

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL COM AUXÍLIO DE LÓGICA
FUZZY E PROPOSTA DE UM GEOINDICADOR PARA
CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA DO RIO DO
PEIXE**

VOLUME I

Sandra Fernandes da Silva

Tese apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos, da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutor em Geotecnia

ORIENTADOR: Prof. Dr. Osni José Pejon

São Carlos

2005

*Aos meus dois grandes amores, José Otacílio e Ireci.
Meus pais e exemplos de vida.*

“A pior coisa que pode acontecer na vida de uma pessoa não é quando seu projeto não dá certo, seu plano de ação não funciona, ou quando sua viagem termina no lugar errado. O pior é não começar. Esse é o maior naufrágio.”

Amyr Klink – Mar sem fim

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Osni José Pejon, não apenas pela orientação técnica dispensada a realização deste trabalho, mas também, pela amizade e valiosa contribuição a minha formação e amadurecimento profissional.

À FAPESP, por disponibilizar os recursos financeiros utilizados na realização desta pesquisa.

Aos Professores, Dr. Oswaldo Augusto Filho e Dr. Marcos Ferreira, pelas sugestões, críticas e avaliações tecidas.

Ao Prof. Dr. Lázaro Valentim Zuquette, pela amizade, pelos momentos de descontração e inúmeras dicas e observações tecidas ao longo de todo o trabalho, e por estar sempre disposto a colaborar.

A professora e amiga Dra Gene Stancatti, por me acolher, apoiar e incentivar a seguir sempre em frente.

Ao Professor Dr. Edmundo Esquivel e ao Dr Carlos Vaz, pela paciência e auxílio nas fases de calibração e ensaio com a sonda-TDR.

Aos técnicos e funcionários do Departamento Benedito, Zé Luiz, Álvaro, Antônio, Décio e Maristela por tanta presteza e atenção dispensada em todos estes anos.

Ao técnico de informática Herivelto, pelas preciosas assessorias e presteza em todos os momentos.

Aos muitos amigos que fiz durante esta longa jornada aqui no Departamento de Geotecnia, Domingos Borges, Célio Piedade Jr, Jeselay Reis, Kleber Dourado, Rogério Pinto, Leonardo Silveira, Miguel Alfaro, Marcos Musso, Vinícius Santos, Maurício Giambastiani, Luiz Baras, Mauro Menegotto, Edmundo Talamini, Ricardo Gomes, Wilson Cartaxo, Guilherme Daives Daniele Aparecida, Eliana Martisn, Marta Souza, Ana Carina Collares, Luciene Moraes, Wanessa Cartaxo, Adriana Arhendet, Gilvana Marques e Juliana Silveira não apenas pela troca de informações e conhecimentos, mas pela valiosa convivência.

Ao amigo de tantos anos, Paulo Lopes, pelo companheirismo, pela troca de conhecimentos e ajuda em diversas etapas deste e de tantos outros projetos que trilhei.

As minhas amigas e companheiras da sala de mapeamento Silvana Fontes e Gracinete Bastos pela troca de conhecimentos, incentivos e muitos momentos de alegrias, que tornaram esta jornada, por muitas vezes, mais leve.

As minhas amigas de São Carlos, Adriana Goulart, Ana Furlan, Soraia, Simoni Gheno, Maria Cecília Almeida, Josilene Costa e Karine Itmam pela amizade, companheirismo e incentivo constante.

Ao meu querido amigo Oscar dos Santos Neto, por sua amizade incondicional ao longo de todos estes anos, e por me ensinar e incentivar a ter força e serenidade para lidar com tantas adversidades pessoais e profissionais.

A Neiva Rosális por estar sempre presente e disposta a ajudar com uma palavra de carinho e amizade, e pelo acolhimento junto a sua família.

A Nívea Pons não apenas pela troca de conhecimentos profissionais e incentivos, mas pela sua preciosa amizade, compreensão e inestimável ajuda nas etapas finais de elaboração deste trabalho.

A Ana Paula Vianna, mais que minha amiga, mais que uma companheira de trabalho, minha irmã de coração, minha família e apoio durante todos os anos que morei em São Carlos.

Aos meus pais, José Otacílio e Ireci, irmãs Lizi e Nan, e a minha tia e segunda mãe Iêda, pelo apoio constante e irrestrito.

SUMÁRIO

VOLUME I

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS	xv
RESUMO	xvi
<i>ABSTRACT.</i>	xvii
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Objetivos	3
1.1.1 – Objetivo geral.	
1.1.2 – Objetivos específicos.	3
2. – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 - O Meio Ambiente e o Processo de Avaliação Ambiental	4
2.2. – Leis Ambientais	7
2.3. - Zoneamento Geoambiental	12
2.3.1. Metodologias de Zoneamento Geoambiental	14
2.4. Bacias Hidrográficas como Unidades de Planejamento	19
2.4.1. Condicionantes de Alterações Ambientais em Bacias Hidrográficas	22
2.4.1.1. Condicionantes de Ordem Natural	22
2.4.1.2. Condicionantes de Natureza Antrópica	23
2.5. Indicadores Geoambientais	25
2.6. Geoprocessamento e Estudos Ambientais	27
2.6.1 Estrutura de um Sistema de Informações Geográficas	29
2.6.2. Operações Matemáticas nos Sistemas de Informações Geográficas	31
2.7 - Lógica <i>Fuzzy</i>	32
2.7.1 Teoria <i>Fuzzy</i> – Princípios Básicos	34
2.7.2 Teoria dos Conjuntos Difusos - Conceituação Matemática	34
2.7.3 – Aplicações da Lógica <i>Fuzzy</i>	38
2.7.3.1. –. Exemplos de Aplicação da Lógica <i>Fuzzy</i>	40

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	42
3.1. Localização e Acesso	42
3.2. Aspectos Fisiográficos	45
3.2.1 Clima	45
3.2.2. Cobertura Vegetal	45
3.2.3. Pedologia	46
3.2.4. Geomorfologia	48
3.3. Aspectos Sócio-Econômicos	48
3.3.1 Demografia	48
3.3.2. Quadro Econômico	50
3.3.2.1 Turismo	51
3.3.2.2. Atividade Agrícola	52
4. MATERIAIS E MÉTODOS	56
4.1. Avaliação Ambiental do Meio Físico	56
4.1. 1 Levantamento e Produção de Informações Básicas Relativas ao Meio - Base de Dados Fundamentais	57
4.1.2 Processamento Computacional com Aplicação de Fundamentos de Lógica <i>Fuzzy</i> – Base de Dados <i>Fuzzy</i> e Elaboração de Cartas Interpretativas	58
4.2. Avaliação de Alterações do Meio Físico por Atividades Modificadoras	58
4.3. Zoneamento Geoambiental	59
5. BASE DE DADOS - MAPAS BÁSICOS FUNDAMENTAIS	61
5.1. Mapa de Documentação (ANEXO I)	61
5.2. Mapa de Substrato Rochoso (ANEXO II)	61
5.2.1 Procedimentos Empregados	62
5.2.2. Unidades do Substrato Rochoso	62
5.2.2.1 Rochas Ígneas	63
5.2.2.2 Rochas Metamórficas	68
5.3. Mapa de <i>Landforms</i> (ANEXO III)	76
5.3.1 Procedimentos Empregados	77
5.3.2 Sistemas e Unidades de <i>Landforms</i>	79
5.3.2.1 Sistemas de Terreno A	80
5. 3.2.2. Sistemas de Terreno B	85
5.3.2.3 Sistemas de Terreno C	90
5.3.2.4 Sistemas de Terreno D	95

5.3.2.5 Sistema de Terreno E	102
5.4 Mapa de Unidades de Materiais Inconsolidados (ANEXO IV)	108
5.4.1 Procedimentos Empregados	108
5.4.2 Ensaio de Laboratório Realizados	109
5.4.3 Unidades de Materiais Inconsolidados	115
5.4.3.1 Unidade de Materiais Aluvionares – (Al)	116
5.4.3.2. Unidades de Materiais Retrabalhados - (Rt)	116
5.4.3.3 Unidades de Materiais Residuais	119
5.5. Mapa de Uso e Ocupação do Terreno (ANEXO V)	138
5.5.1 – Procedimentos Empregados	138
5.5.1.1 Atividades de Pré-processamento	138
5.5.1.2 Atividades de Processamento	144
5.5.1.3 Atividades de Pós-processamento	144
5.5.2 – Classes de Uso e Ocupação do Terreno	145
6. DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS FUZZY - CARTAS DERIVADAS	147
6.1 Suporte Computacional - Sistema d Informação Geográfica Spring	148
6.1.1 Linguagem de Programação LEGAL	150
6.1.2. Estruturação de um Programa em LEGAL	151
6.2 Base de Dados Básicos Fundamentais <i>Fuzzy</i>	154
6.2.1 Declividade	155
6.2.1.1 Procedimentos Empregados	155
6.2.1.1.1 Carta de Declividade – Documento Temático	157
6.2.1.1.2 Dados Declividade Fuzzy	161
6.2.2 Carta de Extensão do menor Percurso de Água Superficial (CEMPAS)	163
6.2.2.1 Procedimentos Empregados	164
6.2.3 Substrato Rochoso e Materiais Inconsolidados	167
6.2.3.1 Procedimentos Empregados	167
6.2.3.1.1– Caracterização das relações de contato	171
6.2.3.1.2– Elaboração e execução de Programas em LEGAL	174
6.4 Cartas Derivadas Interpretativas <i>Fuzzy</i>	
6.4. 1 Procedimentos de elaboração das cartas derivadas	182
6.4.1.1 Comparação pareada entre informações – Técnica AHP	182
6.4.1.2 Disposição dos atributos em classes	184

6.4.1.3	Análise das Cartas interpretativas fuzzy	185
6.4. 2	Carta de Potencial ao Escoamento Superficial (ANEXO VII)	190
6.4.3.	Carta de Susceptibilidade a Erosão (ANEXO VIII)	194
6.4.4.	Carta de Potencial Agrícola (ANEXO IX)	198
7. –	CARACTERIZAÇÃO DE ALTERAÇÕES DO MEIO – PROPOSTAS DE UM NOVO GEOINDICADOR	203
7.1 -	Resistência a Penetração	203
7.1.1.	Teoria da Técnica de Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR)	205
7.2	Equipamento – Penetrômetro/Sonda-Tdr	205
7.2.1	WinTDR 6.0	207
7.3.	Medidas de Resistência A Penetração	208
7.4	Procedimentos Empregados	209
7.4.1	Experimentos em laboratório	209
7.4.2	Experimentos em Campo	211
7.4.3 –	Uso e ocupação do terreno e solos ensaiados	215
7.5	Caracterização do Comportamento de Resistência A Penetração	217
8. –	ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO DO PEIXE	231
8.1 –	Unidades Geoambientais	232
9. -	CONCLUSÕES	326
9.1 –	Quanto a utilização da Lógica Fuzzy no Processo de Avaliação Ambiental	326
9.2 –	Quanto a Ferramenta Computacional Utilizada para Aplicação Da Lógica Fuzzy No Processo De Avaliação Ambiental	328
9.3 –	Quanto ao Indicador Ambiental Proposto para caracterização de Alterações Ambientais introduzidas no Meio.	329
9.4 –	Quanto ao Zoenamento Geoambiental Elaborado	330
10 –	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	333
11 -	APENDICE A - Rotinas de programação em linguagem LEGAL	345

VOLUME II

ANEXO I – Mapa de Documentação

ANEXO II – Mapa de Substrato Rochoso

ANEXO III – Mapa de *Lanforms*

ANEXO IV – Mapa de Materiais Inconsolidados

ANEXO V – Mapa de Uso e Ocupação

ANEXO VI – Carta de Declividade

ANEXO VII – Carta de potencial ao Escoamento Superficial

ANEXO VIII – Carta de Susceptibilidade a Erosão

ANEXO IX – Carta de Potencial Agrícola

ANEXO X – Carta de Zoneamento Geoambiental

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Abordagens distintas dos estudos de natureza geoambiental (Sobreira, 1995).	13
Figura 2.2 – Fluxograma da metodologia de Cendrero <i>et al.</i> (1983).	16
Figura 2.3 – Representações gráficas dos conjuntos clássicos e difusos para definição da temperatura do ambiente (Galvão, 1999).	38
Figura 3.1 – Localização da área de estudo	43
Figura 3.2 – Localização da Bacia do Rio do Peixe com relação aos Estados de São Paulo e Minas Gerais.	44
Figura 3.3 – Municípios da Bacia do Rio do Peixe.	44
Figura 3.4 – Distribuição demográfica na Bacia do Rio do Peixe.	49
Figura 3.5 – Distribuição da população urbana e rural na Bacia do Rio do Peixe (IBGE, 2002).	51
Figura 3.6 – Percentual em área ocupado pela produção agrícola na Bacia do Rio do Peixe (IBGE, 2002).	52
Figura 3.7 – Distribuição em área plantada dos produtos de lavoura permanente.	54
Figura 3.8 - Distribuição em área plantada dos produtos de lavoura temporária.	55
Figura 4.1 – Fluxograma das etapas desenvolvidas para obtenção do zoneamento geoambiental da bacia	60
Figura 5.1 – Fluxograma das etapas desenvolvidas na obtenção do Mapa de Substrato Rochoso.	63
Figura 5.2 – Detalhe de afloramento de granitos cataclasados. Notar orientação apresentada pelos cristais de k-feldspato.	65
Figura 5.3 – Detalhe dos pórfiros de k-feldspato dos granitos porfiróides. Notar orientação dos cristais de k-feldspato.	66
Figura 5.4 a e b – Afloramentos típico de granitos porfiróides.	67
Figura 5.5 –Bandamento típico exibido pelos Granito-Gnaisses.	68
Figura 5.6 –A)Afloramento de Gnaisse intercaldos com quartzitos e xistos, (B) detalhe da lente de xisto	69
Figura 5.7 – Afloramentos de gnaisses intercalados com rochas básicas, com aspecto cataclasado, apresentando heterogeneidade litológica.	70
Figura 5.8 – Afloramentos de veios pegmatíticos comum nos gnaisses intercalados com rochas básicas nas proximidades do município de Serra Negra.	71
Figura 5.9 – Afloramentos de quartzitos com intercalações de lentes de xisto gnaisse.	71
Figura 5.10 – Afloramento de quartzito sem ocorrência de níveis intercalados.	72
Figura 5.11 A e B)Afloramentos de Migmatitos com leucossomas e paleossomas exibindo aspecto dobrado.	73
Figura 5.12 – Afloramentos de Ultramilonitos de gnaisse cataclasados.	75
Figura 5.13 Plano de falha comum nos Ultramilonitos presentes junto as zonas de falhas.	75
Figura 5.14 – Etapas desenvolvidas na obtenção do Mapa de <i>Landforms</i> da bacia.	78
Figura 5.15 – Dados de Hipsométria da bacia.	78
Figura 5.16. - Detalhe em Modelo Digital do Terreno da Unidade A2. Notar destaque aos morros de topos angulosos, definindo cristas com disposição em arco.	82
Figura 5.17. Detalhe perfil de encosta da Unidade A2.	82
Figura 5.18 Unidade de <i>landform</i> A3. Colinas associadas a vales abertos.	83
Figura 5.19. Unidade de <i>landform</i> A4. Morros de topos aplanados associadas a vales abertos.	83
Figura 5.20 – Detalhe Unidade de <i>landform</i> A5. Morro de topos arredondados e vertentes convexas.	84
Figura 5.21 – Detalhe Unidade de <i>landform</i> A6. Morro de topos angulosos alongados na direção NE/SW.	84
Figura 5.22 – Unidade de <i>landform</i> A7. Morros de topos arredondados a levemente angulosos.	85
Figura 5.23 – Unidade de <i>landform</i> A8. Colinas de topos arredondados suaves.	85

Figura 5.24. Unidade de <i>landform</i> B1. Morros de topos angulosos restritos e encosta retilíneo-convexos.	86
Figura 5.25. Unidade de <i>Landform</i> B2. Morros de topos arredondados e restritos.	87
Figura 5.26. Unidade de <i>Landform</i> B3. Serras de topos angulosos extensos.	87
Figura 5.27. Unidade de <i>Landform</i> B4. a) Morros com topos angulosos restritos. b) Morros com topos arredondados.	88
Figura 5.28. Unidade de <i>landform</i> B5. Detalhe encostas convexas e extensas voltadas para oeste	89
Figura 5.28. Unidade de <i>landform</i> B5. Detalhe encostas convexas e extensas voltadas para oeste	89
Figura 5.30. Unidade de <i>landform</i> B7. Morros de topos angulosos estreitos, encostas convexo-retilíneas associadas a vales abertos	90
Figura 5.31 Unidade de <i>lanform</i> C1. Serras de topos angulosos, vertentes convexo-retilíneas.	91
Figura 5.32 Unidade de <i>landform</i> C2. Morros de encostas convexas e topos anguloso, associado a vales abertos.	92
Figura 5.33. Unidade de <i>landform</i> C3. Serras de topos angulosos a arredondados. Detalhe dos perfis de encosta voltados para leste.	92
Figura 5.34. Unidade de <i>landform</i> C3. Detalhe forma dos topos angulosos e encosta retilíneo-convexas.	93
Figura 5.35 Unidade de <i>lanform</i> C5. Serras de topos estreitos. Detalhe encostas retilíneas voltadas para leste.	93
Figura 5.36. Unidade de <i>landform</i> C6. Serras de topos angulosos estreitos, encostas convexo-retilíneas.	94
Figura 5.37 – Unidade de <i>landform</i> C7. Serras de topos angulosos restritos, vertentes retilíneo-convexas.	95
Figura 5.38. Detalhe da Unidade de <i>landform</i> D1. Serras de encostas retilíneo-convexas com presença de ravinas.	96
Figura 5.39. Unidade de <i>landform</i> D2. Colinas de encostas suavizadas associadas a vales abertos.	96
Figura 5.40. Unidade de <i>lanform</i> D3. Morros de encostas convexas com inclinação média, associados a vales abertos.	97
Figura 5.41. Unidade de <i>lanform</i> D4. Colinas de topos arredondados e encostas convexas.	98
Figura 5.42. Unidade de <i>landform</i> D5. Morros de topos angulosos restritos e encostas convexas.	98
Figura 5.43. Unidade de <i>landform</i> D6. a) Morros de topos arredondados e b) Morros de topos angulosos.	99
Figura 5.44. Unidade de <i>landform</i> D7, conjunto de serras associadas a vales abertos. a) Representação em Modelo Digital do Terreno, b) Detalhe encostas retilíneas.	100
Figura 5.45. Detalhe da unidade de <i>landform</i> D8. Serras de topo anguloso e encostas retilíneas.	101
Figura 5.46. Unidade de <i>landform</i> D9. Serras de topo anguloso de encostas desiguais. a) Encostas retilíneas e b) Encostas convexas.	101
Figura 5.47. Unidade de <i>landform</i> D10. Morros de topo anguloso de encostas retilíneas.	102
Figura 5.48. Unidade de <i>landform</i> D11. Vale abertos com desenvolvimento de planície aluvionar.	102
Figura 5.49. Unidade de <i>landform</i> E1. Morros de topos angulosos.	103
Figura 5.50. Unidade de <i>landform</i> E2. Serras de topos arredondados associadas a vales abertos.	104
Figura 5.51. Unidade de <i>landform</i> E3. Morros de topos arredondados e encostas convexo-retilíneas.	104
Figura 5.52. Unidade de <i>landform</i> E4. a) Serras com perfil de encostas retilíneo voltado para o norte e oeste e b) Perfil convexo-retilíneo voltados para o sul e leste.	105

Figura 5. 53. Unidade de <i>landform</i> E5. Morros e vales abertos.	106
Figura 5. 54. Unidade de <i>landform</i> E6. Morros de topos angulosos e encostas retilíneo-convexas.	106
Figura 5.55. Unidade de <i>landform</i> E7. Morros de topos arredondados extensos com perfis de encostas são convexo-retilíneos suaves.	107
Figura 5.56 –Unidade de <i>lanform</i> E8. Colinas de topos arredondados extenssos e encostas convexas suaves.	107
Figura 5.57. Fluxograma com as etapas desenvolvidas para elaboração do Mapa de Unidades de Materiais Inconsolidados.	109
Figura 5.58. Fluxograma do ensaio de adsorção de azul de metileno pelo Método do Papel de Filtro (Pejon, 1992).	112
Figura 5.59. Coleta de amostra indeformada para execução dos ensaios de absorção de águas e perda por imersão.	114
Figura 5.60. Esquema ilustrativo do equipamento utilizado na execução do ensaio de absorção de água (Pejon, 1992).	114
Figura 5.61. Ilustração do conjunto anel/solo imerso em recipiente com água para execução do ensaio de perda de massa por imersão.	115
Figura 5.62.A) Ocorrência de materiais retrabalhados presente sobre residuais sem linha de seixo.B) Linha de seixos separando materiais retrabalhados e residuais.	118
Figura 5.63. Detalhe de afloramento de materiais residuais de Granitos cataclsaos.	119
Figura 5.64. Perfil de solo e rocha alterada de ReGrp. Variações de cor caracterizando composição da rocha original.	121
Figura 5.65. A)Perfil de solo e rocha alterada de ReGr-Gn. B) Detalhe rocha alterada diferenças de coloração porção gnaissificada.	122
Figura 5.66. A) Perfil de solo ReQtz. Gradação entre rocha alterada e solos bem desenvolvido. B) Detalhe rocha alterada de quartzitos impuros.	124
Figura 5.67. Movimento de massa gravitacional tipo <i>creeping</i> comum em solos da undade ReQtz1.	124
Figura 5.68. A) Exposição de rocha quartzítica e solos residuais de gnaisse intercalados com quartzitos, B) diferença de cores caracterizando porções quartzíticas e gnáissicas.	126
Figura 5.69. Exposição de pacote de solos residuais de gnáissicas intercalados com quartzto.	127
Figura 5.70 Detalhe ocorrência de rocha sã a alterada de gnaisses intercaladas com quartzito, sem presença de solos desenvolvidos.	127
Figura 5. 71. Afloramento de solos residuais de Gnaisses intercaldos com rochas básica	129
Figura 5. 72. Afloramento rocha alterada de gnaisses intercalados com rochas básicas em envolta em massa de solo.	130
Figura 5. 73 A e B. Exemplos da ocorrência de variações de cores em gnaisses intercalados com rochas básicas alterados, delimitando alternância de bandas mais ricas em quartzo e feldspato, e ricas em biotitas.	130
Figura 5.74 Veio de quartzo disposto em meio a massa de solo de gnaisses intercalados com rochas básicas.	131
Figura 5. 75 A) Afloramento de solos de migmatitos bem desenvolvidos. B). Detalhe da predominância de tons laranjas.	133
Figura 5. 76 Diferença de coloração observada em afloramentos de solos de migmatito resultante das difrenças de concentração mineralógica da rocha.	133
Figura 5. 77 Movimentos de massa gravitacional tipo <i>creeping</i> , comum em solos de migmatito que apresentam foliação verticalizada e vegetação original removida.	134
Figura 5. 78 A) Afloramento de solos de ultramilonitos caracterizado pela ocorrência de intercalações de pacotes de solo e rochas pouco a muito alteradas B e C) Detalhe de porções pouco alteradas envoltas na massa de solo.	135

