação de acordo com as Listas Oficiais de Espécies Ameaçadas de Extinção (Instrução Normativa IBAMA/2003 e Decreto Estadual 53.494/2008), e o grau de sensibilidade às interferências antrópicas;
- d) Registros fotográficos com localização dos pontos de coleta em UTM e em foto aérea ou imagem de satélite;
- e) Avaliação dos resultados obtidos que abordem os conceitos de riqueza, abundância, hábito (generalista ou especialista), grau de ameaça (Listas IBAMA 11/2005 e Decreto Estadual 56.031/2010), sensibilidade a interferências antrópicas e espécies endêmicas;
- f) Anotação de Responsabilidade Técnica do profissional responsável.

OBS.: Os procedimentos relativos à fauna silvestre terrestre deverão contemplar a Portaria DEPRN nº 42/00.

Tais estudos deverão considerar a manutenção de corredores ecológicos ou mesmo a criação de outros devido à sua importância para a fauna terrestre.

### Ictiofauna

Apresentar caracterização da ictiofauna no trecho do curso d'água a sofrer intervenção e principais afluentes. Tal caracterização deverá contemplar levantamentos bibliográficos e de campo.

### Unidades de Conservação e outras Áreas Protegidas

Deverá ser apresentada a identificação e mapeamento das áreas protegidas no entorno do empreendimento (unidades de conservação, áreas tombadas, área de proteção de mananciais, áreas indígenas, áreas quilombolas, etc.). Deverão também ser mapeadas todas as Unidades de Conservação municipais, estaduais e federais existentes no entorno de 10 km do empreendimento e estruturas associadas.

Na All, deverá ser utilizada a escala 1:25.000, com maior detalhe nas áreas protegidas, e demonstrando a localização do empreendimento em relação às Áreas Prioritárias para o Incremento da Conectividade e o Mapa de Áreas Prioritárias para a Criação de Unidades de Conservação (de acordo com os Mapas do Projeto Biota/FAPESP).

### **Meio Socioeconômico**

Para o diagnóstico do meio socioeconômico deverão ser contemplados, no mínimo, os seguintes aspectos:

- Dinâmica territorial e qualidade de vida – apresentar a caracterização e mapeamento da infraestrutura regional de comunicação e circulação de bens e pessoas; caracterização e análise da infraestrutura existente nos setores de saúde, educação, habitação, saneamento etc. dos municípios afetados. Apresentar os indicadores de qualidade de vida municipais;
- Atividades econômicas – apresentar fatores de produção, contribuição de cada setor, geração de emprego, nível tecnológico de cada setor;
- Caracterização do uso e ocupação do solo nas áreas de influência direta dos empreendimentos, utilizando-se foto aérea ou imagem de satélite (escala 1:10.000 ou maior). Identificar em layers transparentes as estruturas do empreendimento (canalizações; reservatório; canteiro de obras; áreas de empréstimo e bota-fora; acessos) e sua sobreposição em relação ao uso e ocupação do solo: aglomerações urbanas; propriedades rurais; manchas de vegetação; unidades de conservação; atividades agrícolas, minerárias e industriais; infraestruturas (estradas, ferrovias, linhas de transmissão, dutos, etc.); equipamentos urbanos (escolas, igrejas, postos de saúde, etc); cursos e corpos d'água; sítios arqueológicos, patrimônio histórico, cultural e natural, etc; propriedades afetadas; atividades econômicas afetadas (comércio, mineração, lazer e etc.) entre outros.
- Cadastro da população afetada, indicando, no mínimo: número de propriedades, área total da propriedade (ha), área a ser afetada de cada propriedade (ha), número de residentes por propriedade, nível de escolaridade, atividades econômicas e de lazer desenvolvidas; benfeitorias a serem relocadas.

### Bens Protegidos e Comunidades Tradicionais

Deverão ser apresentadas (os):

- Identificação dos possíveis remanescentes das populações indígenas e quilombolas que, historicamente, habitaram a região, através de dados secundários;
- Identificação dos bens tombados nas esferas federais, estaduais e municipais;
- Estudo de diagnóstico arqueológico da região afetada, conforme Portaria IPHAN 230/03 e Resolução SMA 34/03.