Figura 5.79 A) Afloramento de solos de Blastomilonitos B).Detalhe da ocorrência de rocha alterada ladeada por solo residual.	137
Figura 5.80 – Etapas executadas na obtenção do Mapa de Uso e Ocupação.	139
Figura 5.81 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática área urbana.	141
Figura 5.82 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática cana-de-açúcar estágio de crescimento.	141
Figura 5.83 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática café.	142
Figura 5.84 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática outras culturas (exemplo milho).	142
Figura 5.85 –Exemplo de ocorrência em campo da classe temática mata. A) Mata nativa fechada e B)Mata nativa esparsa	142
Figura 5.86– Exemplo de ocorrência em campo da classe temática mata ciliar.	143
Figura 5.87 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática pastagem.	143
Figura 5.88 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática solo exposto.	143
Figura 5.89 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática reflorestamento.	143
Figura 5.90 – Exemplos de amostras de treinamento identificadas na composição de bandas 4-5-3 (observar áreas demarcadas com o quadrado vermelho).	145
Figura 6.1 A) Projeto criado para informações do meio físico da bacia. B) Banco de Dados associado ao Projeto.	149
Figura 6.2 Exemplo de criação de modelo temático associado a informações do meio físico da bacia. B) Atribuição de escala e resolução as informações contidas no PI da categoria criada.	150
Figura 6.3 A) Mensagem de erro informativa de incoerência no programa a ser executado. B) Informação da linha do programa em que se encontra a incoerência.	151
Figura 6.4 - Etapas executadas para obtenção da Carta de Declividade da bacia.	157
Figura 6.5 – Módulo de execução e obtenção de dados de declividade no SPRING.	158
Figura 6.6 – Etapas do procedimento de fatiamento para obtenção de documento temático a partir de superfície numérica.	159
Figura 6.7 – Exemplo do resultado de uma operação de fatiamento de uma grade numérica (manual SPRING).	159
Figura 6.8 – Representação numérica <i>fuzzy</i> da Declividade da Bacia.	162
Figura 6.9 – Detalhe da representação numérica <i>fuzzy</i> dos valores de declividade da bacia.	163
Figura 6.10 – Etapas de importação de dados como Amostras MNT.	164
Figura 6.11 – Operação de elaboração de mapa de distancia.	165
Figura 6.12 – Detalhe da grade de distância construída a partir dos dados representativos da rede de drenagem da bacia.	166
Figura 6.13 – Representação temática das faixas de distância regularmente distribuídas ao longo da rede de drenagem da bacia.	168
Figura 6.14 – Representação numérica <i>fuzzy</i> das faixas de distância regularmente distribuídas ao longo da rede de drenagem da bacia.	169
Figura 6.15 – Detalhe da representação numérica <i>fuzzy</i> dos valores das classes de densidade de drenagem da bacia.	170
Figura 6.16 –Relações de contato verificadas entre unidades do substrato rochoso da bacia. A) Contato abrupto, B) Contato homogêneo, C) Contato heterogêneo e D) Região de contato complexo - destacada em vermelho.	172
Figura 6.17 – Etapas de edição vetorial de polígonos representativos de unidades temáticas	175
Figura 6.18 – Etapas transformação de dados temáticos vetoriais para representação matricial.	176
Figura 6.19 – Exemplo de unidade com relações gradativas diferentes ao longo da extensão de sua linha de contato.	176
Figura 6.20 Representação numérica <i>fuzzy</i> de relações de contato heterogêneo gradativo. Faixa interna 250 metros e externa 200 metros.	180
Figura 6.21 –Representação numérica de relação de contato homogêneo abrupto.	180

Figura 6.22 – Representação numérica de relação de contato gradativo homogêneo abrupto. Faixas contatos homogêneos interno/externo de 200 metros e 100 metros.	181
Figura 6.23 – Exemplo de operação de análise AHP no sistema SPRING.	183
Figura 6.24 – Exemplo de disposição dos atributos constituintes da informação substrato rochoso em classes crescentes de importância quanto ao aumento do escoamento superficial.	184
Figura 6.25 – A) Exemplo de agrupamento de unidades representativas de classe de importância alta. B) Detalhe zona de gradação da classe apresentada.	186
Figura 6.26 – Representação numérica $fuzzy$ das classes de influência dos atributos gênese/textura dos materiais inconsolidados frentes ao aspecto de susceptibilidade a erosão.	187
Figura 6.27 – A) Exemplo da ocorrência de regiões anômalas de distribuição contínua de valores entre classes de influência. B) Detalhe de região anômala caracterizada por valores de influência muito alta entre as classes adjacentes, baixa e média.	188
Figura 6.28 – Exemplo de operação de estatística de imagem por polígono.	189
Figura 6.29 – Exemplo operação de medida de classe em imagem temática matricial	189
Figura 6.30 – Representação numérica $fuzzy$ do potencial ao escoamento da Bacia do Rio do Peixe.	193
Figura 6.31 – Representação numérica $fuzzy$ susceptibilidade a erosão da Bacia do Rio do Peixe.	197
Figura 6.32 – Representação numérica $fuzzy$ do potencial agrícola da Bacia do Rio do Peixe.	202
Figura 7.1 – A) Penetrômetro de impacto com sonda espiral de TDR. B) Esquema da haste do penetrômetro de impacto com sonda espiral TDR (Vaz & Hopmans, 2001).	206
Figura 7.2 – Detalhe da sonda espiral de TDR . Fios metálicos envoltos em um material plástico duro (Kevlar-Nylon).	206
Figura 7.3 – Equipamentos utilizados para aquisição de medidas de ϵ_b e θ em campo.	207
Figura 7.4 – Exemplo de formas de ondas geradas pelo TDR e analisada pelo <i>software</i> WinTDR 6.0 (Or <i>et al</i> , 2001).	208
Figura 7.5 – Alocação dos pontos de ensaio de resistência a penetração nos solos presentes na Bacia do Rio do Peixe.	212
Figura 7.6 – Exemplo de medida de penetração lida na haste do penetrômetro. a) posição inicial; b) posição final da primeira leitura, correspondente a penetração de 0-6 cm; c) posição final da segunda leitura, correspondente a penetração de 6-11,5 cm (Stolf <i>et al</i> , 1983).	213
Figura 7.7 – Ensaio de medida de resistência a penetração realizada em campo.	214
Figura 7.8 – Detalhe cravação do penetrômetro em ensaios de campo.	214
Figura 7.9 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de granitos porfíricos (ReGrP).	218
Figura 7.10 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (ReGnB)..	218
Figura 7.11 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais intercalados com quartzitos (ReGnQ).	219
Figura 7.12 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de migmatitos (ReMig).	219
Figura 7.13 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de ultramilonitos (ReUtm)..	220
Figura 7.14 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de blastomilonitos (ReBtm).	220
Figura 7.15 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de granitos porfíricos (ReGrP).	221

Figura 7.16 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (ReGnB).	222
Figura 7.17 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de gnaisses intercalados com quartzitos (ReGnQ).	222
Figura 7.18 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de migmatitos (ReMig).	223
Figura 7.19 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de ultramilonitos (ReUtm).	223
Figura 7.20 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de blastomilonitos (ReBtm).	224
Figura 7.21 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (ReGnB).	226
Figura 7.22 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de granitos porfiríticos (ReGrP).	228
Figura 7.23 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de migmatitos (ReMig).	228
Figura 7.24 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de ultramilonitos (ReUtm).	229
Figura 7.25 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de blastomilonitos (ReBtm).	229
Figura 8.1 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental I.	234
Figura 8.2 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental II.	236
Figura 8.3 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental III.	238
Figura 8.4 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental IV.	240
Figura 8.5 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental V.	243
Figura 8.6 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental VI.	245
Figura 8.7 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental VII.	247
Figura 8.8 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental VIII.	250
Figura 8.9 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental IX.	252
Figura 8.10 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental X.	254
Figura 8.11 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XI.	256
Figura 8.12 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XII.	259
Figura 8.12 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XII.	261
Figura 8.14 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XIV.	263
Figura 8.15 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XV.	265
Figura 8.16 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XVI.	267

Figura 8.17 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XVII.	269
Figura 8.18 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XVIII.	272
Figura 8.19 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XIX.	274
Figura 8.20 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XX.	276
Figura 8.21 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXI.	278
Figura 8.22 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXII.	281
Figura 8.23 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXIII.	283
Figura 8.24 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXIV.	285
Figura 8.25 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXV.	287
Figura 8.26 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXVI.	290
Figura 8.27 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXVII.	292
Figura 8.28 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXVIII.	294
Figura 8.29 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXIX.	296
Figura 8.30 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXX.	299
Figura 8.31 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXI.	301
Figura 8.32 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXII.	303
Figura 8.33 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXIII.	305
Figura 8.34 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXIV.	307
Figura 8.35 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXV.	309
Figura 8.36 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXVI.	312
Figura 8.37 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXVII.	314
Figura 8.38 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXVIII.	316
Figura 8.39 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXIX.	318
Figura 8.40 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XL.	320
Figura 8.40 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XL.	323
Figura 8.42 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XLII.	325

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – A) Processos do Meio Físico. B) Atividades modificadoras do meio relacionadas aos processos tecnológicos (modificado de Collares, 1996).	5
Tabela 2.2 – Alguns dos atributos fundamentais ao Zoneamento Geoambiental, e a formas de obtenção dos mesmos. (modificado de Zuquette <i>et al.</i> , 1997).	18
Tabela 2.3 – Parâmetros que condicionam o <i>input</i> de energia, as características intrínsecas a bacia e as prováveis respostas às mudanças no sistema (Rawat, 1987 <i>apud</i> Collares, 1996).	20
Tabela 2.4 – Geoindicadores: influência natural X influência humana (ITC, 1996).	26
Tabela 3.1 – Levantamento de vegetação nativa na área da bacia do Rio do Peixe (modificado de Mion & Cavaleire, 1999).	46
Tabela 3.2 – Dados Populacionais da Bacia do Rio do Peixe. Número de Habitantes, Percentual de Habitantes e Taxa Geométrica de Crescimento Anual (IBGE, 2002).	49
Tabela 3.3 – Dados de População Urbana e Rural nos Municípios da Bacia no ano de 2000 (IBGE, 2002).	50
Tabela 3.4 – Distribuição em Área das Lavouras Temporária e Permanente nos Municípios da Bacia (IBGE, 2002).	53
Tabela 3.5– Distribuição em Área e Produção de Café e Laranja na Bacia (IBGE, 2002).	54
Tabela 3.6 – Distribuição em Área e Produção de Cana-de-Açúcar, Milho e Batata-Inglesa na Bacia (IBGE, 2002).	55
Tabela 5.1 – Atributos para classificação dos tipos de terreno (IPT, 1981).	79
Tabela 5.2 – Atributos utilizados na caracterização das formas de relevo da bacia (adaptado de Saraiva, 1995).	79
Tabela 5.3 – Caracterização geral das unidades de materiais inconsolidados da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.	117
Tabela 5.4. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Retrabalhados.	118
Tabela 5.5. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Granitos Cataclasados.	119
Tabela 5.6. Correlação entre subunidade de materiais inconsolidados residuais de granitos porfíricos e unidades de <i>lanforms</i> .	120
Tabela 5.7. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Granitos Porfíricos.	120
Tabela 5.8. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de granitos-gnaisses e unidade <i>lanforms</i> .	121
Tabela 5.9 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Granitos-Gnaisses.	122
Tabela 5.10. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de quartzitos impuros e unidade <i>lanforms</i> .	122
Tabela 5.11 – Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Quartzitos Impuros.	123
Tabela 5.12. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de gnaisses intercalados com quartzitos e unidade <i>lanforms</i> .	125
Tabela 5.13. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostras de Materiais Residuais de Gnaisses intercalados com Quartzitos.	125

Tabela 5.14. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de Gnaisses intercalados a rochas básicas e unidade <i>lanforms</i> .	128
Tabela 5.15 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Gnaisses intercalados Rochas Básicas.	128
Tabela 5.16 Correlação entre unidade residuais de materiais inconsolidados de migmatitos e unidade <i>lanforms</i> .	131
Tabela 5.17 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Migmatitos.	132
Tabela 5.18 Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de ultramilonitos e unidade <i>lanforms</i> .	134
Tabela 5.19 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Ultramilonitos.	135
Tabela 5.20 Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de Blastomilonitos e unidade <i>lanforms</i> .	136
Tabela 5.21 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Blastomilonitos.	137
Tabela 5.22 Tipos de uso e ocupação levantados na Bacia do Rio do Peixe para serem utilizados como amostras de treinamento na classificação supervisionada.	140
Tabela 5.23 - Dados referentes à extensão das classes de uso e ocupação na Bacia do Rio do Peixe.	146
Tabela 6.1 – Valores de Declividade (%) que delimitam a ocupação do meio físico (adaptado de Zuquette, 1987).	160
Tabela 6.2 – Classes de Declividade e valores de ocorrência em área.	160
Tabela 6.3 – Relações de transição estabelecidas a partir de critérios de formas de terreno	174
Tabela 6.4 – Escala AHP de comparação par a par (SAATy, 1978)	183
Tabela 6.5 – Ordenação das informações do meio físico e distribuição dos atributos em classes crescentes de influência.	190
Tabela 6.6 – Matriz de comparação pareada e pesos de ponderação de cada informação.	190
Tabela 6.7 - Valores medida de classe temática e estatística de imagem por polígono.	194
Tabela 6.8 – Ordenação das informações do meio físico e distribuição dos atributos em classes crescentes de influência.	194
Tabela 6.9 – Matriz de comparação pareada e pesos de ponderação de cada informação.	195
Tabela 6.10 - Valores medida de classe temática e estatística de imagem por polígono.	196
Tabela 6.11 – Ordenação das informações do meio físico e distribuição dos atributos em classes crescentes de influência.	198
Tabela 6.12 – Matriz de comparação pareada e pesos de ponderação de cada informação.	198
Tabela 6.13 - Valores medida de classe temática e estatística de imagem por polígono.	201
Tabela 7.1. Coeficientes de determinação (r^2) e coeficiente de ajuste polinomial de 3º grau ($\theta = a + bE + cE^2 + dE^3$) para solos arenosos e argilosos.	210
Tabela 7.2 – Relação dos pontos ensaiados por tipo de solo e uso de terreno vigente.	213
Tabela 7.3 – Caracterização geral dos solos com registro de ensaio de resistência a penetração.	216
Tabela 7. 4 – Relação de Valores NTG x Umidade volumétrica média, para os diferentes tipos de solos, e atividades de ocupação do terreno.	217
Tabela 7.5 – Valores de correlação NTG x Umidade por tipo de ocupação do terreno.	225

Tabela 7.6 – Valores de correlação NTG x Umidade por tipo de solo e atividade de ocupação do terreno.	226
Tabela 8.1 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade I	232
Tabela 8.2- Atributos do meio físico da unidade I	233
Tabela 8.3 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade II.	235
Tabela 8.4- Atributos do meio físico da unidade II.	235
Tabela 8.5 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade III.	237
Tabela 8.6- Atributos do meio físico da unidade III	238
Tabela 8.7 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade IV.	239
Tabela 8.8- Atributos do meio físico da unidade IV.	240
Tabela 8.9 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade V.	241
Tabela 8.10- Atributos do meio físico da unidade V.	242
Tabela 8.11 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade VI.	244
Tabela 8.12- Atributos do meio físico da unidade VI.	244
Tabela 8.13 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade VII.	246
Tabela 8.14- Atributos do meio físico da unidade VII.	247
Tabela 8.15 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade VIII.	248
Tabela 8.16- Atributos do meio físico da unidade VIII.	249
Tabela 8.17 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade IX.	250
Tabela 8.18- Atributos do meio físico da unidade IX.	251
Tabela 8.19 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade X.	253
Tabela 8.20- Atributos do meio físico da unidade X.	253
Tabela 8.21 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XI.	254
Tabela 8.22 - Atributos do meio físico da unidade XI.	256
Tabela 8.23 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XII.	257
Tabela 8.24- Atributos do meio físico da unidade XII.	258
Tabela 8.25 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XIII.	260
Tabela 8.26- Atributos do meio físico da unidade XIII.	260
Tabela 8.27 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XIV.	262
Tabela 8.28- Atributos do meio físico da unidade XIV.	262
Tabela 8.29 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XV.	264
Tabela 8.30- Atributos do meio físico da unidade XV.	265
Tabela 8.31 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XVI.	266

Tabela 8.32- Atributos do meio físico da unidade XVI.	267
Tabela 8.33 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XVII.	268
Tabela 8.34- Atributos do meio físico da unidade XVII.	269
Tabela 8.35 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XVIII.	270
Tabela 8.36- Atributos do meio físico da unidade XVIII.	271
Tabela 8.37 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XIX.	273
Tabela 8.38- Atributos do meio físico da unidade XIX.	273
Tabela 8.39 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XX.	274
Tabela 8.40- Atributos do meio físico da unidade XX.	276
Tabela 8.41 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXI.	277
Tabela 8.42- Atributos do meio físico da unidade XXI.	278
Tabela 8.43 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXII.	279
Tabela 8.44- Atributos do meio físico da unidade XXII.	280
Tabela 8.45 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXIII.	282
Tabela 8.46- Atributos do meio físico da unidade XXIII.	282
Tabela 8.47 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXIV.	284
Tabela 8.48- Atributos do meio físico da unidade XXIV.	284
Tabela 8.49 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXV.	286
Tabela 8.50- Atributos do meio físico da unidade XXV.	287
Tabela 8. 51 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXVI.	288
Tabela 8.52- Atributos do meio físico da unidade XXVI.	289
Tabela 8.53 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXVII.	291
Tabela 8.54- Atributos do meio físico da unidade XXVII.	291
Tabela 8.55 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXVIII.	293
Tabela 8.56- Atributos do meio físico da unidade XXVIII.	294
Tabela 8.57 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXIX.	295
Tabela 8.58- Atributos do meio físico da unidade XXIX.	296
Tabela 8.59 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXX.	297
Tabela 8.60- Atributos do meio físico da unidade XXX.	298
Tabela 8.61 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXI.	300
Tabela 8.62- Atributos do meio físico da unidade XXXI.	300
Tabela 8.63 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXII.	302
Tabela 8.64- Atributos do meio físico da unidade XXXII.	302

Tabela 8.65 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXIII.	304
Tabela 8.66- Atributos do meio físico da unidade XXXIII.	305
Tabela 8.67 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXIV.	306
Tabela 8.68- Atributos do meio físico da unidade XXXIV.	307
Tabela 8.69 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXV.	308
Tabela 8.70- Atributos do meio físico da unidade XXXV.	309
Tabela 8.71 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXVI.	310
Tabela 8.72- Atributos do meio físico da unidade XXXVI.	311
Tabela 8.73 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXVII.	312
Tabela 8.74- Atributos do meio físico da unidade XXXVII.	313
Tabela 8.75 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXVIII.	315
Tabela 8.76- Atributos do meio físico da unidade XXXVIII.	315
Tabela 8.77 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXIX.	316
Tabela 8.78- Atributos do meio físico da unidade XXXIX.	317
Tabela 8.79 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XL.	319
Tabela 8.80- Atributos do meio físico da unidade XL.	320
Tabela 8.81 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XLI.	321
Tabela 8.82- Atributos do meio físico da unidade XLI.	322
Tabela 8.83 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XLII.	323
Tabela 8.84- Atributos do meio físico da unidade XLII.	324

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 – Unidades Litológicas que compõem o Substrato Rochoso da Bacia do Rio do Peixe.	64
Quadro 5.2 – Sistemas e Unidades de <i>Landoforms</i> da Bacia do Rio do Peixe	81
Quadro 6.1 – Exemplo de programa em LEGAL	153
Quadro 6.2 – Resumo dos Limites críticos de ocupação do meio frente os valores de ocupação (adaptado de Zuquette, 1987).	160
Quadro 6.3 – Exemplo de programa LEGAL para espacialização contínua de relações de contatos gradativos.	178
Quadro 6.4 - Exemplo de programa LEGAL para espacialização contínua de relações de contato abrupto.	178

LISTA DE SÍMBOLOS

ρ_s	Massa específica dos sólidos
ρ_d	Massa específica seca de campo
e_o	Índices de vazios natural
n_o	Porosidade natural
CTC	Capacidade de troca catiônica dos materiais inconsolidados.
SE	Superfície específica
E_{40}	Erodibilidade dos materiais inconsolidados
NTG	Número total de golpes executados
$\theta_{méd}$	Umidade volumétrica média
R^2	Coefficientes de correlação
SIG	Sistema de Informação geográfica
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEGAL	Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algebrico
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

RESUMO

SILVA, Sandra Fernandes da. **Zoneamento Geoambiental com auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da Bacia do Rio do Peixe**. 2005. Tese Doutorado- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos

O trabalho apresenta uma proposta metodológica para caracterização de aptidões e restrições do meio físico, considerando a variação contínua dos atributos e também a existência de gradação nos contatos entre as unidades. Os mapas do Substrato Rochoso e dos Materiais Inconsolidados foram obtidos utilizando-se de procedimentos da lógica fuzzy para representação da gradação nos contatos. As cartas de Declividade, de Menor Extensão do Percurso da Água Superficial, de Potencial de Escoamento Superficial, de Susceptibilidade à Erosão e de Potencial Agrícola foram obtidas utilizando-se mapas numéricos e a variação contínua dos atributos. Para realização das operações de geoprocessamento foram utilizados o sistema de informação geográfica SPRING e a linguagem de programação LEGAL, que permitiram, tanto a representação dos contatos gradacionais (fuzzy) quanto a classificação contínua e o cruzamento das informações. Para avaliação de alterações introduzidas no meio, foi proposta a aplicação do atributo resistência à penetração do solo como geoindicador ambiental. As medidas de resistência à penetração foram feitas utilizando-se um novo equipamento, que consiste de um penetrômetro de solo acoplado a uma sonda TDR. Este procedimento permitiu a caracterização de modificações das condições naturais de compactação dos solos da bacia, frente às atividades de uso do terreno vigentes, bem como forneceu um parâmetro para comparação frente a modificações de uso futuras. O zoneamento da área foi obtido a partir da adoção das unidades de *lanforms* como unidades de compartimentação, o que possibilitou a caracterização das aptidões, restrições e conflitos de uso.

Palavras chave: geoprocessamento, classificação contínua, compactação do solo, sonda TDR, aptidões e restrições do meio.

ABSTRACT

SILVA, Sandra Fernandes da. **Geoenvironmental Zoning using Fuzzy logic and proposal of a geoindicador to characterize Rio do Peixe Basin Environment.** 2005. Tese Doutorado- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos

This study presents a methodological technique to characterize environmental restrictions and aptitudes considering continuous variation in the attributes and gradation in contact between units. Fuzzy logic procedures were used to generate representation of contact gradation for Rocky Substratum and Unconsolidated Materials maps. Continuous attribute variation and numerical maps were used to produce Slope, Least Water Runoff Distance, Runoff Potential, Erosion Susceptibility and Agricultural Potential Charts. Geoprocessing operations using the SPRING Geographical Information System and its LEGAL programming language permitted the representation of gradation in contact (fuzzy), continuous classification and information crossing. Soil penetration resistance was proposed as the environmental geoindicador to evaluate environmental changes. Measurement of soil penetration resistance by a soil penetrometer connected to a TDR probe permitted the characterization and specification of natural basin soil compaction conditions and the comparison of different occupation activities on the soil. A parameter for future changes due to soil occupation was therefore identified by this procedure. Area Zoning was attained by the adoption of landform units as segmentation units. The characterization of aptitudes, restrictions and conflicts in occupation were achieved by this procedure.

Key words: Geoprocessing, Continuous Classification, Soil Compaction, TDR Probe, Environmental Aptitudes and Restrictions

1. - INTRODUÇÃO

Realizar um zoneamento geoambiental consiste em caracterizar uma área com relação às suas aptidões e restrições à atividades em desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas na mesma. Permite também indicar porções do terreno com uma maior qualidade ambiental que possam ser preservadas (Grecchi, 1998). Esta caracterização é executada por meio da obtenção organizada de informações relativas ao meio físico, e constitui um instrumento que auxilia o planejamento e o ordenamento territorial. Processo que visa a adequação do uso, controle e proteção do ambiente às aspirações sociais e/ou governamentais, expressa em uma política ambiental.

O processo de zoneamento tem por resultado uma ordenação territorial em unidades ambientais com características homogêneas de uso intensivo, extensivo, de preservação e de uso múltiplo, que permitem orientar a ocupação do espaço e uso dos recursos.

Uma forma de elaborar um zoneamento geoambiental é com a aplicação de duas ferramentas de levantamento e caracterização de informações: a avaliação ambiental relativa aos atributos do meio físico e a avaliação de alterações introduzidas por atividade modificadoras.

O processo de avaliação ambiental de uma região permite identificar as potencialidades do meio quanto ao uso e ocupação, suas vulnerabilidades e seu desempenho futuro, além de orientar quanto às decisões relacionadas a sua preservação, conservação e desenvolvimento (Macedo, 1995).

As informações obtidas no processo de avaliação ambiental são, tradicionalmente, representadas sob a forma de documentos cartográficos, os quais são elaborados com fundamentação em técnicas de lógica binária. Neste processo os contatos que delimitam a ocorrência espacial dos atributos do meio físico (solo, vegetação, litologia, etc) são definidos por linhas que representam limites bem definidos, precisos (Moreira *et al*, 2001). Esta representação precisa, rígida, passa ao usuário a idéia de que os limites entre os atributos do meio físico são sempre bem delimitados, e que as características das unidades retratadas são invariáveis espacialmente. Porém, sabe-se que em muitas situações os atributos do meio apresentam variações em sua ocorrência espacial, caracterizadas por transições gradacionais.

Entende-se que a representação de dados do meio físico por documentos elaborados com base na inferência da lógica binária não retrata as reais condições encontradas, e a análise dos mesmos para obtenção de uma avaliação ambiental, pode vir a acarretar a perda de informações importantes.

Uma forma de melhor retratar as reais condições de comportamento de ocorrência espacial de atributos do meio físico é com a aplicação de fundamentos de inferência de Lógica *Fuzzy* na elaboração de documentos cartográficos. Esta técnica apresenta como vantagem a possibilidade de incorporar na representação dos contatos entre unidade de atributos do meio, informações sobre a natureza destes, assim como a incerteza associada à classificação e ao posicionamento dos mesmos (Burrough & MacDonell 1998).

A caracterização de possíveis modificações das condições naturais do meio físico devido ao desenvolvimento de atividades antrópicas é possível mediante a utilização de geoindicadores, que segundo a *Comission on Geological Science of Enviroment Planning* (COGEOENVIRONMENT 1992), consistem de atributos e/ou processos do meio capazes de servir como forma de identificação e quantificação de alterações no meio.

Um aspecto importante a ser considerado no uso desses, é que nem todos os geoindicadores eleitos pela COGEOENVIRONMENT (1992) têm ampla aplicabilidade, pois dependem de esferas de abordagem, como escala local e política. Isto faz com que em alguns casos, em função de condições peculiares do meio, torna-se necessário o estabelecimento ou proposição de novos atributos para serem utilizados como indicadores de modificações ambientais.

1.1 - OBJETIVOS

1.1.1 – Objetivo geral

Em consideração aos aspectos anteriormente expostos, aqui é proposta uma metodologia a qual tem por objetivo principal a elaboração de um zoneamento geoambiental em uma bacia hidrográfica, em escala regional, a partir da consideração de aspectos relativos ao meio físico e de alterações introduzidas por atividades modificadoras de uso e ocupação do terreno, de forma disponibilizar um instrumento de auxílio na avaliação geoambiental, o qual informa sobre aptidões, restrições e conflitos de uso.

1.1.2 – Objetivos específicos

- Avaliar o uso de técnicas e aplicativos de geoprocessamento fundamentados na inferência de lógica *fuzzy* para representação adequada das relações de transição entre unidades, assim como dos aspectos de variação espacial contínua de atributos para obtenção das características de potencialidades e suscetibilidades naturais do meio físico;
- Avaliar o sistema de informações geográficas SPRING como ferramenta computacional para aplicação da inferência de lógica *fuzzy* no modelamento das informações relativas ao meio físico;
- Avaliar o uso do atributo resistência a penetração dos solos como geoindicador ambiental de alterações, para aferir e comparar os impactos decorrentes das atividades transformadoras presentes, em um mesmo intervalo de tempo.
- Avaliar a utilização do equipamento penetrômetro/sonda-TDR como meio de medida da resistência a penetração.

2. – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - O MEIO AMBIENTE E O PROCESSO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Em estudos de natureza ambiental é importante compreender o termo “meio ambiente”, seus componentes e suas inter-relações.

“O meio ambiente consiste na interação de componentes abióticos (rochas, ar e água), bióticos (vegetal e animal) e sociais e econômicos (humanos), considerados, respectivamente, em meio físico, biótico e sócioeconômico ou antrópico (Fornasari Filho & Bitar, 1995)”.

“O Meio ambiente consiste em um determinado espaço, onde ocorre a interação entre os componentes bióticos (fauna e flora), abióticos (águas, rocha e ar) e bióticos-abióticos (solo) (ABNT, 1989)”.

De acordo com Fornasari Filho & Bitar (1995), os processos do ambiente podem ser divididos em:

- Processos do meio físico – decorrem de interações com predominância de componentes abióticos e referem-se ao desenvolvimento de sucessões de fenômenos potencializados pela interação de componentes materiais e tipos de energia, podendo ser deflagrado, acelerado ou retardado por agentes físicos, químicos e biológicos (fauna e flora).
- Processos tecnológicos – relacionam-se às interferências do homem no meio ambiente, sendo responsáveis pelas atividades modificadoras do mesmo.

As mudanças impostas ao meio ambiente, decorrentes da ação dos processos do meio físico ou dos processos tecnológicos caracterizam alterações ambientais. Tais

alterações podem ser qualificadas e quantificadas, sendo ou não favoráveis ao ecossistema e à sociedade humana (Tommasi, 1994).

As Tabelas 2.1A e B apresentam os processos considerados do meio físico e atividades modificadoras do meio, relacionadas aos processos tecnológicos.

Para que uma área não venha a sofrer alterações em seus componentes, de forma significativa, torna-se necessário que a mesma seja submetida a um processo de avaliação ambiental

Tabela 2.1 – A) Processos do Meio Físico. B) Atividades modificadoras do meio relacionadas aos processos tecnológicos (modificado de Collares, 1996).

A) PROCESSOS DO MEIO FÍSICO	
Circulação de água no mar	Interações físico-químicas na água, solo e rocha
Corrida de massa	Movimentação das águas de sub-superfície
Deposição de sedimentos ou partículas	Movimento de bloco
Erosão eólica	Potencialização e desencadeamento de sismos
Erosão pela água	Processos pedogenéticos
Escoamento das águas em superfície	Queda de detritos
Escorregamento	Rastejo de solo
B) ATIVIDADES MODIFICADORAS DO MEIO AMBIENTE	
Aeroporto	Irrigação
Agroindústria	Linha de transmissão
Aterro sanitário	Mineração
Barragens	Porto
Canal e retificação de cursos d'água	Projeto urbanístico
Dutovia	Unidade industrial
Estrada de rodagem	Usina termoeletrica
Ferrovias	

De acordo com Macedo (1995), o processo de avaliação ambiental de uma região permite identificar as potencialidades do meio quanto ao uso e ocupação, suas vulnerabilidades e seu desempenho futuro, além de orientar quanto às decisões relacionadas a sua preservação, conservação e desenvolvimento. Para o autor, a avaliação ambiental deve servir como ferramenta para avaliação das transformações ambientais de qualquer natureza, devendo conter três dimensões distintas e complementares, a saber:

- Avaliações relativas ao meio ambiente;
- Avaliações relativas às atividades transformadoras; e
- Avaliações relativas a ambos.

Nos modelos de avaliação relativos ao ambiente são considerados não só a qualidade ambiental de um ecossistema, a qualidade de vida (específica do homem), os indicadores ambientais e o meio ambiente, como também suas compartimentações, sua representação e suas relações ambientais (troca de energia entre os fatores ambientais que constituem um ecossistema).

Nos modelos relativos às atividades transformadoras, consideram-se quaisquer processos, oriundos ou não da ação humana, capazes de alterar um ecossistema, em qualquer um de seus níveis.

Tais processos são denominados, de acordo com Macedo (1995) de:

- Fator de ameaça (quando causam adversidades ambientais, geram impactos negativos) e;
- Fator de oportunidade (quando causam benefício, geram impactos positivos).

Nos modelos de avaliação relativos a ambos, considera-se a implementação e a operação de uma atividade transformadora e as modificações na ordem e na complexidade dos ecossistemas susceptíveis à sua presença direta ou indireta. Dessa relação decorrem dois processos:

- 1) a intervenção ambiental – qualquer tipo de atividade que se instale numa determinada região e;
- 2) a alteração ambiental – nova configuração ambiental decorrente de pelo mesmo uma intervenção ambiental.

Macedo (1995) considera que o modelo de avaliação ambiental pode ser abordado de duas maneiras:

- Avaliação estrutural: a qual busca aferir e comparar os impactos ambientais decorrentes das atividades transformadoras distintas e suas relações ambientais em um mesmo intervalo de tempo, numa dada região;
- Avaliação temporal: a qual afere e compara os impactos ambientais referentes a dois cenários, atual e tendencial, com a mesma estrutura ambiental, em instantes distintos.

Estas formas de avaliação permitem que uma área seja avaliada com relação ao montante de alterações decorrentes das atividades transformadoras existentes e, em

relação as alterações que uma dada região está submetida caso sejam implementadas novas atividades modificadoras no meio físico.

Um princípio importante que deve ser considerado no processo de avaliação ambiental de uma região é o planejamento ambiental, o qual consiste de um processo de obtenção organizada de informações, reflexão sobre problemas e potencialidades de uma região, definição de metas, objetivos e estratégias de ação, projetos e atividades, bem como a definição do sistema de monitoramento e avaliação a serem utilizados (Lanna, 1995). Este processo visa a adequação do uso, controle e proteção do ambiente às aspirações sociais e/ou governamentais, expressa em uma política ambiental.

Dentro deste processo merecem destaque o zoneamento ambiental e o zoneamento ecológico – econômico e a avaliação de impactos ambientais, os quais são tidos como instrumentos do planejamento ambiental e têm suas aplicações determinadas por lei.

2.2. – LEIS AMBIENTAIS

As leis e políticas ambientais visam assegurar o desenvolvimento econômico-social compatível com a conservação do meio ambiente, com a utilização dos recursos naturais, de maneira mais equilibrada e adequada. Dentre as diversas leis que objetivam manter a qualidade do meio e fazem referência à utilização adequada (preservação) dos recursos destacam-se:

- lei N° 6.938 (31 de agosto de 1981) – estabelece a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação; e
- lei N° 9.433 (8 de janeiro de 1997) – estabelece a política nacional de recursos hídricos.
- Lei n° 4.771(15 de setembro de 1965)/Alterada pela Lei n° 7.803/89 - estabelece o código florestal

Política Nacional do Meio Ambiente

A política nacional do meio ambiente constitui o sistema nacional do meio ambiente. Tem por objetivos gerais a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, com objetivo de assegurar no país, condições ao

desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana.

Como objetivos mais específicos são apresentados:

1. Compatibilização do desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;
2. Definição de áreas prioritárias de organização governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, do território e dos Municípios;
3. Estabelecimento de critérios e padrões da qualidade ambiental e das normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais;
4. Desenvolvimento de pesquisas e tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais; à difusão de tecnologias do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e a formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;
5. Preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida; e,
6. Imposição ao poluidor, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados, e ao usuário, de contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos..

Para a operacionalização e implementação da política nacional do meio ambiente foram instituídos instrumentos que são definidos pelo artigo 9º da mesma, e são relacionados pelo decreto no 99224 de 06/06/90. Os doze instrumentos definidos são:

1. O estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
2. O zoneamento ambiental;
3. A avaliação de impactos ambientais;
4. O licenciamento e a revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras;

5. Os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia voltada para a melhoria da qualidade ambiental;
6. A criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo poder público Federal, Estadual e Municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas;
7. O sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;
8. O cadastro técnico federal das atividades e instrumentos de defesa ambiental;
9. As penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;
10. A instituição do relatório de qualidade do meio ambiente, a ser divulgado, anualmente, pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA;
11. A garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes;
12. O cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais.

Uma observação sobre a Política Nacional do Meio Ambiente que merece destaque é a determinação do zoneamento ambiental como instrumento da política nacional do meio ambiente.

Política Nacional de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo os seguintes princípios gerais básicos para a gestão dos recursos hídricos:

1. A gestão por bacia hidrográfica;
2. A observância aos usos múltiplos;
3. O reconhecimento da água como valor econômico;

4. A gestão descentralizada e participativa; e
5. O reconhecimento da água como bem finito e vulnerável.

Como fundamentos foram estabelecidos:

1. A água é um bem de domínio público,
2. Tratando-se de um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
3. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
4. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem por objetivos: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; garantir a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origens naturais ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Para assegurar a implementação da política com o cumprimento de seus objetivos são tomados como diretrizes a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem a dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuário e com os planejamentos regionais, estaduais e nacionais; a articulação da gestão de recursos com o uso do solo; e, a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

Como instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a Lei 9433/97 estabeleceu: a) os planos de recursos hídricos b) a outorga de direito de uso dos recursos hídricos; c) a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; d) o enquadramento dos corpos

de água em classes de uso; e, e) o sistema nacional de informações sobre recursos hídricos.

Uma observação da Política nacional de Recursos hídricos que merece destaque é a determinação da bacia hidrográfica como unidade de gestão.

Código Florestal

O código florestal tem por objetivo geral reconhecer que as florestas são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, instituindo como áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas seguintes regiões:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
 - 1 - de 30 m (trinta metros) para os cursos d'água de menos de 10 m (dez metros) de largura;
 - 2 - de 50 m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 m (cinquenta metros) de largura;
 - 3 - de 100 m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 m (duzentos metros) de largura;
 - 4 - de 200 m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 m (seiscentos metros) de largura;
 - 5 - de 500 m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 m (seiscentos metros). (Redação determinada pela Lei nº 7.803/89)
- b) Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m (cinquenta metros) de largura (Redação determinada pela Lei nº 7.803/89);
- d) No topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) Nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

- g) Nas bordas dos tabuleiros ou chapadas
- h) Em altitude superior a 1.800 m (mil e oitocentos metros), qualquer que seja a vegetação. Redação determinada pela Lei nº 7.803/89

2.3. - ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

Cendrero (1975) ressalta a importância dos estudos geoambientais, salientando que o planejamento, de acordo com a capacidade das unidades ambientais, permite o máximo uso dos recursos naturais de uma área com um mínimo de dano ambiental.

O zoneamento geoambiental pode ser caracterizado como um instrumento de auxílio no planejamento e no ordenamento territorial, seja em escala regional ou local, pois estudos desta natureza possibilitam a caracterização de áreas quanto às suas aptidões e restrições às atividades já em desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas, além de indicar porções do terreno com uma maior qualidade ambiental que possam ser preservadas (Grecchi, 1998).

A autora (*op cit*) ressalta que de um modo geral, o zoneamento geoambiental pode ser entendido como uma aplicação da geologia ambiental, resultante da interação de caracterizações geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, acrescida de informações sobre recursos naturais, científicos e culturais.

Para Montañó (2002) nos últimos anos o zoneamento ambiental tem se destacado como instrumento estratégico do planejamento regional. O autor ressalta que este é fortemente vinculado ao parcelamento do solo e definição de usos específicos.

Diegues (1998) destaca que “a base do gerenciamento geoambiental, entendida do prisma de ordenação territorial, é constituída pelas técnicas de zoneamento, resultando num plano de ocupação do espaço e uso dos recursos. Esse plano definirá as unidades ambientais em termos de área para uso intensivo, extensivo, de preservação e de uso múltiplo. O tipo de uso recomendável dependerá das vocações naturais, das restrições encontradas e das demandas por bens e serviços”.

De acordo com Sobreira (1995), os estudos de natureza geoambiental apresentam três formas de abordagem distintas: planejamento e ordenamento territorial, análise dos perigos e riscos naturais e estudos de impactos ambientais (Figura 2.1). O autor ressalta ainda que as abordagens, apesar de distintas, apresentam-se interligadas, pois têm como problemática central à intervenção do homem na natureza.

Para Jacinto (2003), o ordenamento territorial é um importante instrumento de gestão ambiental que deve ser aplicado dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável.

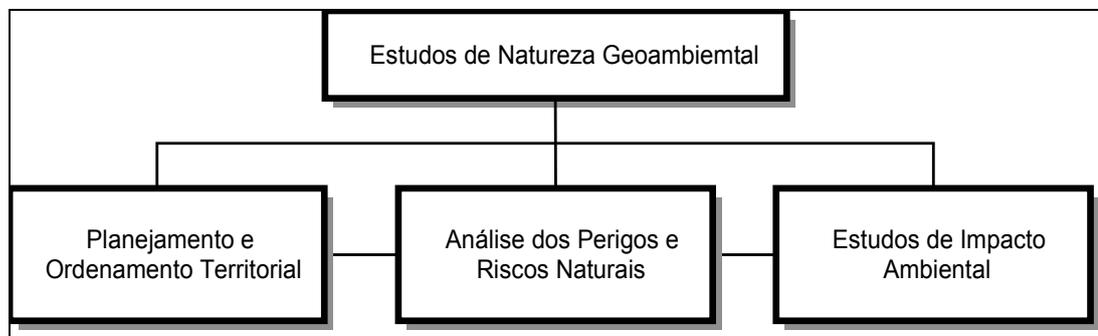


Figura 2.1 – Abordagens distintas dos estudos de natureza geoambiental (Sobreira, 1995).

Sobreira (1995), cita três etapas que devem ser atendidas em estudos de natureza geoambiental: 1) planificação – análise, diagnóstico e recomendação; 2) ordenamento – normas estabelecidas com base na etapa anterior; e 3) manejo e gestão – implantação, acompanhamento e controle das atividades do uso do território.

Espinosa (1993) salienta que os estudos geoambientais são úteis ao planejamento territorial e surgem como necessidade frente a um crescimento intensivo e conseqüente comprometimento das águas, do ar e do solo como receptores de dejetos.

A importância de se considerar os elementos e processos naturais no planejamento ambiental está não só no auxílio à distribuição das atividades humanas, mas também nos possíveis impactos negativos que possam ocorrer (Francés, 1990 *apud* Sobreira, 1995). Outros objetivos mais específicos a serem considerados são a definição cartográfica de porções do terreno com maior qualidade ambiental que devam ser preservadas:

- A proposição de medidas de atuação direcionadas a melhorar, a recuperar ou a reabilitar os elementos e ou processos do meio natural que se encontrem degradados por atividades incompatíveis com sua vocação de uso (entendidas essas como atividades que causam menor rendimento do meio, causando deterioração desnecessária de seus parâmetros ambientais);
- A delimitação de áreas com elevada produtividade primária, cuja vocação de uso aconselhe sua exclusão do perímetro urbano, evitando sua consolidação ou deterioração por obras de infra-estrutura, polígonos industriais, etc; e

- O estabelecimento de linhas de atuação para valorização dos recursos naturais insuficientemente aproveitados.

A cartografia geoambiental, como enfatizada por Grecchi (1998), é um importante instrumento de planejamento, seja de enfoque local ou regional, e pode suprir as solicitações ambientais dentro dos processos de planejamento e ordenamento territorial.

2.3.1. Metodologias de Zoneamento Geoambiental

Há uma grande diversidade de metodologias empregadas em trabalhos que visam o zoneamento geoambiental. Segundo Cendrero (1990), estas se diferenciam em função das características geológicas e climáticas, do nível de ocupação humana e das atividades predominantes em cada região onde são aplicadas.

Faria (1989, *apud* Sobreira, 1995) ressalta que, de uma maneira geral, as metodologias de ordenamento territorial podem ser divididas em dois grupos principais:

- Metodologias que apresentam as características geológicas como base para caracterização de domínios e obtenção de aptidões do terreno.
- Metodologias que consideram os aspectos geológicos de maneira não aprofundada.

Sobreira (1995) salienta que as metodologias, do primeiro e segundo grupos, apresentam como fator comum à representação dos territórios por meio de mapas de vários tipos, os quais servem de base para a orientação de decisões futuras dos organismos de planejamento.

Dentre as metodologias que utilizam as características geológicas como base para obtenção de aptidões do terreno merecem destaque as propostas de Cendrero (1975), Cendrero *et al.* (1983), Francés *et al.* (1992), Zuquette *et al.* (1997), Lopes (2000), Amorim (2003) e Fontes (2004).

Metodologia de Cendrero (1975)

Em seu trabalho, Cendrero (1975) faz comparações de feições geológicas ambientais com a capacidade de reuso e uso atual da terra e da água, obtendo desta

forma um mapa de geologia ambiental. A capacidade das unidades é definida em termos de atividades humanas ou pelo uso das mesmas.

Nessa metodologia, os parâmetros considerados na obtenção e classificação das unidades ambientais incluem processos ativos, *landforms*, propriedades físicas do substrato rochoso e depósitos superficiais, assembléias biológicas e feições antrópicas. Podem ainda ser utilizados dados de solos, de produtividade agrícola e outros parâmetros que permitam um entendimento completo do meio natural e antrópico. Estas informações, adicionadas aos dados socioeconômicos, permitirão um melhor e mais eficiente planejamento do meio.

Metodología de Cendrero *et al.* (1983)

Baseia-se na utilização do mapeamento geocientífico como ferramenta na avaliação e planejamento do meio ambiente. Esta ferramenta objetiva a preparação de mapas temáticos descritivos, mapas derivados ou de qualidades significantes e mapas de conflito de uso recomendado do solo.

A metodologia proposta por esses autores(*op cit*) consiste de uma fase preliminar (de investigação) e três estágios: 1) coleta de dados; 2) avaliação dos *hazard*; e 3) avaliação dos riscos (Figura 2.2). Os mapas produzidos são aplicados diretamente a problemas de riscos naturais.

Metodología de Francés *et all.* (1990)

Apresenta aplicação da cartografia geoambiental como ferramenta no diagnóstico de unidades territoriais, na fase de planejamento e gestão do uso da terra.

Francés *et all.* (1990) ressaltam que as escalas dos mapas elaborados devem ser observadas. Para estudos de caráter regional, a escala mais adequada é de 1:50.000 ou menores, enquanto que em nível de gestão dos espaços naturais e ocupação urbana, ou atividade mais específicas, as escalas devem ser de detalhe, maiores que 1:50.000.

Nesta metodologia, os estudos ambientais são classificados em três tipos: 1) Diretrizes de Ordenamento Territorial – DTO (escala regional); 2) Plano de gestão e Uso dos Espaços Naturais (implantação de parques naturais); e 3) plano de ordenamento Urbano do Município (escala de detalhe).

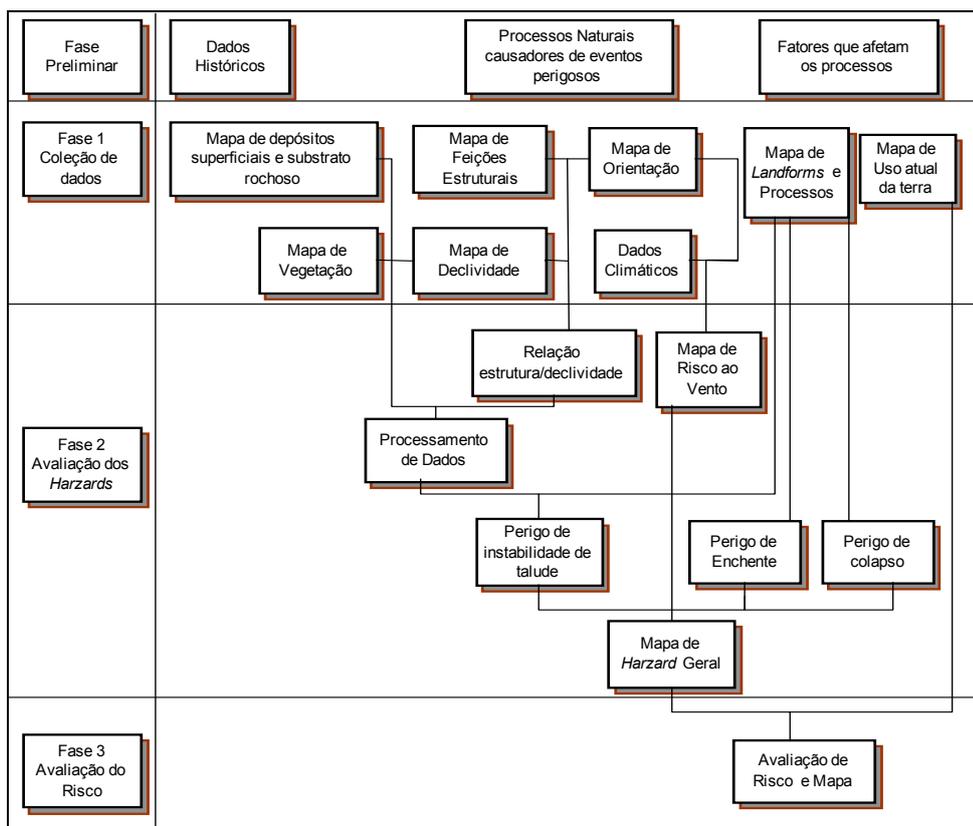


Figura 2.2 – Fluxograma da metodologia de Cendrero *et al.*(1983).