## 7 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Identificar, quantificar quando possível, e avaliar os principais impactos potenciais decorrentes das ações previstas para a implantação e para a operação do empreendimento. Apresenta-se, a seguir, uma lista dos impactos comumente verificados nestes tipos de empreendimentos.

### Fase de Planejamento

- Compatibilidade com a legislação incidente sobre a área afetada;
- Geração de expectativa da população;
- Compatibilidade com Áreas Protegidas.

### Fase de Implantação

- Desencadeamento/intensificação de processos de dinâmica superficial;
- Poluição gerada no canteiro de obra e frentes de trabalho;
- Alterações na qualidade das águas e interferências com cursos d'água;
- Impactos decorrentes do rebaixamento do lençol freático;
- Perda de cobertura vegetal e intervenções em Áreas de Preservação Permanente (APP) para implantação da obra principal e áreas de apoio. (Indicar estimativa da vegetação a ser suprimida (ha), tipologia e estágio de sucessão ecológica);
- Perda de habitat da fauna e interferências com corredores de fauna decorrentes da implantação da obra principal e obras associadas;
- Desapropriação;
- Relocação de população;
- Interferências em benfeitorias e atividades econômicas desenvolvidas na área de influência direta;
- Incômodos à população;
- Alteração na dinâmica populacional;
- Sobrecarga dos serviços de saúde, educação e nas demandas habitacionais e atividades de lazer locais devido à atração de trabalhadores pela obra;
- Intensificação do tráfego de veículos decorrente das obras de implantação do canteiro de obras e do empreendimento;
- Interferências com a infraestrutura existente (rede elétrica, telefonia, estradas, ferrovia, dutos etc.);
- Interferências em sítios contaminados;
- Interferências com patrimônio arqueológico, natural e cultural;

- Interferências em áreas protegidas (Unidades de Conservação, Áreas de Proteção de Mananciais, Reservas Florestais, áreas tombadas, áreas indígenas, áreas quilombolas etc.).

#### Fase de Operação

- Desencadeamento/intensificação de processos erosivos, assoreamento e movimentos de massa;
- Proliferação de vetores de doenças de veiculação hídrica.

### 8 – PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS, DE CONTROLE, MONITORAMENTO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

As medidas e os programas ambientais a serem propostos deverão ser de caráter preventivo, corretivo, potencializador, sendo apresentados por fase do empreendimento, fator ambiental e impacto a que se destinam. As medidas deverão estar preferencialmente inseridas em programas ambientais específicos, de forma a favorecer a gestão ambiental do empreendimento.

Os planos e programas ambientais, entre os quais se inserem os programas de monitoramento, deverão ser propostos em função dos resultados da avaliação dos impactos, e estruturados de forma a facilitar a adoção do gerenciamento ambiental do empreendimento. Os programas de monitoramento deverão permitir o acompanhamento dos reais efeitos do empreendimento sobre o meio ambiente, avaliando a eficiência das medidas mitigadoras propostas e desencadeando processos para sua adequação, quando necessário.

A apresentação dos programas propostos deverá contemplar metodologia, objetivos, atividades, indicadores ambientais, sistemas de registros, equipe técnica responsável, cronograma de implementação etc. Tais programas poderão ser inseridos em um Plano de Gestão Ambiental do Empreendimento.

### 9. EQUIPE TÉCNICA

Apresentar listagem dos técnicos que participaram da elaboração do RAP com os números do registro profissional, em seus respectivos conselhos de classe.

### 10. DOCUMENTAÇÃO

Apresentar, além da documentação indicada nos "Procedimentos para Recebimento de Documentos" do Protocolo do Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos anexo:

- Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do responsável técnico pela elaboração do RAP;
- Manifestação do órgão ambiental municipal, nos termos da Resolução CONAMA 237/97, artigo 5º, conforme Resolução SMA 22/09;
- Certidão da Prefeitura Municipal relativa ao uso do solo, nos termos da Resolução CONAMA 237/97, artigo 10, conforme Resolução SMA 22/09;
- Manifestação do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, conforme as diretrizes da Portaria IPHAN 230/02 e Resolução SMA 34/03, caso o estudo diagnóstico indique a presença de indícios e evidências de patrimônio histórico e arqueológico na área proposta para implantação do empreendimento;
- Outorga de Implantação emitida pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, conforme estabelecido na Resolução Conjunta SMA/SERHS 01/05.

DOAÇÃO

I GC - USP

Data: 08.03 2013