Metodologia de Zuquette *et al.* (1997)

Nesta metodologia, a carta de zoneamento geoambiental, corresponde a uma cartografia geotécnica, no que se refere à avaliação do contexto global das potencialidades do meio físico.

Segundo Zuquette *et al.* (1997), para obtenção da carta de zoneamento geoambiental é necessária a análise de documentos cartográficos preliminares, os quais são divididos em quatro grupos:

- Documentos Fundamentais Básicos – mapa de substrato rochoso, mapa de qualidade das águas, mapa de *landforms*, mapa de bacias hidrográficas, mapa de documentação, etc;
- Cartas Fundamentais de Síntese – mapa de condições geológico-geotécnicas, etc;
- Cartas Derivadas ou Interpretativas - carta de potencial ao escoamento superficial, carta de potencial ao movimento de massa, carta de zona de recarga de aquífero, carta para disposição de rejeitos e resíduos, etc;

- Cartas Analíticas Básicas – carta de probabilidade de ocorrência de eventos naturais, carta de possibilidade de ocorrer eventos perigosos, etc.

Uma ressalva importante feita por Zuquette (1993), é que se deve admitir um critério rigoroso na seleção dos atributos a serem considerados e suas respectivas classificações, as quais devem atender diretamente às solicitações do trabalho. Isto é possível por meio da hierarquização de cada componente, para o detalhamento da região. A priorização adequada dos atributos pode proporcionar uma maior confiabilidade na caracterização dos problemas de determinada área, possibilitando a exclusão de alguns atributos do meio físico, seja em função de sua pouca expressão ou pela impossibilidade de obtenção dos dados ou ainda pela sua confiabilidade.

A Tabela 2.2 apresenta alguns dos atributos considerados essenciais e necessários à elaboração e análise dos documentos cartográficos propostos anteriormente por Zuquette (1993).

Metodologia de Lopes (2000)

Propõem a elaboração de zoneamento para bacias hidrográficas como unidades de planejamento. O zoneamento realizado prevê determinação das restrições e potencialidades do meio físico a partir da avaliação de uma série de tributos do meio como geologia, pedologia, materiais inconsolidados, menor extensão do percurso de águas superficiais, entre outros. Lopes (2000), adota com unidades de análise os *landforms*, e determina as características de potencial a infiltração, potencial agrícola e susceptibilidade a erosão do meio.

Metodologia de Amorim (2003)

Propõem o desenvolvimento de um zoneamento geoambiental com fins ao planejamento territorial, baseado nas condições brasileiras e nos procedimentos e produtos da cartografia geotécnica. São considerados parâmetros geomorfológicos, geológicos, o comportamento geotécnico dos solos e a aptidão agrícola da região em enfoque. A carta de zoneamento foi produzida a partir de procedimentos de geoprocessamento, envolvendo de análises por agrupamentos (*cluster*). Esta análise

estatística permitiu verificar a adequação do uso dos *landforms* como unidade de compartimentação para análise dos atributos e definição do zoneamento geoambiental.

Tabela 2.2 – Alguns dos atributos fundamentais ao Zoneamento Geoambiental, e a formas de obtenção dos mesmos. (modificado de Zuquette *et al.*, 1997).

Componente	Tipo	Atributo	Forma de Obtenção
Águas	Superficiais	Escoamento superficial	M. Cook / Es
		Áreas de acúmulo d'água (temporário / permanente)	FI
		Bacias hidrográficas desde primeira ordem	FI
		Canais com fluxo permanente	Tc; FAb; Im
	Subterrânea	Presença de lentes salgadas	Tc
		Aqüíferos (livres/confinados)	FI; TC
		Áreas de recarga	FI
		Fontes naturais	Tc (GPS)
		Escoamento básico	AR
		Áreas de descarga	TC; FI
Geomorfologia	Morfometria	Declividade	TC; TE; FI
	Morfologia	Landforms	FI
Geologia	Substrato Rochoso	Litologia	TC
		Distribuição (área/profundidade)	FI; TC
	Evidência de Processos	Deposição (indício de assoreamento)	TC
		Sismicidade	Re
		Subsidência (áreas calcárias abandonadas)	TC; FI
		erosivos (concentrados/laminares)	TC; FI
		Alterações naturais de canais de drenagem	FI; TC
		Materiais Inconsolidados	Movimento de massa
	Gerais Origem (residual/retrabalhado)		FI; TC; L
	Textura		TC; L
	Varição em profundidade (perfil de alteração)		TC
	Distribuição (em área)		FI; TC
	Potencial à salinidade		L
Específicos Potencial quanto a fertilidade	L; Es		
Feições do Tecnógeno	Áreas de aterro e entulho	TC;FI	
	Áreas de exploração de material para construção civil	TC; FI	
	Depósitos relacionados à exploração mineral	TC; FI	
	Explorações minerais	TC; FI	
	Antigos depósitos de rejeitos e resíduos	TC; FI	
	Depósitos devido a alterações antrópicas junto a canais de drenagem	TC; FI	
FORMA DE OBTENÇÃO DOS ATRIBUTOS			
TC – trabalho de campo		FAb – fotos aéreas baixas	
FI - fotointerpretação		GPS	
L – ensaios laboratório		TE – trabalho de escritório	
E S – estimativas		Re - registros	
Im – imagens de satélite		Li - literatura	
AR – análise relativa			

Os procedimentos adotados por Amorim (2003) viabilizaram cruzamento de informações do meio e determinação das aptidões e restrições da área. Este autor mostrou também a necessidade e a importância da implementação de banco de dados digitais e do uso do SIG no zoneamento geoambiental.

Metodologia de Fontes (2004)

Nesta metodologia a autora propõem adoção de unidades de Ottobacias como regiões base para compartimentação e análise do meio físico, segundo um nível de homogeneidade. As informações dos atributos, substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividade, drenagem e *landforms*, foram obtidas por técnicas de cartografia geotécnica, e são analisadas em cada uma das unidades. A compartimentação elaborada conduziu a obtenção de 90 unidades, pertencentes a 15 subgrupos com aptidões e restrições geoambientais diferenciadas para a bacia do Rio Pardo, constituindo uma base para um estudo geoambiental mais detalhado.

2.4. BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADES DE PLANEJAMENTO

Para Silveira (1993), uma bacia hidrográfica constitui uma área de captação natural de água precipitada, onde os escoamentos convergem para um único ponto: Apresenta como constituintes básicos o conjunto de vertentes e as redes de drenagem, formadas pela confluência dos cursos d'água.

Para Chorley *et al.* (1984), uma bacia hidrográfica é considerada um sistema ou unidade geomorfológica, constituída de divisores de água, encostas, redes de drenagem e um canal principal de maior extensão.

Guerra & Cunha (1996) ressaltam que um fator importante a ser destacado é que, internamente, a bacia está em constante ajuste de seus elementos e formas, em função das mudanças de entrada e saída de energia, que podem ser catalisadas pelo uso inadequado dos componentes do meio pelo homem. Rawat (1987 *apud* Collares, 1996) apresenta algumas prováveis modificações em função de *input* de energia e características intrínsecas de uma bacia(Tabela 2.3).

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma área topográfica, drenada por um curso de água ou sistema conectado de cursos de água de forma que toda vazão afluente seja descarregada através de uma simples saída. (Polette *et al*, 2000).

Tabela 2.3 – Parâmetros de *input* de energia, características intrínsecas a bacia e prováveis respostas às mudanças no sistema (Rawat, 1987 *apud* Collares, 1996).

Bacias Hidrográficas		
Input de energia	Características da Bacia	Respostas do sistema (perda de energia)
A) Processos exógenos: Precipitação Temperatura Umidade	A) Características físicas: Morfometria Geologia, Rocha, resistência da rocha, densidade de juntas, fraturas Regime climático, Vegetação, Vida biológica	A) Processos hidrológicos: Transpiração, Evaporação, Infiltração, Percolação, Fluxo do canal Fluxo de superfície
B) Processos Endógenos História tectônica Morfotectônica Neotectônica	B) Características culturais: Distribuição da população Padrão de uso do solo Mineradoras Tipo de obra implantada Indústrias	B) Processos geomorfológicos: Erosão Boçorocas, ravinas e sulcos Erosão do canal Maior ou menor carga de fundo, material em suspensão e dissolvido Movimentos de massa

Barrow (1998), conceitua amplamente as bacias hidrográficas como unidades biogeográficas com alto grau de integridade funcional, representando sistemas relativamente homogêneos. Para o autor cada bacia é única, com características geológicas, hidrológicas e ecológicas que a caracterizam como uma unidade de paisagem operacional amplamente usada para o planejamento e o manejo integrado, buscando manter a qualidade ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Nos tempos atuais, a gestão ambiental caminha progressivamente para adotar as bacias hidrográficas como unidades de planejamento e, apesar da clara ênfase na questão dos recursos hídricos, é necessário que seja feito um planejamento global que contemple todos os componentes dos recursos naturais e componentes sócio-econômicos (Souza *et al.*, 1997; Ross & Del Pettre., 1998)

Para Montañó (2002), a bacia hidrográfica é considerada a unidade territorial mais adequada por alguns especialistas para uma gestão ambiental integrada que busque adotar práticas sustentáveis, considerando os aspectos físicos e econômicos.

Prochnow (1990) destaca que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento justifica-se não apenas porque a bacia constitui uma unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração como da finalidade de seus elementos, mas também porque não há qualquer área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica.

Bourlon & Berthon (1993) destacam que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento não é uma unanimidade internacional. Os autores citam vários países da Europa, como por exemplo, Alemanha, Áustria, Bélgica e Dinamarca que adotam unidades de planejamento com limites administrativos.

Lanna (1995) descreve a bacia como uma das alternativas para o planejamento e gerenciamento ambiental, destacando algumas vantagens e desvantagem. Dentre as vantagens, o autor (*op cit*) destaca que a rede de drenagem de uma bacia consiste em um dos caminhos preferências das relações de causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico. Dentre as desvantagens argumenta que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia.

Roos & Del Pettre (1998) ressaltam que a gestão ambiental caminha progressivamente para tomar as bacias hidrográficas como unidade de planejamento regional, mas com uma clara ênfase nos recursos hídricos. Advertem, entretanto, sobre a necessidade de uma política que contemple os outros componentes dos recursos naturais (solos, relevo, atmosfera, substrato rochoso, fauna e flora) e os componentes sociais e econômicos, não em termos de bacias hidrográficas, mas também considerando sua interação regional e sua articulação com os problemas nacionais.

Leite (2000) define o gerenciamento de bacia hidrográfica como um instrumento que orienta o poder público e a sociedade, em longo prazo, na utilização e monitoramento dos recursos ambientais - naturais, econômicos e sócio-culturais, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, de forma a promover o desenvolvimento sustentável. Constituindo, portanto, parte integrante da gestão de recursos hídricos.

Para Lazlo (1986, *apud* Salati, 1996), planejar uma bacia hidrográfica significa estruturar um conjunto de procedimentos, os quais devem ser capazes de assegurar um uso ambiental correto de todos os recursos naturais do meio, objetivando:

- Promover o desenvolvimento sustentado da bacia;
- Melhorar a qualidade de vida das populações, e;
- Garantir a construção e a preservação ambiental.

Dentro do processo de planejamento de bacias hidrográficas, Vlaschos (1982 *apud* Salati, 1996) salienta a importância da avaliação de impactos ambientais, como uma das mais importantes etapas de planejamento. Para Vlaschos (*op. cit.*), tais avaliações

constituem um processo de previsão, destinado tanto à avaliação de um futuro melhor como também à garantia da sobrevivência do homem sobre a Terra.

Para Salati (1996), o planejamento regional de bacias hidrográficas, também almeja alcançar um desenvolvimento espacialmente equilibrado, de maneira a criar ligações efetivas entre áreas urbanas e rurais.

2.4.1. Condicionantes de Alterações Ambientais em Bacias Hidrográficas

As principais alterações registradas no meio ambiente são, de uma maneira geral, originadas ou potencializadas por atividades humanas, independente de limites administrativos, topográficos, geomorfológicos ou ecológicos. Estas atividades alteram propriedades ou características do meio físico e podem interferir em usos preexistentes de um determinado ambiente (Fornassari Filho, 1992).

Prochnow (1990) cita que os fatores de degradação ambiental de uma bacia são reflexo das condições ambientais predisponentes da área e das opções políticas e econômicas da sociedade nela inserida. Estes fatores podem ser subdivididos em dois grupos:

- Fatores de ordem natural – relacionados à pré-disposição do meio físico a degradação ambiental;
- Fatores de natureza antrópica – resultantes das atividades humanas na organização do espaço (aspectos, econômicos, sociais, tecnológicos, políticos e institucionais).

2.4.1.1. Condicionantes de Ordem Natural

De acordo com Prochnow (1990), os principais condicionantes naturais capazes de induzir alterações nos recursos renováveis de uma bacia hidrográficas são as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas, pedológicas, etc. Estes apresentam-se interrelacionados e atuam em conjunto no condicionamento do meio físico frente aos processos de degradação natural.

As características geológicas de uma determinada bacia influenciam diretamente a resistência e a permeabilidade do material rochoso, bem como o tipo de solo residual a

ser formado. Os solos, por sua vez, são submetidos a processos intempéricos resultantes das condições climáticas atuantes na área da bacia.

Para Prochnow (1990), a configuração geomorfológica e seus mecanismos de evolução definem o modelado da paisagem, conferindo maior ou menor capacidade ao desenvolvimento dos processos de erosão, ravinamento e boçorocamento.

A infiltração da água está relacionada com as condições litológicas, topográficas, pedológicas e fitogeográficas locais, que irão responder pelas diferenças entre os totais de chuva e evapotranspiração, constituindo-se em importantes elementos no balanço hídrico, cujas conseqüências são refletidas, principalmente, no comportamento e estruturação da drenagem.

2.4.1.2. Condicionantes de Natureza Antrópica

Prochnow (1990) destaca diferentes atividades como principais responsáveis pelas modificações das condições naturais do meio físico, no âmbito de uma bacia hidrográfica. Dentre estas são ressaltadas aqui: 1) As atividades agro-pecuárias e agro-industriais; 2) O desmatamento; 3) A erosão e o assoreamento; e 4) A ocupação humana.

Atividades Agro-pecuárias e Agro-industriais

Essas atividades acarretam, principalmente, a erosão das terras cultivadas e a poluição de aquíferos, pelo uso de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, e o lançamento de efluentes de animais (Doyle, 1991; Seager *et al.*, 1992). Além destas, existem também as conseqüências secundárias, como o desmatamento e perda de florestas, gerados pelo processo de abertura de clareiras e criação de animais; a perda e desperdício de água utilizada para irrigação de terras, e a diminuição de nutrientes do solo, pelo uso excessivo deste recurso (Corson, 1993).

Desmatamento

A retirada da vegetação provoca o descobrimento do solo, o aumento da erosão e a perda da fertilidade. O solo descoberto é carregado para os mananciais, provocando

assoreamento, e as seguintes conseqüências negativas: a) redução da capacidade de armazenamento, redução da infiltração de água e de recarga de aquíferos subterrâneos; b) aumento do escoamento das águas superficiais, provocando cheias e enchentes; c) aumento da turbidez da água e redução da incidência de luz solar; d) comprometimento da vida aquática; e, e) aumento do risco de poluição dos mananciais.

Prochnow (1990) ressalta que a vegetação tem um papel importante em uma bacia hidrográfica, pois garante a biodiversidade local, protege o solo contra a erosão provocada pelo vento e pela chuva, e contribui para fertilização com o fornecimento da matéria orgânica.

Erosão e Assoreamento

Os processos erosivos são deflagrados pela ocupação do solo e passam a ser controlados por fatores naturais relacionados à chuva, o relevo, o solo e a cobertura vegetal (Salomão & Iwasa, 1995). Parte dos sedimentos provenientes da erosão são depositados em determinadas posições das vertentes, podendo comprometer a fertilidade dos solos, além de poder atingir o fundo dos vales gerando o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios.

Segundo os autores (*op cit*), o assoreamento desequilibra as condições hidráulicas, promove enchentes e perda de capacidade de armazenamento d'água, gerando prejuízos para o abastecimento e a produção de energia.

Ocupação Humana

A ocupação humana constitui um fator decisivo de incremento de processos geradores de impactos como erosão, assoreamento e escorregamento. A ocorrência destes processos é induzida por meio de atividades como o desmatamento, cultivo de terra, construção de obras e criação ou expansão de cidades (Salomão & Iwasa, 1995).

Conforme Collares (1996), uma das principais conseqüências da erosão, além da perda de terrenos, é o assoreamento que ocorre nos cursos d'água e reservatórios. O principal impacto provocado pelo assoreamento é o desequilíbrio das condições hidráulicas, gerando enchentes, perda de capacidade de armazenamento d'água, incremento de poluente e o prejuízo no abastecimento e produção de energia.

Uma forma de quantificar as modificações introduzidas no meio ambiente, sejam de ordem natural, sejam de natureza antrópica, é por meio da utilização de indicadores ambientais.

2.5. INDICADORES GEOAMBIENTAIS

De acordo com ITC (1996), baseado em tendências internacionais, tem-se utilizado os “Geoindicadores Ambientais” em estudos que objetivam relatar o estado do meio ambiente e possibilitar avaliações de sustentabilidade ambiental.

Conforme definido em 1992 pela *International Union of Geological Science* – (IUGS) pelo do grupo de trabalho sobre geoindicadores, COGEOENVIRONMENT – *Commission on Geological Science of Environmental Planning*, os geoindicadores podem ser definidos como “medidas de taxa, magnitude, frequência e tendência de processos e fenômenos geológicos que vêm ocorrendo na superfície da terra, ou próximo desta, dentro de um período de 100 anos ou menos, sujeitos às variações significativas para a compreensão das mudanças ambientais rápidas”.

Simões (1997) define os geoindicadores como atributos do meio que descrevem processos e parâmetros ambientais que são capazes de mudanças com ou sem interferência da atividade humana.

Para Berger (1997), os geoindicadores são capazes de descrever tanto eventos catastróficos como eventos mais graduais, porém com evidente influência na vida humana. O Autor (*op cit*) destaca que a utilização dos geoindicadores ajuda a responder quatro questões básicas em estudos de natureza ambiental:

1. O que está acontecendo com o meio ambiente? (condições e tendências);
2. Porque acontece? (causas, associações entre influências humanas e processos naturais);
3. Porque é significante? (efeitos econômicos, ecológicos e à saúde);
4. O que se pode fazer acerca disso? (implicações para o desenvolvimento de uma política de aplicações).

A COGEOENVIRONMENT (1992) identificou e definiu vinte e sete indicadores para monitorar e avaliar as mudanças que ocorrem no meio físico, tanto de origem

natural quanto induzida pelas atividades antrópicas. Na Tabela 2.4 são apresentados exemplos destes indicadores.

Berger (1997) ressalta, que os indicadores ambientais devem permitir o monitoramento das condições do meio, de forma a representar o estado em que este se encontra em relação às rápidas mudanças ou a sua estabilidade no tempo.

Tabela 2.4 – Geoindicadores: influência natural X influência humana (ITC, 1996).

Geoindicadores	Influência Natural	Influência Humana
Magnitude, duração e frequência de tempestade de poeira	◆	•
Flutuações de geleiras	◆	Δ
Qualidade da água subterrânea	◆	◆
Química da água subterrânea em zona insaturada	◆	◆
Nível da água subterrânea	•	◆
Nível de lagos e salinidade	◆	◆
Nível relativo do mar	•	•
Posição da linha de costa	◆	◆
Erosão de solos e sedimentos	•	◆
Qualidade do solo	•	◆
Escoamento/fluxo d'água	◆	◆
Morfologia dos canais	◆	◆
Transporte e deposição de sedimentos	◆	◆
Comportamento da temperatura da superfície terrestre	◆	•
Qualidade da água superficial	◆	◆
Extensão, estrutura e hidrologia de terras alagadas	◆	◆
Erosão eólica	◆	•

◆ - Fortemente influenciado por
 • - Pode ser influenciado por
 Δ - Não exerce influencia substancial sobre

Os geoindicadores representam uma ferramenta importante para compreender os impactos ambientais e os riscos associados aos processos atuantes, sendo muito aplicados no monitoramento ambiental integrado (Berger, 1997).

Simões (1997) destaca, em uma análise de sistemas e geoindicadores, o quão fundamentais são os geoindicadores para subsidiar programas de monitoramento e avaliação de impactos ambientais, com ressalva à necessidade de se utilizar a avaliação de mais de um índice em algumas situações, devido a dinâmica de cada geossistema, que envolve processos multivariados.

Para Santos (2004) as medidas fornecidas pelos indicadores ambientais permitem comparar territórios de diferentes dimensões e complexidades diversas. Podendo ser usados para avaliar e projetar tendências ao longo do tempo, além de serem úteis para prognosticar cenários futuros e nortear ações preventivas.

De acordo com Neimains & Kerr (1996), os geoindicadores devem seguir os critérios de análise descritos a seguir:

- Validade científica – o geoindicador deve ser relevante no entendimento científico do sistema ou do elemento a ser descrito, além de que o geoindicador deve sofrer modificações quando houver mudanças no ambiente e, os dados avaliados por este devem corresponder a diferentes períodos de tempo.
- Representatividade – a informação fornecida pelo geoindicador deve ser representativa do fenômeno como um todo, devendo ser simples e clara, para facilitar o entendimento de pessoas não especialistas.
- Relevância – os dados a serem adquiridos devem ser de fácil obtenção e fundamentais ao usuário potencial.
- Limite – devem ser estabelecidos limites para avaliação dos valores obtidos e o indicador deve ter aplicação regional.

ITC (1996) salienta que alguns geoindicadores já possuem parâmetros padronizados, como é o caso da qualidade das águas superficiais, enquanto que outros deveriam ganhar mais espaço na avaliação ambiental.

De uma forma geral, nem todos os geoindicadores eleitos pela COGEOENVIRONMENT (1992) tem ampla aplicabilidade, pois dependem de esferas de abordagem (escala, local e política). Com isso entende-se que em alguns casos, em função de condições peculiares do meio, torna-se necessário o estabelecimento ou proposição de novos atributos para serem utilizados como indicadores de modificações ambientais.

A United Nations Commission on Sustainable Development – UNCSD – em 1996 propôs a categoria de indicadores ambientais de desenvolvimento sustentável, os quais são atributos do meio físico, utilizados para medir a qualidade ambiental de uma região, de forma a tentar conduzir ao desenvolvimento sustentável. São esses: ar, água, solo, fauna e clima.

2.6. GEOPROCESSAMENTO E ESTUDOS AMBIENTAIS

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes

componentes do meio ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana e o interrelacionamento destes. Neste contexto, vem se destacando o uso do geoprocessamento e suas ferramentas (Câmara & Medeiros, 1998).

O termo geoprocessamento pode ser entendido como a tecnologia que utiliza técnicas computacionais para tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia utiliza ferramentas computacionais chamadas de sistemas de informações geográficas (SIG), as quais permitem realizar análises espaciais complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ou criar bancos de dados georreferenciados (Câmara & Medeiros, 1998).

O geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicação, energia e planejamento urbano e regional. Com relação aos estudos ambientais os SIG vêm sendo muito empregados na realização de mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação e impacto ambiental e ordenamento territorial.

Os SIG apresentam duas características principais, que são: 1) inserir e integrar, em uma base de dados única, informações espaciais obtidas de dados cartográficos, censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno e, 2) oferecer mecanismos para combinar os vários níveis de informação, por meio de operações de manipulação e análise, por algoritmos, bem como consultar, recuperar visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Atualmente, de forma sumarizada, os SIG, podem ser conceituados como sistemas de processamento de dados, que se apoiam em processos gráficos e capturam dados espacialmente referenciados, administrando e processando estes dados para aplicações no campo das geodisciplinas (Lopes, 2000).

Muitos autores (GTZ, 1994; Assad & Sano, 1993; Bähr & Vöght, 1991 e Dale & Mclaughen, 1990), afirmam que o ambiente computacional permite analisar dados de forma integrada, revolucionando o modo como as informações geográficas (fotografias aéreas e imagens de satélite), são manipuladas, as quais são freqüentemente usadas em pesquisas e nos processos de planejamento (Dale & Mclaughen, 1990).

A grande adaptabilidade destes sistemas faz com que os SIG tenham grande aplicação, podendo ser utilizados em processos de análise ambiental, de planejamento de uso da terra, de planejamento de uso de recursos hídricos, de economia, entre outras finalidades (Intera Tydac, 1992).

2.6.1 Estrutura de um Sistema de Informações Geográficas

De acordo com Câmara & Medeiros (1998), os sistemas de informações geográficas apresentam cinco componentes básicos: 1) interface com o usuário; 2) entrada e integração de dados; 3) funções de processamento gráfico e de imagens; 4) visualização e plotagem e, 5) armazenamento e recuperação de dados (na forma de um banco de dados georreferenciados).

De uma maneira geral os componentes dos sistemas de informações geográficas podem ser organizados em quatro categorias: 1) Entrada de dados, 2) Gerenciamento e recuperação de informações, 3) Manipulação e análise e 4) Exibição e produção de saída.

Entrada de Dados

De forma contrária aos sistemas de bancos de dados convencionais, os SIG são capazes de armazenar informações variadas, de natureza gráfica, como vetores e imagens. Para isto, é necessário que o SIG conte com módulos ou interfaces que permitam que o usuário possa incorporar dados e visualizá-los graficamente. Uma das formas, mais usuais, que vêm sendo utilizadas para a entrada de dados em SIG é o processo de digitalização semi-automática e automática, que transforma dados gráficos em formato vetorial.

Gerenciamento e Recuperação de Informações

Uma vez formada a base de dados geográficos, o SIG precisa ser capaz de gerenciá-la. Isto é, o SIG precisa garantir ao usuário o acesso rápido e eficiente às informações por ele gerenciada, devendo:

- Manter a consistência da base de dados por meio das operações realizadas pelos usuários;
- Controlar o acesso simultâneo aos dados;
- Garantir a integridade da relação gráfico-alfa;
- Executar operações de salvamento (*back up*) e recuperação de informações;
- Garantir a recuperação total ou parcial do banco de dados em caso de falhas; e

- Garantir a segurança no acesso às informações contidas no banco de dados, impedindo acesso não autorizados e limitando o acesso a dados sensíveis.

Manipulação e Análise

As funções de manipulação e análise de dados geográficos são agrupadas de acordo com o tipo de dado tratado (correspondente a uma geometria distinta):

- Análise Geográfica – permite a combinação de informações temáticas. Pode ser realizada no domínio vetorial ou matricial (“*raster*”).
- Processamento Digital de Imagens – permite o tratamento de imagens de satélite e de “*scanners*” para obtenção referentes ao meio físico e cadastrais.
- Modelagem Numérica do Terreno – permite a execução de cálculos como declividade, volume, cortes transversais e linha de visada, por meio da construção de modelos (grade regular ou triangular) a partir de pontos amostrais esparsos ou linhas.
- Modelagem de Redes – consiste tipicamente de cálculo de caminho ótimo e crítico. No sistema de modelagem de redes a determinação do caminho ótimo depende da necessidade do usuário.

Exibição e Produção de Saída

As saídas dos dados são enfocadas na forma de duas categorias: 1) Produção – na qual são priorizados a produção otimizada de mapas em papel, tabelas e relatórios e 2) Recursos de Consulta – na qual o interesse gira em torno da resposta interativa do sistema às demandas do usuário.

A apresentação espacial dos dados (mapas) pode ser feita por meio de duas grandes classes:

1. Representação Matricial – na qual o espaço é representado como uma matriz P (m, n) composta de \underline{m} colunas e \underline{n} linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e,

cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas (Câmara & Medeiros, 1998).

2. Representação Vetorial – na qual são considerados três elementos gráficos: 1) Ponto – Também chamados de elementos pontuais, abrangem todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente posicionadas por um único par de coordenadas X e Y. Além das coordenadas, outros dados não-espaciais (atributos) podem ser arquivados para indicar de que tipo de ponto está se tratando; 2) Linhas, arcos ou elementos lineares – conjunto de pontos conectados. Além das coordenadas dos pontos que compõem a linha, deve-se armazenar informações que indiquem de que tipo de linha se está tratando, ou seja, a que atributo ela está associada; e 3) Área ou polígono - são representados pela lista de linhas que a compõem.

Teixeira *et. al.* (1992) descreve a representação matricial como "a partição do espaço em uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas de forma regular, formando células chamadas de *pixel*, ou quadricula". Geralmente, os *pixels* possuem dimensões verticais e horizontais iguais, que define a resolução da malha.

De acordo com Eastman (1998), a forma vetorial é definida por uma série de pontos, linhas e polígonos, os quais formam a representação gráfica das feições. Cada ponto está georreferenciado a um sistema de coordenadas, como latitude/longitude ou a grade de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mecator*).

2.6.2. Operações Matemáticas nos Sistemas de Informações Geográficas

Os SIG apresentam operações matemáticas (funções) que permitem a realização de operações diversas. Isto é o que distingue esses sistemas de outros tipos de sistemas de informações. Essas funções realizam análises espaciais, utilizando atributos espaciais ou não das informações armazenadas na base de dados, na tentativa de serem realizados modelamento (simulações) sobre os fenômenos reais, seus aspectos ou parâmetros (Câmara & Medeiros, 1998).

Nos estudos de natureza ambiental, um fator muito importante é o tipo de operação empregada, pelos sistemas de informações geográficas, no tratamento dos atributos que serão analisados.

As principais operações existentes em um sistema de informação geográfica são: 1) Operações Pontuais, 2) Operações *Booleanas*, 3) Operações matemáticas, 4) Operações de Vizinhança 5) Operações Zonais, e 6) Operações de classificação contínua (operações com fundamentos de lógica *fuzzy*).

Estas operações permitem que sejam realizadas simulações diversas sobre os dados armazenado nos SIG. As operações *booleanas* são as tradicionalmente aplicadas na análise espacial de atributos do meio físico. As operações de classificação contínua utilizam técnicas fundamentadas em noções de conjuntos nebulosos (*fuzzy*) para efetuar análises sobre os dados espaciais considerando suas variações transicionais, e elaborar documentos cartográficos com dados representados em formato numérico. Isto é, as variáveis espaciais como solo, geomorfologia, vegetação, entre outras, não são manipuladas em formato temático, mas sim numérico. De acordo com Câmara & Medeiros (1998) as operações de classificação contínua substituem os processos tradicionais de elaboração de mapas.

2.7 - LOGICA FUZZY

A Lógica *Fuzzy* pode ser vista como uma generalização da lógica *booleana* convencional. A grande diferença entre as duas está no fato de a lógica *fuzzy* permitir um certo grau de incerteza, isto é, ela aceita a noção de parcialmente verdadeiro ou parcialmente falso (Zimmermann, 1987).

A lógica tradicional trabalha com os dois extremos 1 e 0, ou o elemento está no conjunto ou não está. A lógica *fuzzy* viola estas suposições. De acordo com Zimmermann (1987), um sim ou um não como resposta a determinadas questões é, na maioria das vezes, incompleta. Na verdade, entre a certeza de ser e a certeza de não ser, existem infinitos graus de incerteza (os elementos podem assumir qualquer valor dentro do intervalo [0, 1], valor esse conhecido como grau de pertinência). Esta imperfeição intrínseca à informação representada numa linguagem natural foi tratada matematicamente no passado com o uso da teoria das probabilidades. Contudo, a lógica *fuzzy*, com base na teoria dos conjuntos *fuzzy*, tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições da informação do que a teoria das probabilidades (Olivera *et al.*, 1999).

De forma mais objetiva e preliminar, a lógica *fuzzy* pode ser definida como sendo uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação pelos computadores de hoje em dia (Zadeh & Jamshidi, 1997).

A lógica *fuzzy* também pode ser definida como a lógica que suporta os modos de raciocínio que são aproximados, ao invés de exatos, como estamos naturalmente acostumados a trabalhar. Esta lógica baseia-se na teoria dos conjuntos nebulosos e difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e detalhes. Nessa, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um caso de composição nebulosa (Galvão, 1999).

De acordo com Saraiva (2000) a lógica *fuzzy* é uma teoria matemática a qual utiliza critérios da teoria *fuzzy* que fazem uso da nebulosidade. Os critérios gerais da teoria são: 1) Teoria dos conjuntos *fuzzy*; 2) Lógica *fuzzy*; e 3) Teoria de medidas *fuzzy*.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* é basicamente uma teoria de conceitos graduados, na qual tudo é objeto de gradação ou, de modo figurativo, tudo tem elasticidade. Expressa nebulosidade *stricto sensu* por meio de conceito da teoria dos conjuntos.

O que é chamado de nebulosidade leva em consideração um aspecto de incerteza. Nebulosidade (*fuzziness*) é a ambiguidade que pode se encontrada na definição de um conceito ou no sentido de uma palavra. Por exemplo, expressões como uma velha pessoa, alta temperatura ou pequeno número são nebulosas, pois apresentam ambigüidade em seus sentidos e incerteza (Saraiva, 2000).

Saraiva (2000) chama atenção para o fato de que nebulosidade não significa o mesmo que probabilidade. Anteriormente, a probabilidade era a única incerteza com que os matemáticos trabalhavam. A incerteza da probabilidade refere-se à incerteza de fenômenos, como simbolizados pelo conceito de aleatoriedade. Aleatoriedade (coisa que ocorre sem um plano definido) e nebulosidade diferem em sua natureza, são aspectos diferentes da incerteza.

Saraiva (2000) exemplifica casos de incerteza de probabilidade, como as expressões: choverá amanhã e jogue os dados e retire um três. Estas expressões contêm incertezas de ocorrências fenomenológicas. A incerteza de choverá amanhã ocorre causada por uma previsão metereológica feita antes que amanhã se torne realidade (no tempo). A incerteza desta expressão é esclarecida com a passagem do tempo e a chegada do amanhã. A incerteza de jogar os dados e retirar um três é também o resultado de tentar

antes de rolar os dados e, se os dados são rolados e este resultado ocorre, a proposição torna-se certa. Porém a incerteza de pessoas velhas ou altas temperaturas não é esclarecida com a passagem do tempo ou com a ocorrência de um resultado.

2.7.1 Teoria *Fuzzy* – Princípios Básicos

A teoria *fuzzy* baseia-se no princípio de que o pensamento humano é estruturado em classes de objetos, não em números, cuja transição entre pertencer ou não a um conjunto é gradual e não abrupta. Assim, enquanto as fronteiras dos conjuntos clássicos são bem definidas, as dos conjuntos *fuzzy* apresentam uma nebulosidade, a qual se tenta aproximar das imperfeições do modo de raciocínio humano (Olivera *et al.*, 1999).

A teoria *fuzzy* se propõe a uma boa aproximação de modelagem do significado das palavras empregadas na linguagem natural.

As três principais características da teoria *fuzzy* são:

- Uso de variáveis lingüísticas no lugar ou em adição as variáveis numéricas;
- Caracterização das relações simples entre variáveis por expressões condicionadas;
- Caracterização das relações complexas por algoritmos *fuzzy*.

2.7.2 Teoria dos Conjuntos Difusos - Conceituação Matemática

De acordo com Zimmermann (1987), Galvão (1999) e Olivera *et al.* (1999), na teoria clássica de conjuntos existem três conceitos primitivos básicos, a saber:

Conjunto

Na linguagem *fuzzy*, conjunto tem definição similar à noção clássica. É uma coleção, agrupamento, classe ou sistema. Sua notação clássica e *fuzzy* são: X (notação clássica) e \tilde{A} (notação *fuzzy*).

Na teoria clássica, os conjuntos são ditos “*crisp*”. Isto é, nestes conjuntos, o limite de transição dos membros para não-membros é abrupto e repentino. O grau de associação do conjunto é especificado, freqüentemente, por um número “1” para

membros e “0” para não-membros. Na teoria dos conjuntos $fuzzy$, diferentemente, as transições entre membros e não-membros estão em uma faixa gradual, sendo associado um grau ao elemento entre “0” (totalmente não-membro) e “1” (totalmente membro). Este grau é chamado relação ou função de pertinência.

Outra boa definição de conjunto $fuzzy$ é dada por Fang (1997), que define como um conjunto de pares de valores, onde o primeiro valor (lingüístico) é o membro do conjunto; e o segundo valor (numérico) é o grau de relação do membro para com o conjunto.

Para Burrough e McDonnell (1998), o conjunto $fuzzy$ é uma forma de caracterização de classes que, por várias razões, não têm ou não podem definir limites rígidos (contatos) entre classes. Essas classes, definidas de maneira inexata, são chamadas de conjunto $fuzzy$. A utilização de um conjunto $fuzzy$ é indicada sempre que se tiver que lidar com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos.

Elemento

É cada membro que forma o conjunto e, sua notação clássica são as letras latinas minúsculas (Ex.: x). A notação $fuzzy$ é o par ordenado $\{x, \mu_{\tilde{A}}(x)\}$, ou elemento x com grau de pertinência $\mu_{\tilde{A}}(x)$.

Relações de Pertinência

A noção clássica de pertinência pode ser definida pela função característica onde 1 indica $x \in X$ (o elemento x pertence ao conjunto X) e 0 indica $x \notin X$ (não pertence ao conjunto X). Pela teoria dos conjuntos $fuzzy$ a função característica pode assumir outros valores reais não negativos além de 0 e 1, tal que o supremo seja infinito. Em outras palavras, a função de pertinência mapeia os elementos contidos em um conjunto X , definidos em um universo U , para o intervalo $[0, 1]$. Desta forma a função de pertinência associa para cada elemento x pertencente a U um número real $\mu_A(x)$ no intervalo $[0, 1]$, que representa o grau de possibilidade de que o elemento x venha a

pertencer ao conjunto X , isto é, quanto é possível para o elemento x pertencer ao conjunto X .

Os conjuntos podem ser representados e descritos de três formas:

1. Pela designação de seus elementos entre chaves

Ex.: {a, e, i, o, u} – indica o conjunto das vogais

2. Pelas propriedades de seus elementos. Conhecida uma propriedade característica P dos elementos de um conjunto, fica ele determinado. Deste modo, o conjunto dos elementos x que têm a propriedade P é indicado por { x/x tem a propriedade P }

Ex.: { x/x é um real e $x > 2$ }

3. Pela definição dos membros utilizando a função características, em que 1 indica pertinência e 0, não pertinência. Para um conjunto μ_{xy} , a função característica permite vários graus de pertinência para os elementos do conjunto dado.

Galvão (1999) destaca que na abordagem clássica, cada elemento tem uma pertinência μ , a qual vale 1 (indica pertinência) ou 0 (indicando não pertinência). Nos conjuntos difusos são permitidos, no intervalo $\mu = [1, 0]$, vários graus de pertinência, podendo ser representados por meio de uma função de pertinência μ .

Saraiva (2000) cita que a teoria dos conjuntos μ_{xy} é um modo matemático de tratar conjuntos que são definidos por elementos difíceis de serem delimitados em um conjunto *crisp*. Galvão (1999) explica bem isto, apresentando um exemplo onde são considerados três conjuntos de temperatura do ambiente: “frio”, “quente” e “confortável”. O autor (*op cit*) ressalta que na abordagem clássica de conjuntos, os limites de temperatura que os delimitam devem ser rigorosamente definidos podendo assumir os seguintes valores:

Fria - $T \leq 20^\circ\text{C}$ tem pertinência $\mu = 1$ (pertencem ao conjunto), $T > 20^\circ\text{C}$ tem pertinências $\mu = 0$ (não pertencem ao conjunto).

Confortável - $20^{\circ}\text{C} < T < 24^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 1$ (pertencem ao conjunto); valores de temperaturas diferentes deste intervalo têm pertinência $\mu = 0$ (não pertencem ao conjunto).

Quente - $T \geq 24^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 1$ (pertencem ao conjunto), $T < 24^{\circ}\text{C}$ têm $\mu = 0$ (não pertencem ao conjunto).

Na abordagem difusa, os limites de temperatura são delimitados da seguinte forma:

Fria – $T \leq 19^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 1$ (certamente frio, pertencem completamente ao conjunto).

$T \geq 21^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 0$ (certamente não frio, não pertencem ao conjunto)

$19^{\circ}\text{C} < T < 21^{\circ}\text{C}$ têm pertinência μ variando entre 1 e 0 (de certo modo frio, pertencem parcialmente ao conjunto)

Confortável - $21^{\circ}\text{C} < T < 23^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 1$ (certamente confortável, pertencem completamente ao conjunto).

$T \leq 19^{\circ}\text{C}$ ou $T \geq 25^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 0$ (certamente não confortável, não pertencem ao conjunto)

$19^{\circ}\text{C} < T < 21^{\circ}\text{C}$ ou $23^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$ têm pertinência μ variando entre 1 e 0 (de certo modo confortável, pertencem parcialmente ao conjunto)

Quente – $T \geq 25^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 1$ (certamente quente, pertencem completamente ao conjunto)

$T \leq 23^{\circ}\text{C}$ têm pertinência $\mu = 0$ (certamente não quente, não pertencem ao conjunto)

$23^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$ têm pertinência μ variando entre 1 e 0 (de certo modo quente, pertencem parcialmente ao conjunto).

A Figura 2.3 apresenta as representações gráficas dos conjuntos de temperatura segundo a abordagem clássica e difusa.

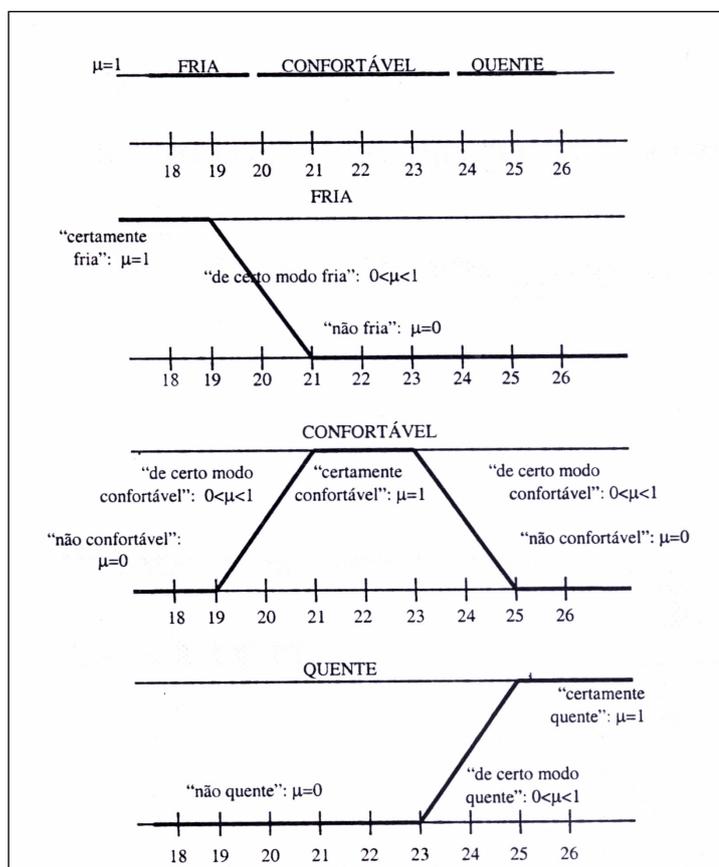


Figura 2.3 – Representações gráficas dos conjuntos clássicos e difusos para definição da temperatura do ambiente (Galvão, 1999).

2.7.3 – Aplicações da Lógica *Fuzzy*

Diversas áreas estão sendo beneficiadas pela tecnologia decorrente da Lógica *Fuzzy*, como a área de desenvolvimento industrial e a área de ciências ambientais, onde são abordados, principalmente, temas voltados aos recursos hídricos e ao uso do solo (Gomide & Rocha, 1992 a e b).

Na área de mapeamento, a representação dos atributos do meio físico em documentos cartográficos é fundamentada em técnicas de lógica *booleana*. Neste tipo de técnica os atributos retratados apresentam as mesmas características em toda sua extensão espacial. Têm o mesmo comportamento e as mesmas propriedades, não sendo representadas ou consideradas possíveis variações.

Burrough *et al.* (2000) ressalta que nos métodos tradicionais de mapeamento, os limites entre unidades são tomados como linhas discretas. De forma que retratam a inexistência de gradação entre características das diferentes unidades. O estabelecimento

de um limite determina o término e/ou começo abrupto de uma unidade. A execução de mapeamento desta forma implica em uma representação errada do meio, com perda de informações importantes, além de a ocorrência de erro na elaboração de um mapa, pela adoção arbitrária de limite de atributos.

Esta perda é devida ao fato do meio físico se caracterizar como um sistema complexo, e segundo Zadeh (1972), para sistemas complexos os modelos tradicionais fornecem informações de qualidade diminuta, pois não são possíveis de lidar com os conceitos inexatos, ambíguos e/ou vagos, tão comuns em sistemas geológicos.

De acordo com Câmara & Medeiros (1998), uma alternativa o problema acima descrito seria sempre trabalhar com dados em representação contínua, o que na prática, equivale a trabalhar com modelos numéricos de terreno, para representar variáveis espaciais como solo, geomorfologia e vegetação.

Sui (1992) ressalta que a utilização da lógica *fuzzy* permite acrescentar detalhes de transição gradual, reduzindo assim a perda de informações relacionadas com as atividades de cada parcela analisada, possibilitando uma identificação mais analítica destas unidades.

Neste contexto, trabalhos como os de Burrough (1989), Burrough & Heuvelink (1992); Banai (1993); Altman (1994) e Moreira *et al* (2001), vem sendo desenvolvidos com aplicação de técnicas de lógica *fuzzy* para confecção de documentos cartográficos.

De acordo com Moreira *et all.* (2001), as vantagens do modelamento *fuzzy* são inúmeras quando comparadas aos modelamentos convencionais, os quais forçam os especialistas a definir regras dicotômicas rígidas com contatos normalmente artificiais, que diminuem a habilidade de articular eficientemente soluções para problemas complexos, tão comuns em processos naturais.

Para Davidson *et al.* (1993), a utilização da lógica *fuzzy*, na avaliação do uso do solo entre outras aplicações, fornece uma metodologia mais satisfatória do que as metodologias que se utilizam de outras operações, como a *booleana*. Burrough (1996) apresenta este fato como evidente, pois o uso pontual da álgebra *booleana*, como uma lógica simples de verdadeiro ou falso, de combinação de modelos exatos e rígidos é freqüentemente inapropriado para análise, modelamento e representação de aspectos de naturezas contínuas, como solos, topografias, vegetação e litologias.

Hall *et al.* (1992) cita que a classificação usando a “lógica *fuzzy*” na avaliação do uso da terra/solo é menos sensível a perturbações nos dados, ocorrência de ruídos, do

que com as aproximações feitas por meio das operações *booleanas*. Segundo Burrough & Heuvelink (1992), muito menos informações são rejeitadas em todos os estágios de análise, sendo muito melhor para a classificação de variações contínuas. Para os autores (*op cit*), o modelo gerado com a aplicação de inferência de lógica fuzzy ilustra uma representação mais próxima da realidade.

Silvert (2000) acrescenta que a utilização da lógica *fuzzy* em estudos de natureza ambiental possibilita a execução de estudos capazes de descrever modificações naturais e antropogênicas, ocorrentes no meio. O autor (*op cit*) enfatiza que o emprego da lógica possibilita a integração de diferentes tipos de dados, permitindo realizar um balanço entre observações favoráveis e desfavoráveis e, entre efeitos incomensuráveis como impactos sociais, econômicos e biológicos. Ainda possibilita a classificação e quantificação ambiental de atributos de natureza subjetiva.

2.7.3.1. – Exemplos de Aplicação da Lógica Fuzzy

MacMillan *et al.* (2000) utiliza a lógica *fuzzy* para delimitar uma área em elementos de *landforms* que apresentem diferenças significantes com respeito a propriedades do solo. A delimitação da área é feita por meio de um modelo digital de elevação (DEM), elaborado a partir de coordenadas x, y e z fornecidas por um sistema diferencial de posicionamento global (DGPS) e interpoladas no programa GRASS. Para segmentação da área foram considerados atributos do terreno (gradiente de declividade, perfil e curvatura plana e iluminação relativa) que foram calculados após conversão para atributos de *landforms fuzzy*, os quais foram expressos em termos de associação de valores com variação contínua entre 0-100.

Burrough *et al.*, (2000) utilizam um método de classificação contínua para determinação de *landforms* semelhante ao apresentado por MacMillan *et al.* (2000), denominado de método *fuzzy K-means*, juntamente com o auxílio de modelos digitais de elevação do terreno. Este método busca suprir os problemas que comumente são encontrados no mapeamento de unidades do terreno, tanto pelo método tradicional de mapeamento como pela utilização dos SIG, que em sua maioria têm suas funções baseadas em operações *booleanas*.

Burrough *et al.*(2000) emprega o método de classificação contínua para a segmentação de uma are com 68ha, a qual teve seus dados representados no formato

raster , por uma malha com 153 linhas por 178 colunas, com células de 5 X 5 metros. Para segmentação do terreno foram feitas 100.000 observações dos dados x, y e z, os quais foram interpolados pelo programa GRASS, para gerar um modelo de elevação digital (DEM). A partir do DEM foram obtidas informações referentes à declividade, o perfil de curvatura, o plano de curvatura, o índice total anual de incidência de radiação solar, o índice de umidade e a distância entre topos. Todos estes atributos foram computados juntamente com a elevação, fornecendo de forma independente informações sobre o terreno.

Moreira *et al.* (2001) apresentam um exemplo de aplicação da técnica de lógica *fuzzy*, entre outras, juntamente com a tomada de suporte a decisão para fins de elaboração de documentos cartográficos, voltados para delimitação de cenários potenciais a ocorrência de minerais radioativos. Como ferramentas, os autores (*op cit*), utilizam o SIG SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) e a linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico), para tratar as informações do meio em formato contínuo e delimitar os cenários pretendidos.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo corresponde a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe situada na porção centro-leste do Estado de São Paulo e Sudoeste de Minas Gerais. Está compreendida entre os meridianos $46^{\circ} 7' 50''$ e $47^{\circ} 00'$ e os paralelos $22^{\circ} 15'$ e $22^{\circ} 45'$, englobando parte das folhas topográficas Mogi-Guaçu (SF-23-Y-A-III-3), Águas de Lindóia (SF-23-Y-A-III-4), Ouro Fino (SF-23-Y-B-III-1), Amparo (SF-23-Y-A-VI-1), Socorro (SF-23-Y-A-IV-2), Munhoz (SF-23-Y-B-IV-1) e Cambuí (SF-23-Y-B-IV-2) . Totaliza uma área de aproximadamente 1670Km^2 , (Figura 3.1).

A bacia tem 36% de sua área total (618Km^2) correspondendo a terrenos mineiros e 64% a terrenos paulistas (1056 Km^2) (Figura 3.2). Nos terrenos mineiros localiza-se a porção da alta bacia, a qual corresponde a área de cabeceira da bacia. Nos terrenos paulistas localizam-se as porções média e baixa da bacia, as quais correspondem, respectivamente, a parte central e de foz.

A Bacia engloba áreas pertencentes a sete municípios, dos quais cinco localizam-se no Estado de São Paulo: Águas de Lindóia, Itapira, Lindóia, Serra Negra e Socorro; e dois no Estado de Minas Gerais, Bueno Brandão e Munhoz(Figura 3.3). Os sete municípios somam uma população de 150.904 habitantes (IBGE, 2002).

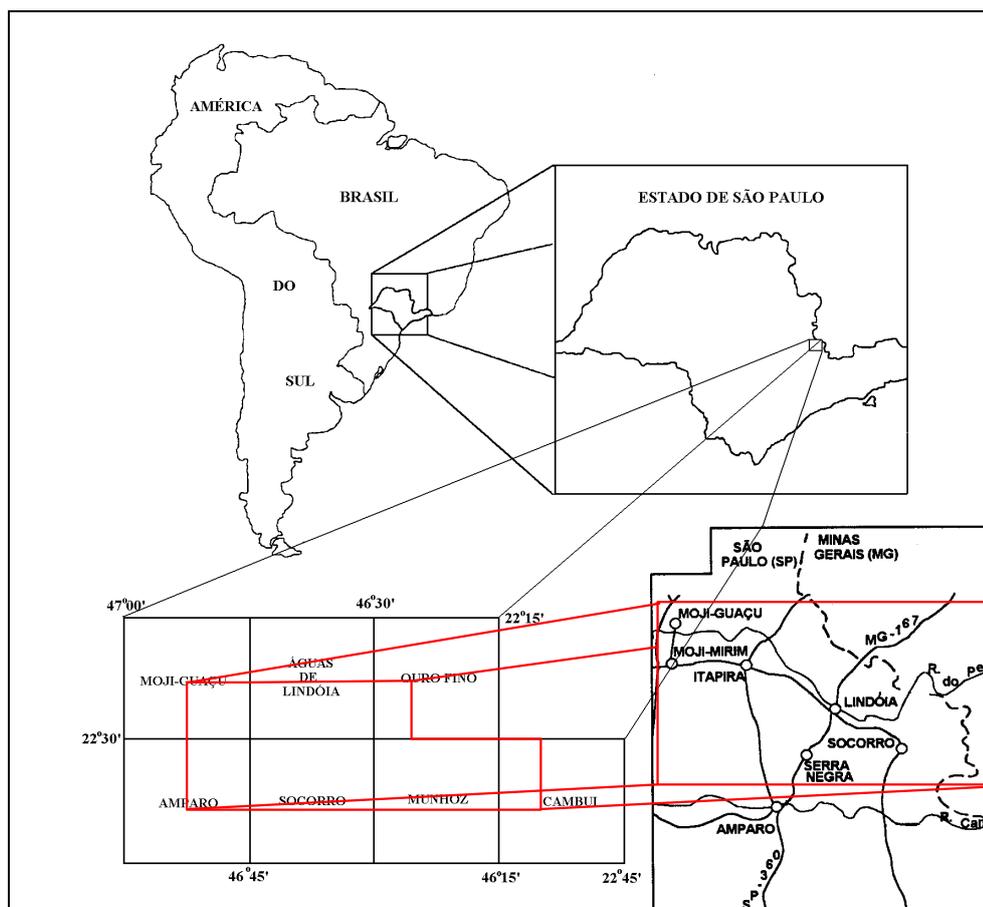


Figura 3.1 – Localização da área de estudo

O Rio do Peixe nasce no Estado de Minas Gerais, no município de Munhoz e se desenvolve no sentido sudeste-noroeste, indo desaguar em terrenos paulistas, no Rio Mogi-Guaçu, as proximidades do município de mesmo nome. De acordo com Mion & Cavaleire (1999), o Rio do Peixe constitui um compartimento (sub-bacia hidrográfica) da Unidade Gerenciamento de Recursos Hídricos do Mogi-Guaçu.

As principais vias de acesso presentes na área são SP-340, SP-147, SP-191 e SP-352.

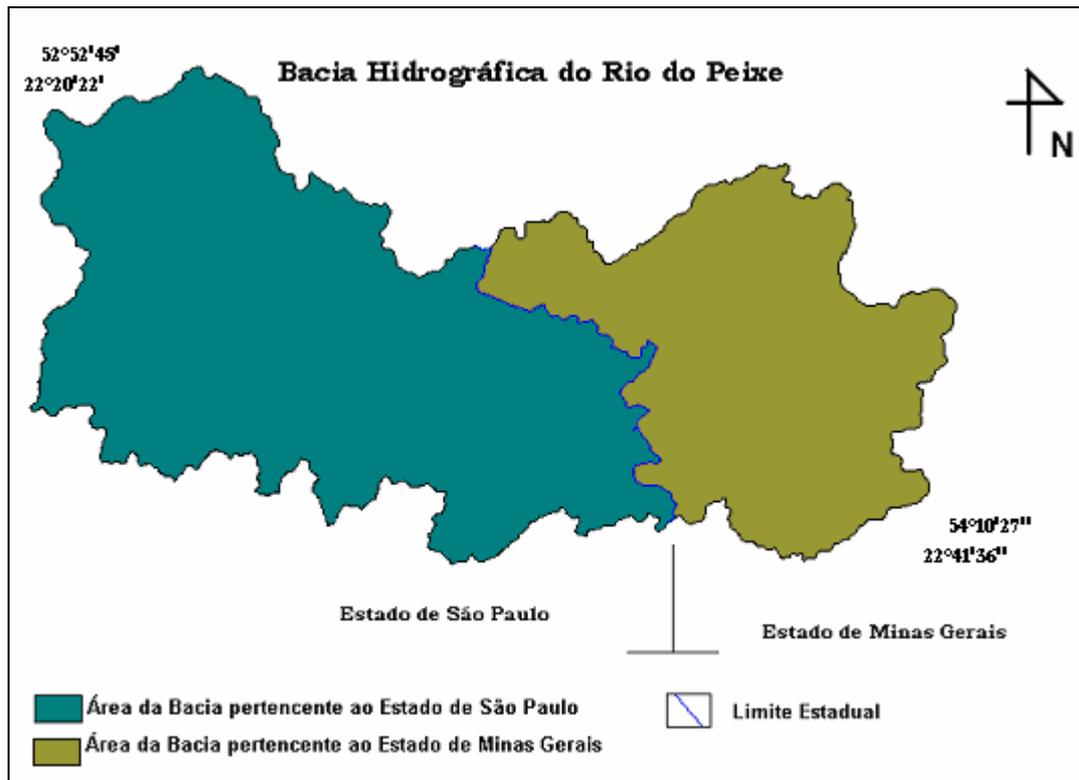


Figura 3.2 – Localização da Bacia do Rio do Peixe com relação aos Estados de São Paulo e Minas Gerais.



Figura 3.3 – Municípios da Bacia do Rio do Peixe.

3.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.2.1 Clima

O Clima da Bacia pode ser caracterizado, de uma forma geral, como clima mesotérmico de inverno seco, com a estação seca ocorrendo entre os meses de abril a julho, sendo os meses mais chuvosos janeiro e fevereiro (Mion & Cavaleire, 1999).

De acordo com o sistema de classificação climático de Köppen, é possível identificar três divisões climáticas presentes na bacia Hidrográfica do Rio do Peixe: Cwa, Cwb e Cfa (Mion & Cavaleire, 1999). A descrição de cada divisão climática identificada na área da bacia é apresentada a seguir:

- Cwa – clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18⁰C e a do mês mais quente oscila entre 22 e 24⁰C. O total de chuvas do mês mais seco não é superior a 30mm. O índice pluviométrico varia entre 1100 e 1700mm, com diminuição da precipitação de leste para oeste. A estação seca ocorre nos meses de abril a setembro, sendo julho o mês mais seco. Os meses mais chuvosos são janeiro e fevereiro.
- Cwb – clima mesotérmico de inverno seco, com temperatura do mês mais quente inferior a 22⁰C. O índice pluviométrico varia entre 1300 e 1700mm. O mês mais seco e mais frio é julho, com temperaturas médias em torno de 16,5⁰C. A estação seca vai de maio a setembro e, o mês mais chuvoso é janeiro, chegando a atingir um total de chuvas 10 vezes superior ao valor do mês de julho.
- Cfa – clima mesotérmico úmido, sem estiagem, com temperatura média do mês mais quente superior a 22⁰C. O mês mais seco é julho, com um índice pluviométrico superior a 30mm. O mês mais chuvoso é janeiro com índice pluviométrico variando entre 1100 e 1700mm.

3.2.2. Cobertura Vegetal

De acordo com Mion & Cavaleire (1999) nos terrenos paulistas da bacia é identificado um único tipo de vegetação nativa.

A Tabela 3.1 apresenta dados da ocorrência de vegetação nativa na porção da bacia relativas a terras do Estado de São Paulo.

Tabela 3.1 – Levantamento de vegetação nativa na área da bacia do Rio do Peixe (modificado de Mion & Cavaleire, 1999).

	Tipo de Vegetação Nativa				
	Mata			Total	
Municípios	Área (ha)	(ha)	%	(ha)	%
Águas de Lindóia	128.200	5.490	26	5.490	26
Itapira	4.300	372	8,65	372	8,65
Lindóia	6.000	305	5,08	305	5,08
Serra Negra	18.600	800	4,3	800	4,3
Socorro	44.600	1.446	3,24	1.446	3,24

Na porção da cabeceira da bacia, correspondente a terras do Estado de Minas Gerais, foram identificadas mediante realização de campanhas de campo a existência de vegetação do tipo mata, cerrado, e mata ciliar.

3.2.3. Pedologia

De acordo com o Levantamento de Reconhecimento do Solo do Estado de São Paulo, realizado pelo Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas (1960), os solos presentes na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe são dos tipos: Podzólico Vermelho Amarelo, Latossolo Roxo, Laossolo Vermelho, Litossolo, Regossolo e Hidromórficos.

Solos Podzólicos Vermelho Amarelo

Os solos podzólicos vermelho amarelos são solos bem drenados, com seqüência de horizontes A-E-B-C, com nítida diferenciação entre os horizontes, com teor de argila do horizonte B bem mais elevado que os horizontes superficiais, são ácidos e com saturação de bases baixas.

Na bacia do Rio do Peixe é encontrada a unidade de solo Podizólico Vermelho Amarelo variação Piracicaba (PVp), localizada na região da depressão Periférica, com relevo fortemente ondulado a ondulado, vegetação original de floresta e materiais argilosos folhelhos.

Latossolo Roxo

São solos bem drenados, com seqüência de horizonte A-B-C e pequena diferenciação de horizontes. Apresentam coloração vermelho-arroxeadas, argilosos, bastante porosos e profundos, com pequena variação de cor entre os horizontes. Tem saturação de base muito variável.

O material de origem desses solos são rochas eruptivas básicas, o relevo varia de ondulado a suave e a vegetação original é de floresta, ocorrendo áreas com cerrado.

Latossolo Vermelho Amarelo

São solos bem drenados, com seqüência de horizontes A-B-C, com pequena diferenciação entre horizontes, de coloração variando de amarela até vermelha. São ácidos, com relação textural (% de argila do horizonte B/% de argila do horizonte A) em torno de 1,3 e a saturação em bases é baixa.

Na bacia é encontrada a unidade Latossolo Vermelho Amarelo orto (LV), localizada no Planalto Atlântico, em relevo montanhoso, com material de origem granítica e gnáissica. A vegetação original é de floresta.

Solos Hidromórficos

São solos intrazonais, nos quais não há desenvolvimento das características dos solos zonais, o que se deve a grande influência de água no perfil. Essa influência está condicionada principalmente as características do relevo.

O encharcamento desses solos pode ocasionar um acúmulo de matéria orgânica ou fenômeno gleização, provocado pela redução e solubilização de compostos de ferro. Isto é evidenciado pela ocorrência de coloração cinzenta e mosqueamentos.

Litossolos

São solos muito rasos, pouco desenvolvidos, constituídos pelo horizonte superficial. Apresentam pequena espessura, formados por acúmulo de matéria orgânica, seguido de rocha pouco alterada, consolidada ou semi-branda. Os litossolos são

separados de acordo com a natureza do substrato, sendo encontrada na bacia a unidade Litossolo fase substrato granito-gnaíse.

3.2.4. Geomorfologia

De acordo com IPT (1981), a bacia hidrográfica do Rio do Peixe apresenta a ocorrência de duas grandes províncias geomorfológicas: Planalto Atlântico e Depressão Periférica. Com destaque a ocorrência da Serrania de Lindóia (Planalto Atlântico) e da Zona do Mogi-Guaçu (Depressão Periférica), as quais fazem limite ao norte da bacia.

O Planalto Atlântico localiza-se a montante, desde a nascente do Rio do Peixe, no Estado de Minas Gerais, ocupando aproximadamente 80-90% da área. A topografia apresenta grande diversidade de declividade, com altitudes médias de até 1600m.

A província geomorfológica Depressão Periférica ocorre junto a foz do Rio do Peixe, ocupando aproximadamente 20-10% da área. Apresenta relevo uniforme, com vales amplos e profundos, planícies fluviais restritas e alguns terraços. O contato entre as rochas sedimentares da Depressão Periférica com as rochas cristalinas do Planalto Atlântico oferece áreas de diferentes resistências à erosão fluvial, proporcionando o aparecimento de cachoeiras e corredeiras.

3.3. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

3.3.1 Demografia

A Bacia do Rio do Peixe apresenta uma população total de 150.9041 habitantes distribuídos em sete municípios, Itapira, Águas de Lindóia, Lindóia, Serra Negra, Socorro, Bueno Brandão e Munhoz (IBGE, 2002). Destes, Itapira caracteriza-se como o município com a maior população, 63.377 habitantes que correspondem à aproximadamente 40% da população total da bacia. Socorro e Serra Negra apresentam-se como os outros dois municípios mais populosos, com 20,5% e 15% da população total da bacia, respectivamente. Lindóia constitui o município de menor população, 5.331 habitantes, que corresponde a 3,35% da população total da bacia (Figura 3.4).

A Tabela 3.2 apresenta os dados populacionais dos municípios da Bacia, número; percentuais de habitantes e taxa geométrica de crescimento anual, para os anos de 1991, 1996 e 2000 (IBGE, 2002).

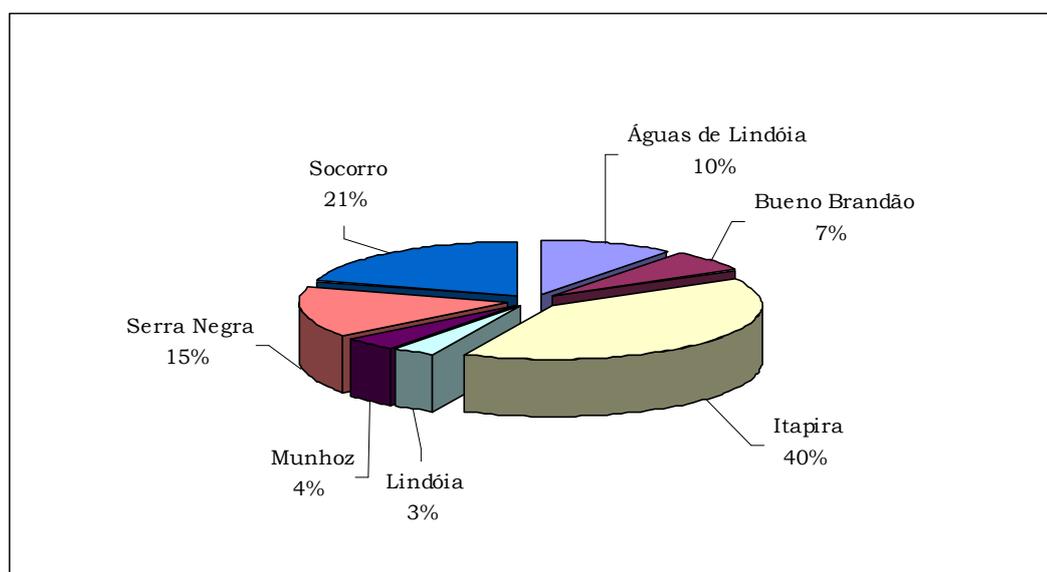


Figura 3.4 – Distribuição demográfica na Bacia do Rio do Peixe.

Tabela 3.2 – Dados Populacionais da Bacia do Rio do Peixe. Número de Habitantes, Percentual de Habitantes e Taxa Geométrica de Crescimento Anual (IBGE, 2002).

Municípios	Num Hab (1991)	**% Hab (1991)	Num Hab (1996)	% Hab (1996)	Num Hab (2000)	% Hab (2000)	TCMA* (91/96)	TCMA* (96/00)	TCMA* (91/00)
Águas Lindóia	11.966	8,45	13.542	9,07	16.190	10,18	2,50	4,56	3,42
Bueno Brandão	10.787	7,62	10.578	7,09	10.932	6,87	-0,39	0,83	0,15
Itapira	56.586	39,96	60.791	40,75	63.377	39,85	1,44	1,05	1,27
Lindóia	4.118	2,90	4.916	3,29	5.331	3,35	3,60	2,05	2,91
Munhoz	5.652	3,99	6.206	4,16	6.656	4,18	1,88	1,76	1,83
Serra Negra	21.704	15,33	22.295	14,94	23.851	14,99	0,54	1,70	1,05
Socorro	30.763	21,73	30.847	20,68	32.704	20,56	0,05	1,47	0,68

*Taxa Geométrica de Crescimento Anual

** Percentual de habitantes por município em relação a população total da bacia

A população da bacia pode ser subdividida em duas categorias, população urbana e população rural. Na bacia como um todo predomina a população urbana, aproximadamente 80% da população total (Tabela 3.3). Os municípios com maior índice de população urbana relativo a população urbana total da bacia são: Itapira (45,5%), Socorro (16,31%) e Serra Negra (16,03%). Munhoz e Lindóia destacam-se

como os municípios de menor índice de população urbana, respectivamente, 2,74% e 3,66% (Figura 3.5).

No que se refere à população rural, o município de Socorro apresenta o maior percentual de habitantes rurais com relação a população total da bacia, 38,48%, seguido pelos municípios de Bueno Brandão (18,68%) e Itapira (17,5%). Os municípios com menores percentuais de habitantes rurais são Lindóia (2,01%) e Águas de Lindóia (2,4%) (Figura 3.5).

Tabela 3.3 – Dados de População Urbana e Rural nos Municípios da Bacia no ano de 2000 (IBGE, 2002).

Municípios	População Total		População Urbana		População Rural	
	Num. Hab	% Hab*	Num. Hab	% Hab**	Num. Hab	% Hab***
Águas de Lindóia	16190	10,18	15463	12,02	727	2,38
Bueno Brandão	10932	6,9	5241	4,08	5691	18,68
Itapira	63377	39,85	58042	45,14	5335	17,51
Lindóia	5331	3,35	4716	3,66	615	2,02
Munhoz	6656	4,18	3524	2,74	3132	10,28
Serra Negra	23851	14,99	20612	16,03	3239	10,63
Socorro	32704	20,56	20980	16,31	11724	38,48
Total	159041	100	128578	100	30463	100

* Percentual de habitantes nos municípios em relação à população total da bacia

** Percentual de habitantes nos municípios com relação à população urbana total da bacia.

*** Percentual de habitantes nos municípios com relação à população rural total da bacia.

3.3.2. Quadro Econômico

A economia dos municípios da Bacia do Rio do Peixe baseia-se em duas atividades principais, o turismo e a agricultura. O turismo é marcado pela presença do circuito das águas paulistas, o qual compreende na área as estâncias de águas de Lindóia, Lindóia, Serra Negra e Socorro. As estâncias funcionam como centros de lazer e oferecem contato com a natureza (vales, montanhas, cachoeiras, etc), fontes de água potável e águas termais, muito utilizadas para fins medicinais. A atividade agrícola destaca-se principalmente, nas cidades de Itapira, Serra Negra, Socorro e Bueno Brandão, com o cultivo de produtos de lavoura temporária e de lavoura permanente.

Além das atividades acima citadas são desenvolvidas também outras atividades como produção pecuária, com a criação de rebanhos e aves e a produção de ovos e leite; e atividades extrativistas, com a extração de madeira; e os setores comerciais e industriais, ligados a agricultura e ao turismo.

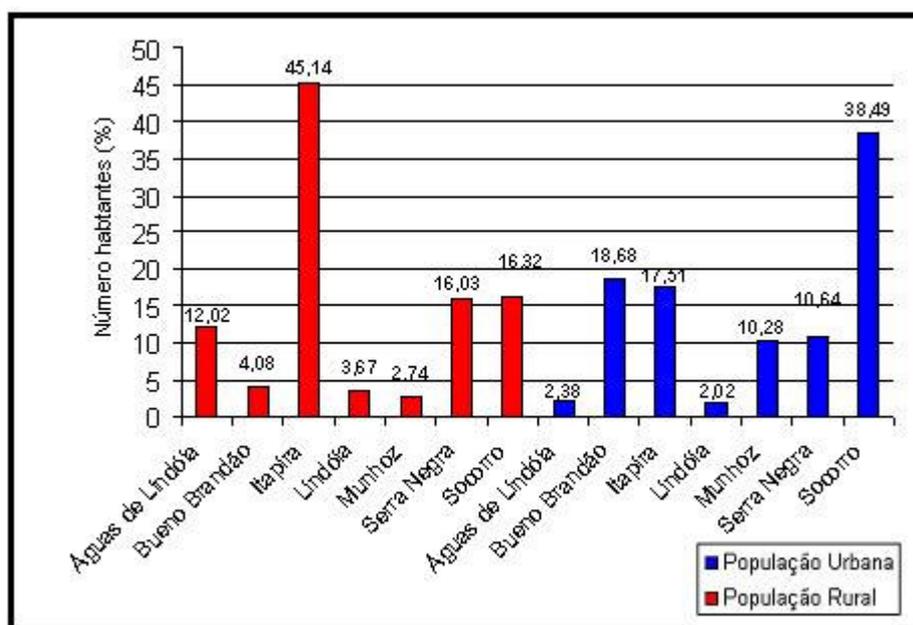


Figura 3.5 – Distribuição da população urbana e rural na Bacia do Rio do Peixe (IBGE, 2002).

3.3.2.1 Turismo

O turismo é a atividade econômica de maior destaque na bacia em terrenos paulistas. Seu desenvolvimento concentra-se nos municípios integrantes do circuito das águas paulistas, Águas de Lindóia, Lindóia, Serra Negra e Socorro, denominados estâncias termais.

As estâncias apresentam uma avançada infra-estrutura hoteleira e têm como principal ponto atrativo à qualidade de suas águas, conhecidas em âmbito nacional e internacional por aplicações medicinais. Outro ponto atrativo é a localização do circuito, na Serra da Mantiqueira, oferecendo aos turistas uma bela paisagem com vales cobertos de muito verde, cachoeiras, fontes de água potável e um clima entre os melhores do mundo.

As atividades de turismo na área se dividem em quatro categorias:

- Turismo Tradicional – voltado para realização de passeios;
- Turismo de Compras – voltado para o comércio de artigos produzidos nas Estâncias, como artigos de couro, de lã, de linha, da madeira, de bambu, de vime e laticínios;
- Turismo de Negócios – voltado para realização de congressos, feiras e convenções nos hotéis e centros especializados; e

- Turismo Rural – voltado para realização de passeios em propriedades abertas a visitação e pescueiros.

De uma maneira geral, as quatro atividades são bem desenvolvidas nas estâncias da Bacia, não havendo maior destaque a uma em especial.

3.3.2.2. Atividade Agrícola

A atividade agrícola na bacia é desenvolvida segundo duas categorias, 1) Produção agrícola permanente e 2) Produção agrícola temporária.

A bacia tem 13,21% de sua área destinada ao cultivo de lavoura temporária, a qual é 2,67 vezes superior ao cultivo de lavoura permanente. Esta última ocupa 6,89% da área total da Bacia (Figura 3.6, Tabela 3.4).

No que se refere ao número de produtos cultivados, as duas atividades merecem o mesmo destaque. A produção agrícola temporária tem seu cultivo baseado em dez produtos e a produção agrícola permanente em oito produtos.

Quando analisado o número de produtos plantados por municípios, merece destaque, no que se refere à lavoura temporária, Socorro e Serra Negra que cultivam, respectivamente, oito e sete produtos. Com relação à lavoura permanente, Socorro e Bueno Brandão destacam-se com o plantio, respectivo, de nove e oito dos dez produtos cultivados na Bacia.

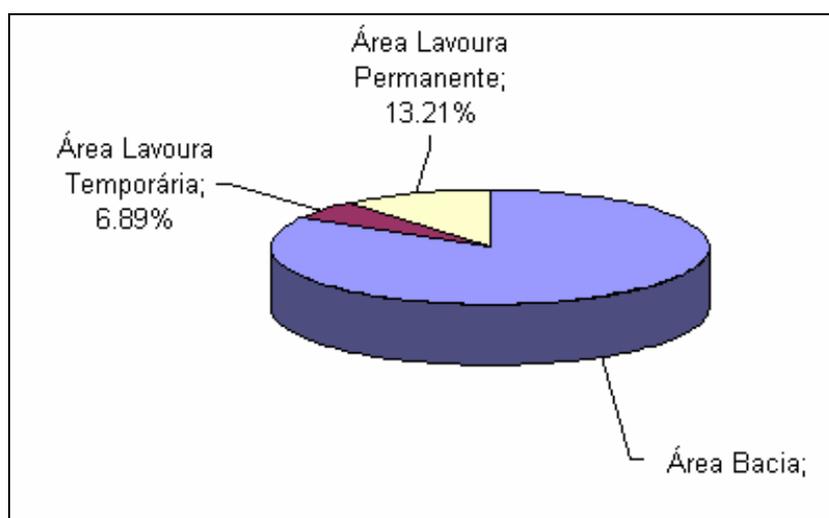


Figura 3.6 – Percentual em área ocupado pela produção agrícola na Bacia do Rio do Peixe (IBGE, 2002).

Tabela 3.4 – Distribuição em Área das Lavouras Temporária e Permanente nos Municípios da Bacia (IBGE, 2002).

Produtos Cultivados		Área Plantada nos Municípios da Bacia (Km ²)							
Lavouras		Águas Lindóia	Bueno Brandão	Itapira	Lindóia	Munhoz	Serra Negra	Socorro	Total Bacia
P E R M N E N T E	Abacate	--	--	--	--	--	0,2	1,3	1,5
	Banana	--	0,2	--	--	--	0,13	0,09	0,22
	Café	8,51	18	27,69	1,38	0,01	17,69	12,31	85,59
	Laranja	0,13	0,15	22,31	0,19	0,01	0,19	3,08	26,06
	Limão	0,02	--	--	0,04	--	0,04	0,04	0,14
	Manga	--	--	--	--	--	0,8	0,17	0,97
	Tangerina	0,1	--	--	0,04	--	0,08	0,45	0,67
	Uva	--	0,01	--	--	--	--	0,06	0,07
T E M P O R Á R I A	Algodão	--	--	2,5	--	--	--	--	2,5
	Alho	--	0,08	--	--	0,01	--	0,05	0,14
	Arroz	0,03	1,4	15	0,03	--	0,15	0,4	17,01
	Batata-Inglesa	--	2,5	--	--	11,5	0,08	9,5	23,58
	Cana-de-açúcar	--	0,24	150	0,2	0,04	7,5	0,3	158,28
	Feijão	0,15	5,6	1,3	0,18	0,6	--	8	15,83
	Fumo	--	--	--	--	--	--	0,2	0,2
	Mandioca	--	0,2	--	--	0,11	--	0,5	0,81
Milho	1,1	0,02	--	0,08	--	0,6	0,15	1,95	
Tomate	0,01	0,02	--	0,08	--	0,6	0,15	0,86	

Produção Agrícola Permanente

A produção agrícola permanente da Bacia é responsável pelo cultivo de oito produtos: Abacate, Banana, Café, Laranja, Limão, Manga e Tangerina. Desses produtos os que apresentam maior percentual da área plantada são o café e a laranja (Figura 3.7).

O café é o produto com maior destaque na bacia. Apresenta-se com suas maiores plantações nos municípios de Itapira, Serra Negra e Socorro. Juntos esses municípios são responsáveis pela produção de 9.190 toneladas de café, 73% da produção total da Bacia.

A laranja destaca-se como o produto com segunda maior área destinada ao cultivo de lavoura permanente. A maior plantação de laranja na área da bacia ocorre no município de Itapira, o qual é responsável por uma produção de 176.000 toneladas. A exceção de Itapira e de Bueno Brandão, a produção de laranja nos demais municípios da Bacia é calculada em números de frutos colhidos (Tabela 3.5).

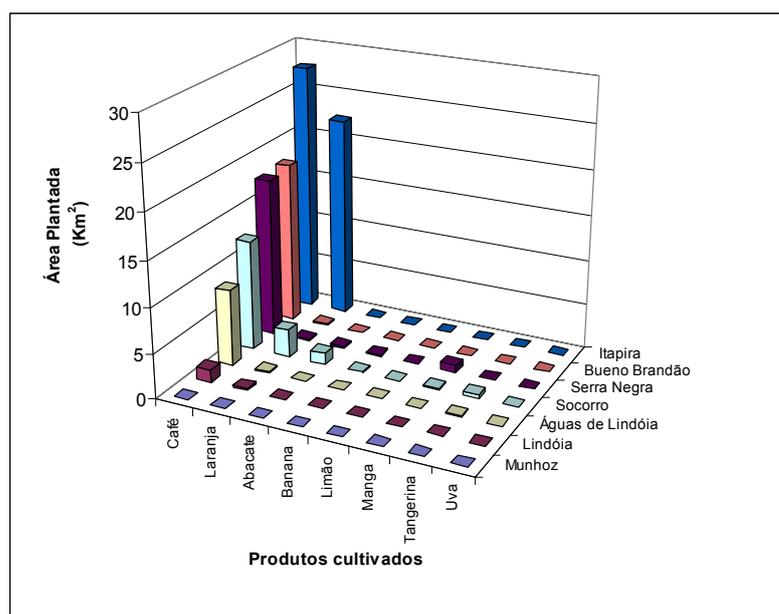


Figura 3.7 – Distribuição em área plantada dos produtos de lavoura permanente.

Tabela 3.5– Distribuição em Área e Produção de Café e Laranja nos municípios da Bacia (IBGE, 2002).

Municípios	Café		Laranja	
	Área Plantada (Km ²)	Produção (Ton)	Área Plantada (Km ²)	Produção (Frutos)
Águas Lindóia	8,51	755	0,13	1.750
Bueno Brandão	18,0	2.340	0,15	750*
Lindóia	27,69	4.890	22,31	176.000*
Itapira	1,38	180	0,19	3.125
Munhoz	0,01	1	0,01	120
Serra Negra	1,69	2300	0,19	2.500
Socorro	12,31	2.000	3,08	32.500
Total	69,59	124.66	26,06	39.995

*Produção em Toneladas

Produção Agrícola Temporária

A produção agrícola temporária da Bacia é baseada no cultivo de dez produtos, Alho, Algodão Herbáceo, Arroz (casca), Batata-Ingleza, Cana-de-açúcar (não forragem), Feijão (grão), Fumo (folha), Mandioca, Milho (grão) e Tomate. Destes os produtos com maior percentual de área plantada são a cana de açúcar, o milho, o arroz, o feijão e a batata-inglesa (Figura 3.8).

A cana-de-açúcar é o produto da lavoura temporária de maior destaque, apresentando uma área destinada ao plantio em torno de 158 Km². Itapira destaca-se como o município com a maior área destinada ao cultivo de cana-de-açúcar, e a maior produção da mesma na bacia, 1.125.000 toneladas (Tabela 3.6). O milho apresenta uma

área de cultivo de aproximadamente 65 Km². Itapira e Socorro são os municípios com as maiores áreas de cultivo de milho, 23 e 20 Km², respectivamente, e as maiores produções também, 6.600 e 4.800 toneladas.

A batata-inglesa é cultivada em apenas quatro dos sete municípios da Bacia. A área destinada ao cultivo deste produto é de 43,58 Km². Destacam-se com as maiores plantações e produções de batata-inglesa os municípios de Bueno Brandão, com 22,5 Km² de área plantada e 40.500 toneladas produzidas; e Munhoz com 11,5 Km² de área plantada e uma produção de 23.856 toneladas.

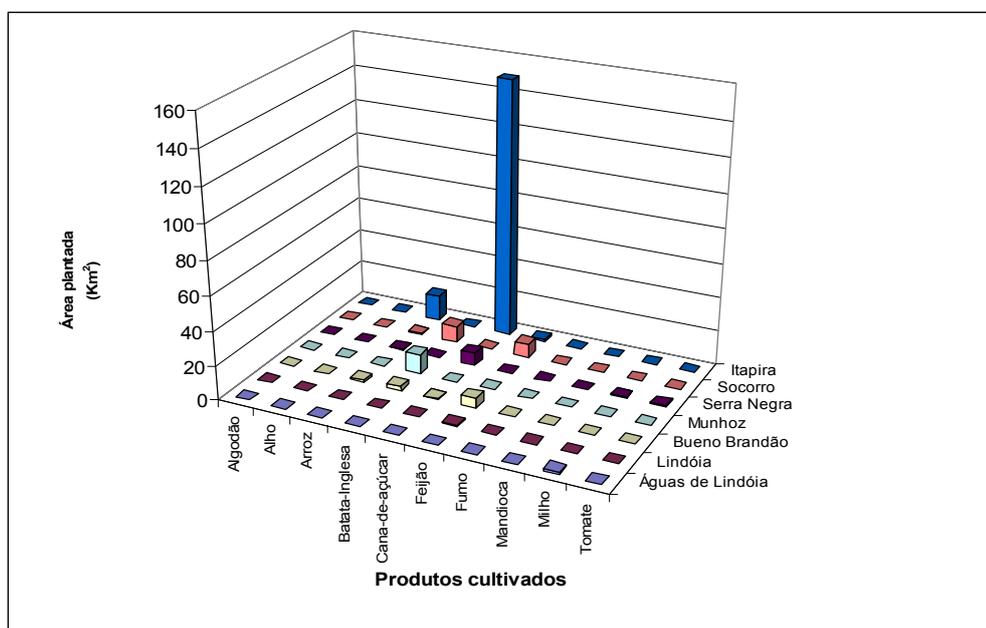


Figura 3.8 - Distribuição em área plantada dos produtos de lavoura temporária.

Tabela 3.6 – Distribuição em Área e Produção de Cana-de-Açúcar, Milho e Batata-Inglesa na Bacia (IBGE, 2002).

Municípios	Cana-de-Açúcar		Milho		Bata-Inglesa	
	Área Plantada (Km ²)	Produção (Ton)	Área Plantada (Km ²)	Produção (Ton)	Área Plantada (Km ²)	Produção (Ton)
Águas Lindóia	--	--	1,1	330	--	--
Bueno Brandão	0,24	1440	13	4550	22,5	40,500
Itapira	150	1.125.000	23	4.080	--	--
Lindóia	0,2	100	0,5	150	--	--
Munhoz	0,04	120	5,15	1030	11,5	23.856
Serra Negra	7,5	60.000	7	2520	0,08	144
Socorro	0,3	1960	20	6.600	9,5	92
Total	158,28	1.189.520	69,75	15.588	43,58	64.592

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O Zoneamento Geoambiental da bacia foi elaborado a partir da aplicação de dois instrumentos do processo de planejamento ambiental, a avaliação ambiental relativa ao meio físico e a avaliação de alterações por atividades modificadoras; e da análise conjunta dos resultados produzidos, a qual consistiu da avaliação compartimentada das informações por unidades de terreno. Este processo resultou em uma base orientativa que informa sobre potencialidades, restrições e alterações vigentes no meio, caracterizadas em diferentes unidades geoambientais.

4.1. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

A avaliação ambiental relativa ao meio físico consistiu da caracterização de potencialidades e restrições naturais da área, determinadas a partir da elaboração e análise de documentos cartográficos em formato *mapa*. Estes correspondem a documentos em formato numérico, nos quais os atributos, fenômenos ou processo retratados apresentam distribuição contínua, o que permite caracterizar situações de graduação entre esses.

Para determinação das potencialidades e restrições do meio foram realizadas duas etapas distintas, na primeira foram realizados o levantamento e produção de informações básica relativas aos compartimentos do meio físico e na segunda o tratamento e análise destas informações por meio de processamento computacional com a aplicação de fundamentos de lógica *mapa*. A primeira etapa correspondeu a elaboração da base de dados fundamentais do meio, com a caracterização de

informações importantes a determinação dos aspectos de potencialidade e restrições da área, e a segunda da criação da base de dados em formato *fluxo*, para obtenção das cartas derivadas e interpretadas em formato contínuo.

O processo de análise e tratamento computacional das informações, tanto básicas com derivadas e interpretativas, caracterizou-se pela elaboração e execução rotinas de processamento baseadas nos princípios de lógica *fluxo*.

4.1. 1. Levantamento e Produção de Informações Básicas Relativas ao Meio Físico- Base de Dados Fundamentais

Consistiu na execução de diferentes atividades com levantamento de informações preexistentes, realização de processo de fotointerpretação, criação de base cartográfica e trabalhos de campo.

O levantamento de informações previamente produzidas sobre a área permitiu a caracterização inicial dos atributos do meio físico e a elaboração de mapas preliminares. Estas correspondem principalmente a trabalhos de zoneamento e caracterização geotécnica e geológica, Alberchet,(1992), Mio (1992), Barison (1995), Saraiva (1995) e Projeto Geológico Metalogenético (1999).

A elaboração da base cartográfica e a realização das interpretações de fotografias aéreas conjuntamente com trabalhos de campo permitiram caracterização dos diferentes atributos do meio e apresentaram como produto os mapas fundamentais básico: Mapa de Substrato Rochoso, Mapa de Materiais Inconsolidados, Mapa de *Lanforms* e Mapa de Uso e Ocupação do Terreno.

Como base cartográfica para a elaboração dos mapas fundamentais foram utilizadas folhas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE – 1972), em escala 1:50.000 - Mogi-Guaçu (SF-23-Y-A-III-3), Águas de Lindóia (SF-23-Y-A-III-4), Ouro Fino (SF-23-Y-B-III-1), Amparo (SF-23-Y-A-VI-1), Socorro (SF-23-Y-A-IV-2), Munhoz (SF-23-Y-B-IV-1) e Cambuí (SF-23-Y-B-IV-2). Estas folhas foram digitalizadas e georreferenciadas utilizando-se o programa Autocad.

As fotografias aéreas utilizadas no processo de fotointerpretação, têm escala 1:60.000 e foram obtidas pela Base – Aérea Fotogrametria e Projetos S /A e pelo Ministério do Exército(5ª Divisão de Levantamento).

Nos trabalhos de campo foram realizadas observações e descrições de diferentes atributos do meio físico, com a caracterização das unidades de substrato rochoso e suas relações de contato, além da coleta de amostras de materiais inconsolidados deformada e indeformadas para análise em laboratório.

4.1.2 Processamento Computacional com Aplicação de Fundamentos de Lógica Fuzzy – Base de Dados Fuzzy e Elaboração de Cartas Interpretativas

Compreendeu a realização de diferentes etapas de processamento em ambiente computacional, as quais consistiram, principalmente, na transformação de informações básicas para o formato *fuzzy* e elaboração de documentos representativos dos aspectos de restrições e potencialidade do meio físico, Mapa de Potencial ao Escoamento, Mapa de Susceptibilidade a Erosão e Mapa de Potencial Agrícola.

Para transformação das informações básicas e análise das mesmas, foram elaboradas rotinas de processamento em linguagem de programação LEGAL, no sistema de informações geográficas SPRING. Estas permitiram caracterização da distribuição espacial de atributos e aspectos do meio, retratados como informações contínuas.

As informações relativas aos aspectos de potencialidades e restrições do meio físico foram obtidas a partir do cruzamento de informação fundamentais, após análise comparativa e ponderação de atributos segundo importância e influência no condicionamento de menor ou maior favorabilidade a um dos aspectos acima enfocados.

4.2. AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES DO MEIO FÍSICO POR ATIVIDADES MODIFICADORAS

Constitui a identificação e determinação de alterações ambientais introduzidas no meio físico pelo desenvolvimento de atividade de uso e ocupação da região. Para caracterização destas alterações foi proposta a adoção de um atributo do meio com indicador ambiental.

O atributo proposto corresponde à medida de resistência a penetração do solo. Para realização da quantificação desse atributo foi desenvolvida uma metodologia com base nas técnicas de penetrometria e de reflexão no domínio do tempo (TDR).

Para emprego do atributo proposto como meio de medida e caracterização de modificações foram investigados e caracterizados comportamentos de resistência a penetração em diferentes tipos de materiais inconsolidados existentes na área, com relação a diferentes atividades de ocupação do meio.

Nos capítulos 5, 6 e 7 são apresentadas descrições mais detalhadas das etapas e procedimentos desenvolvida nos dois processo de avaliação. A Figura 4.1 ilustra as principais etapas executadas na elaboração do zoneamento geoambiental da bacia

4.3. ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

As informações básicas e derivadas interpretativas produzidas foram analisadas de forma setorizada, por unidade de terreno, e confrontadas com os aspectos de alterações registrados, e informações legais de preservação do meio. O resultado deste processo constitui um documento cartográfico, o qual retrata diferentes aspectos relativos ao meio e serve de base orientativa para processos futuros de planejamento e zoneamento da área.

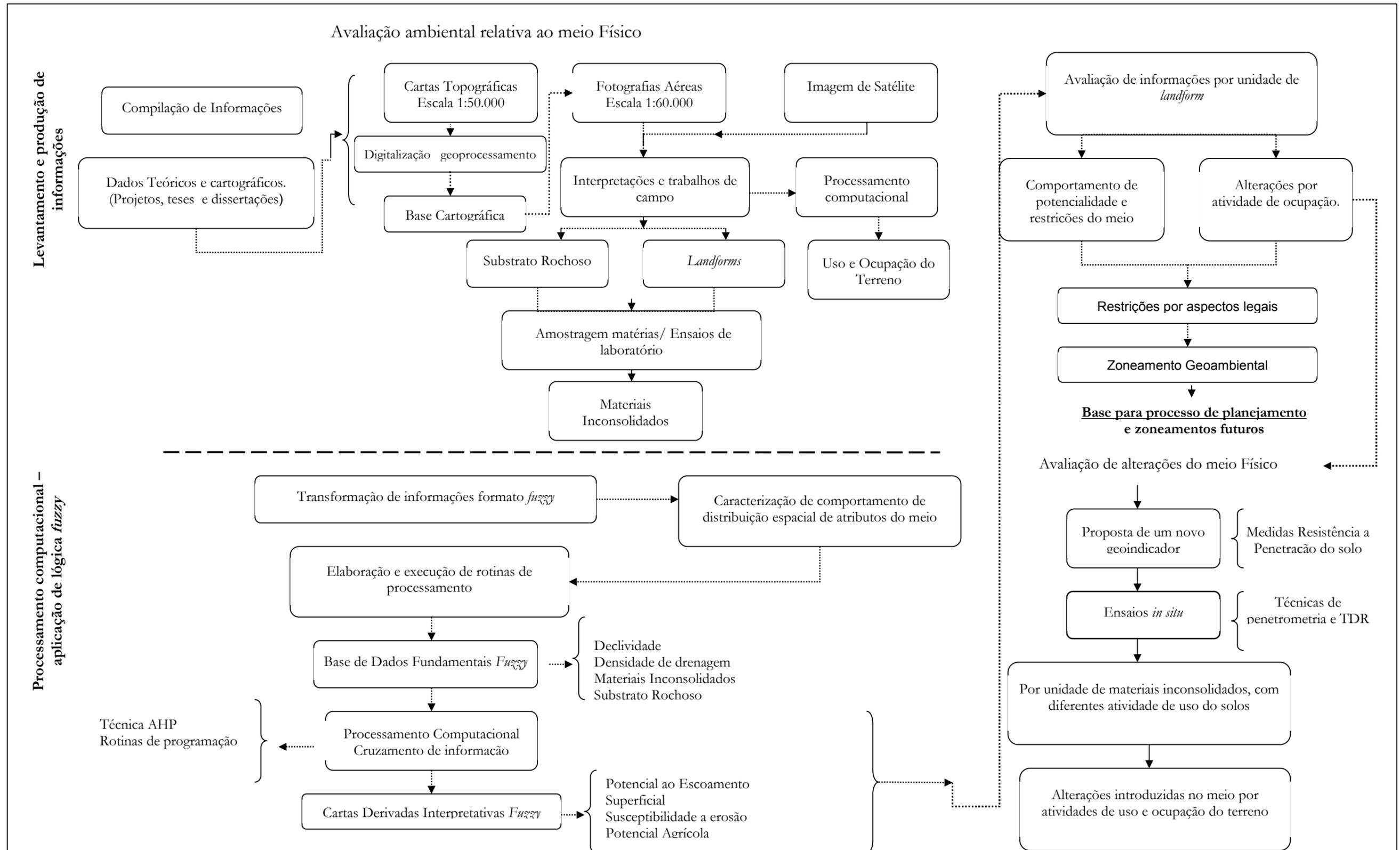


Figura 4.1 – Fluxograma das etapas desenvolvidas para obtenção do zoneamento geoambiental da bacia

5. BASE DE DADOS - MAPAS BÁSICOS FUNDAMENTAIS E CARTA DERIVADA

5.1. MAPA DE DOCUMENTAÇÃO (ANEXO I)

Este documento consiste da representação cartográfica de todos os pontos descritos e realizados em campo. Consta neste documento a localização dos pontos de observação e descrição de compartimentos do meio físico, coleta de materiais para execução de ensaios em laboratório e pontos de realização de ensaios *in situ*. Além da localização dos municípios da bacia, assim como vias de acesso, rede de drenagem e informações referentes à topografia da área. Este documento constitui a carta base primária utilizada na caracterização da área em estudo.

5.2. MAPA DE SUBSTRATO ROCHOSO (ANEXO II)

A Bacia do Rio do Peixe caracteriza-se por apresentar um quadro litológico complexo gerado por forte estruturação tectônica, que resultou na superposição de efeitos de diferentes fases de metamorfismo, e deformação das litologias presentes na área (Mio, 1992; Barison, 1995; Saraiva, 1995). Isto gera grande dificuldade no ordenamento cronológico-estratigráfico da geologia da área.

Em consideração ao acima exposto, aqui foi adotada uma organização litológica que não obedece a uma cronologia stratigráfica, e sim a um agrupamento das rochas mediante seu provável comportamento geotécnico. Para tal foram levados em consideração aspectos como gênese, constituição mineralógica, textura, estrutura e arranjo espacial.

De uma maneira geral, as litologias presentes na área da bacia podem ser enquadradas em dois grupos: 1) Rochas Ígneas, as quais não foram muito afetadas pela ação da deformação e 2) Rochas Metamórficas, as quais foram afetadas pela deformação.

As rochas encontradas na área constituem, principalmente, gnaisses, migmatitos, granitóides, quartzitos e rochas cataclásticas. São encontrados também xistos, pegmatitos e anfibolitos.

Na bacia, a ação das deformações nas litologias é denotada principalmente por meio da ocorrência de estruturas como a foliação, definida pela orientação planar de minerais. Esta é bem caracterizada nos gnaisses, quartzitos e migmatitos, sendo nestes últimos paralela ao bandamento das rochas.

Além das foliações, merecem destaque outras duas estruturas, os falhamentos (Zonas de Falhas de Monte Sião e Ibitinga que caracterizam zonas de metamorfismo dinâmico ou cataclástico) e as dobras, descritas por Grossi Sad *et al.* (1992) e Saraiva (1995).

A descrição das unidades e dos procedimentos empregados na obtenção do Mapa de Substrato Rochoso é apresentada a seguir.

5.2.1 Procedimentos Empregados

O Mapa do Substrato Rochoso da Bacia do Rio do Peixe foi obtido mediante realização de duas fases gerais de trabalho: 1) Levantamento de dados pré-existentes, que objetivou fornecer um conhecimento prévio do substrato da região e 2) Trabalhos de campo, que tiveram por objetivo a elaboração do mapa final com as unidades litológicas da área. A Figura 5.1 apresenta um fluxograma com as etapas desenvolvidas.

As informações prévias levantadas sobre a geologia da área correspondem, principalmente, aos trabalhos realizados por Mio (1992), Albrecht (1992), Barison (1995), Saraiva (1995) e Projeto Geológico Metalogenético (1999),

5.2.2. Unidades do Substrato Rochoso

As unidades do substrato rochoso enquadram-se em dois grupos: 1) Rochas Ígneas e 2) Rochas Metamórficas (Quadro 5.1).

5.2.2.1 Rochas Ígneas

As rochas ígneas presentes na bacia caracterizam uma associação litológica subdividida em três unidades: 1) granitos porfiróides, 2) granitos cataclasados e 3) granitos-gnaisse. As duas primeiras foram assim denominadas por Mio (1992).

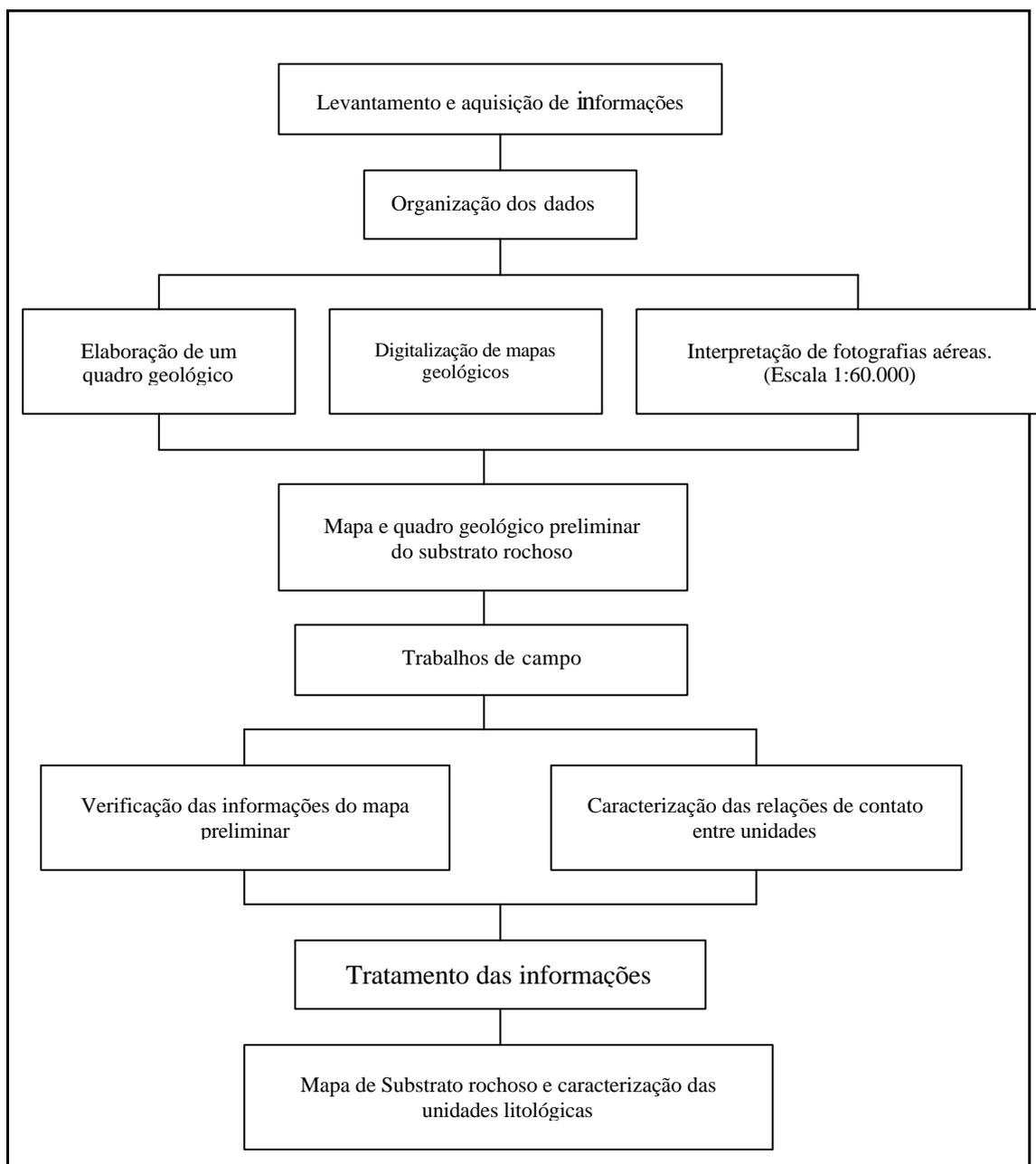


Figura 5.1 – Fluxograma das etapas desenvolvidas na obtenção do Mapa de Substrato Rochoso.

Quadro 5.1 – Unidades Litológicas que compõem o Substrato Rochoso da Bacia do Rio do Peixe.

Rochas		Descrição
Ígneas	Granitos Cataclasados (Grc)	Rocha de constituição quartzo-feldspática, granulação média a grossa, de cor rosa a cinza. Exibe graus variáveis de catáclase, denotados pela orientação de cristais de feldspatos muito fraturados.
	Granitos Porfiróides (Grp)	Rocha com pórfiros de k-feldspato envoltos em uma matriz granodiorítica, fina a média, cor cinza claro a escuro. Exibe concentrações variáveis de quartzo, e orientação dos cristais de feldspato.
	Granitos Gnaisses (Gr-Gn)	Rocha de composição granodiorítica, com foliações e bandamentos discretos irregulares, denotado pela alternância de lentes escuras caracterizada pela concentração de biotita e hornblenda, e claras caracterizada pela concentração quartzo e feldspato. Ocorrência de intercalações com anfibolitos e biotita gnaisses, e eventualmente com xistos.
Metamórficas	Gnaisses Intercalados com Quartzitos (Gnq)	Associação litológica constituída de Hornblenda e Biotita Gnaisses intercalados com quartzitos, presentes como níveis ou lentes.
	Gnaisses Intercalados com Rochas Básicas (Gnb)	Associação litológica constituída de Biotita e Hornblenda Gnaisses, presentes na forma de lentes e camadas de espessuras variáveis, intercaladas a anfibolitos e, eventualmente, gonditos.
	Quartzitos Impuros (Qtz)	Quartzitos impuros intercalados com Xistos Gnaisses (Sericita e Biotita). Constituídos de quartzo, feldspatos, mica e anfibolito em proporções variadas.
	Migmatitos (Mig)	Rocha de bandamento bem marcado, leucossomas constituídos de feldspato e quartzo. Espessura média 2-3 cm. Paleossomas ricos em biotita. Espessura média de 1 cm. Apresenta ocorrência de lentes de xisto, quartzito e anfibolito.
	Rochas Ultramilonitos (Utm)	Ultramilonitos e blastomilonitos de gnaisses acinzentado e migmatitos caracterizados por forte cominuição de grãos. Exibe intercalações com xistos e quartzitos.
	Cataclasadas Blastomilonitos (Btm)	Blastomilonitos e ultramilonitos (em menor proporção que os primeiros), derivados de granitos e migmatitos. Comumente são observados intercalações com milonito gnaisses rosa a cinzento claro, de estruturas lenticulares dominantes.

Granitos Cataclasados (Grc)

São rochas de composição granítica porfiróide, de constituição quartzo feldspática, de granulação média a grossa, com cores rosadas a cinzentas. Caracterizam-se por apresentar graus variáveis de cataclase e foliação marcante, denotada pela orientação dos cristais de feldspatos muito fraturados (Figura 5.2).

Estas rochas ocorrem em uma porção localizada da bacia, extremo noroeste, junto à foz do Rio do Peixe, na confluência com o Rio Mogi-Guaçu. De acordo com Mio (1992), o aspecto cataclasado destas rochas é conferido pela ação da Zona de Cisalhamento de Jacutinga localizada mais a norte da área. Tal litologia condiciona um relevo pouco ondulado, de baixas altitudes e canais de drenagem pouco extensos.



Figura 5.2 – Detalhe de afloramento de granitos cataclasados. Notar orientação apresentada pelos cristais de k--feldspato.

Granitos Porfiróides (Grp)

Esta unidade é composta por granitos com cristais centimétricos de k-feldspato róseo (pórfiros), normalmente idiomórficos, envoltos por uma matriz granodiorítica fina a média, de cores cinza claro a escuro. A concentração mineralógica de quartzo nestas rochas é muito variável, ora muito expressiva; ora pouco. A dimensão dos cristais de k-feldspato varia de 1 a 5cm. Junto a Zona de Falha de Ibitinga estes apresentam orientação bem pronunciada (Figura 5.3), e são comuns as intercalação com cataclasitos

e a ocorrência de porções gnaissificadas. De forma secundária são encontradas intercalações com corpos de anfibolitos.

Os granitos porfiróides comumente afloram na forma de matacões com diâmetros médios de 1 a 3m, ocorrendo dispersos em toda unidade(Figura 5.4 A e B). Esta unidade caracteriza um relevo de serras, de altitude elevada e rede de drenagem com forte condicionamento estrutural.

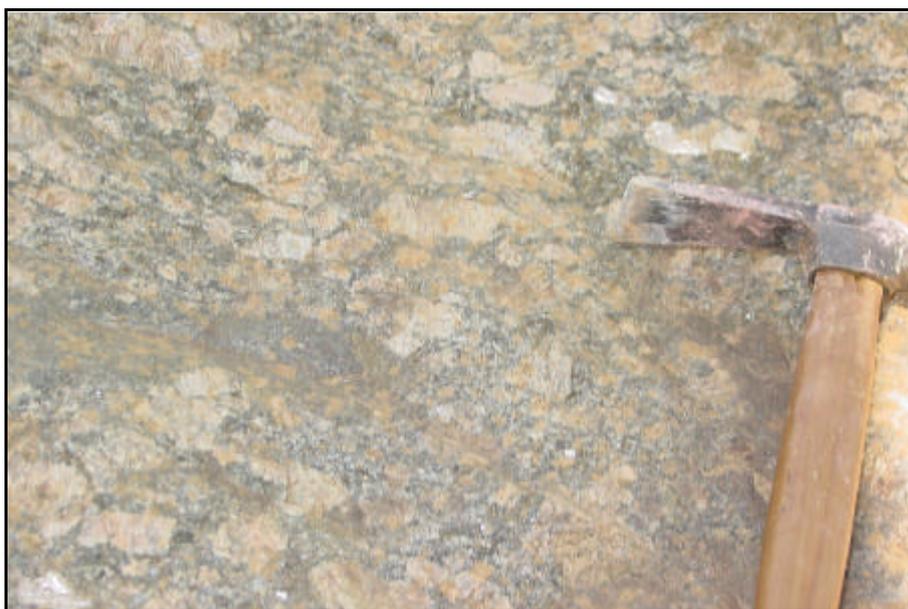


Figura 5.3 – Detalhe dos pórfiros de k-feldspato dos granitos porfiróides. Notar orientação dos cristais de k-feldspato.

Granítios Gnaisses (Gr-Gn)

Unidade constituída por rochas do tipo gnaise granito cinzentos de composição granodiorítica composta de quartzo, plagioclásio, k-feldspato, biotita e anfibólio. Apresenta foliações e bandamento discreto, denotado pela alternância de lentes escuras caracterizada pela concentração de biotita e hornblenda, e claras caracterizada pela concentração de quartzo e feldspato (Figura 5.5). Intercalam-se com anfibolito e biotita gnaise. Eventualmente são encontrados intercalações com corpos de xistos.

As foliações a bandamentos desta rocha apresentam distribuição irregular, ora são bem caracterizadas e ora não. Tem ocorrência restrita, porção da cabeceira da bacia. Ocorrem como ilhas alongadas que afloram envoltas por migmatitos e granitos porfiríticos condicionam relevo de serras com topos extensos e encostas convexas.



A)



B)

Figura 5.4 a e b – Afloramentos típico de granitos porfiróides.



Figura 5.5 –Bandamento típico exibido pelos Granitos-Gnaisses.

5.2.2.2 Rochas Metamórficas

As rochas metamórficas presentes na área caracterizam uma associação litológica subdividida em quatro unidades: 1) Gnaisses; 2) Quartzitos Impuros; 3) Migmatitos, e 4) Rochas Cataclasadas

Gnaisses

Estas rochas constituem uma associação litológica subdividida em duas unidades as quais foram, primeiramente, caracterizadas por Mio (1992) e Barison (1995) como Gnaisses Quartzíticos e Gnaisses Alcalinos. Aqui receberam denominação de Gnaisses com intercalações de quartzitos e Gnaisses com intercalações de rochas básicas.

Gnaisses com intercalações de Quartzito (Gnq)

Associação litológica caracterizada por grande heterogeneidade, constituída basicamente por gnaisses do tipo hornblenda e/ou biotita gnaisses, com intercalações freqüentes de quartzito, e secundárias de biotita xistos, anfibolitos e granitos gnaisses. Comumente afloram como rocha alterada, na qual as intercalações com os quartzitos e biotitas xisto são denotadas por alternância de níveis ou lentes (Figura 5.6 A e B).

Por vezes, os quartzitos desta unidade afloram na forma lentes com dimensões centimétricas a métricas. A transição dos quartzitos para os gnaisses normalmente é caracterizada pelo incremento na quantidade de biotita e feldspato.

Tem ocorrência limitada à porção da baixa bacia, no extremo oeste como corpos de grande extensão areal. Nas porções sudoeste e centro norte da porção da baixa bacia, estão presentes como corpos alongados, por vezes sinuosos.

Estas litologias condicionam relevo de morros suaves e declividades médias.



Figura 5.6 –A)Afloramento de Gnaiss intercaldos com quartzitos e xistos, (B) detalhe da lente de xisto

Gnaisses com intercalações de Rochas Básicas (Gnb)

Associação litológica caracterizada pela presença de biotita e hornblenda gnaisses, com freqüentes intercalações de anfibolitos e eventualmente gonditos (Mio, 1992).

Os biotita gnaisses predominam na associação com os hornblenda gnaisses, que ocorrem sob forma de camadas ou lentes de espessura variada. De maneira geral, apresentam estrutura granoblástica e porções gnáissicas, com alternância de tons claros (cinza esbranquiçados) e escuros (cinza esverdeados) e xistosidade marcante.

Segundo Barison (1995), estas rochas são constituídas pelos minerais quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita e hornblenda.

Junto as zonas de falha de Monte Sião e Ibitinga, esta associação exhibe evidências de cataclase denotada pela cominuição de grãos e heterogeneidade litológica em afloramentos (Figura 5.7).

Os anfibolitos ocorrem intercalados, na forma de níveis centimétricos a métricos, concordantes com a foliação geral, apresentando-se, via de regra, muito alterados. Exibem uma coloração amarela a ocre, e são muito friáveis, assemelhando-se a um solo.

Na porção mediana da bacia e nas proximidades do município de Serra Negra, esta associação caracteriza-se por apresentar veios pegmatíticos (Figura 5.8).

Estas rochas apresentam a maior ocorrência em área na bacia e condicionam relevo desde morros de encostas suaves a serras de vertentes íngremes.



Figura 5.7 – Afloramentos de gnaisses intercalados com rochas básicas, com aspecto cataclasado, apresentando heterogeneidade litológica.



Figura 5.8 – Afloramentos de veios pegmatíticos comum nos gnaisses intercalados com rochas básicas nas proximidades do município de Serra Negra.

Quartzitos Impuros (Qtz)

Caracterizados anteriormente por Mío (1992) e Saraiva (1995), são constituídos por quartzitos mais ou menos puros (Figuras 5.9 e 5.10). Comumente ocorrem intercalados xistos gnaisse (sericita e biotita), e subordinadamente anfibolitos.

Mío (1992) descreve como principais constituintes destas rochas os minerais de quartzo, feldspatos e micas, anfibólios e granadas em proporções variadas.

A transição entre as litologias desta unidade e os gnaisses intercalados com quartzito é normalmente gradacional, caracterizada pelo aumento ou diminuição da porcentagem de quartzo. Junto a zona de falha de Monte Sião esta litologia apresenta contatos abruptos com as rochas cataclásticas adjacentes.



Figura 5.9 – Afloramentos de quartzitos com intercalações de lentes de xisto gnaisse.



Figura 5.10 – Afloramento de quartzito sem ocorrência de níveis intercalados.

Afloram na forma de corpos arqueados na porção centro-norte da baixa bacia, ora sinuosos, ora alongados na média bacia. Caracterizam relevos mais acidentados e cotas altimétricas mais elevadas. Sustentam relevos montanhosos com cristas bem marcadas.

Migmatitos (MG)

Estas litologias caracterizam-se por complexidade composicional e estrutural (Mio, 1992; Saraiva, 1995). Exibem bandamento bem marcado, apresentando bandas claras (leucossomas) constituídas de feldspato e quartzo, com 2-3cm de espessura e banda escura (paleossoma) rica em biotita e espessura média de 1cm. Junto a zona de falha de Monte Sião é comum a ocorrência destas bandas com aspecto dobrado e sinuosos (Figura 5.11 A e B)

Possuem granulometria variada (equi-inequegranular) e preservam resquícios das rochas ígneas originais (granitos rosa a acinzentados). A composição mineral destas rochas tende a ser granítica, com predominância de quartzo, biotita e hornblenda (Saraiva, 1995).

São comuns ocorrências de xistos, quartzitos e anfibolitos, inclusos sob forma de lentes. Em alguns locais ocorrem intercalações com biotita gnaiss

Estas rochas ocorrem na transição entre baixa e média bacia e na porção centro-norte da alta bacia. Condicionam relevos de serras e morros.



Figura 5.11 A e B) Afloramentos de Migmatitos com leucossomas e paleossomas exibindo aspecto dobrado.

Rochas Cataclasadas

Anteriormente denominada por Saraiva (1995) como unidades de Cataclasito-Migmatito, estas rochas podem ser divididas em função da textura e do grau de cominuição dos grãos em duas unidades:, em Ultramilonitos e Blastomilonitos.

Sariava (*op cit*) correlaciona geneticamente estas rochas as zonas de falhas de Monte São e Ibitinga. De acordo com Albercht (1992), estas litologias têm por principal características apresentar uma forte redução granulométrica dos minerais originais, devido a ação dos esforços tectônicos.

Estas litologias condicionam relevos de serras com cristas estreitas e declividade elevada.

Ultramilonitos (Utm)

Têm ocorrência predominante junto à zona de falha de Ibitinga, onde ocorrem com grande extensão areal. De forma secundária ocorrem junto a Falha de Monte São.

Dotadas de grande heterogeneidade litológica e grau metamórfico muito elevado, estas rochas são constituídas, principalmente, de ultramilonitos e blastomilonitos de gnaiss acinzentado e migmatitos, e secundariamente de xistos e quartzitos.

As rochas desta unidade tendem a exibir deformações mais elevadas nas porções centrais das zonas de falhas, caracterizada por uma diminuição dos grãos (Figura 5.12).

Saraiva (1995), destaca que devido a ação tectônica a transição entre as várias litologias é gradacional junto a zona de falha de Ibitinga, e brusca junto a zona de falha de Monte São e Ibitinga, caracterizada pela existência de falhas (Figura 5.13). Estas variações de contato refletem as diferentes intensidades da cataclase e do processo de metamorfismo. O contraste devido às diferenças de deformação e fraturamento impõe heterogeneidades marcantes no comportamento geotécnico desta unidade.

Blastomilonitos (Btm)

Esta associação apresenta, assim como a unidade de Ultramilonitos, heterogeneidade litológica, porém com grau metamórfico menos acentuado.

As litologias que caracterizam esta associação são blastomilonitos e ultramilonitos (em menor proporção que os primeiros), derivados de granitos e migmatitos. Comumente são observados intercalações com milonito gnaiss rosa a cinzento claro, de estruturas lenticulares dominantes.

As porções de maior deformação restringem-se as adjacências da zona de falha de Ibitinga e, à medida que se distânciam para leste as rochas passam a exibir uma

diminuição do grau de cominuição dos grãos, passando a predominar texturas de rochas do tipo gnaiss e granitos com orientação de cristais.



Figura 5.12 – Afloramentos de Ultramilonitos de gnaiss cataclasados.



Figura 5.13 Plano de falha comum nos Ultramilonitos presentes junto as zonas de falhas.

A análise do substrato rochoso da Bacia, somada a informações obtidas de fotografias aéreas, trabalhos de campo e dados preexistentes permite tecer algumas considerações sobre o comportamento das litologias presentes na área.

As litologias da Bacia caracterizam-se por apresentarem forte condicionamento estrutural. Fator responsável pela organização espacial das rochas e das relações de contato das mesmas

De maneira geral, as estruturas tectônicas (falhas e dobramentos) existentes na área controlam a distribuição das diversas litologias na região, especialmente na porção central da bacia, onde se localizam as zonas de falha de Monte Sião e Ibitinga.

O controle estrutural exercido nas rochas da bacia também condiciona a heterogeneidade no comportamento dos maciços rochosos, sendo responsável pelas relações de contato entre as diferentes litologias. A ação da deformação nas unidades do substrato rochoso acarretou a existência de zonas de transição gradacionais e zonas de transição abruptas entre litologias.

As transições gradacionais são caracterizadas entre litotipos que não sofreram ação direta de metamorfismo cataclástico. As transições abruptas caracterizam-se por contatos condicionados por falhamentos, como observado em campo junto as zonas de falha de Monte Sião e Ibitinga.

5.3. MAPA DE LANDFORMS (ANEXO III)

A compartimentação da superfície do terreno em áreas com características dotadas de representatividade e significado é um processo de grande importância que auxilia o zoneamento ambiental. Diversos são os conceitos e técnicas existentes para compartimentação da paisagem. Para realização deste processo o primeiro passo a ser tomado consiste da escolha e determinação de uma técnica que melhor se adeque aos objetivos pretendidos.

Nesta pesquisa optou-se por adotar os conceitos básicos da técnica de compartimentação do terreno sistematizada por Lollo (1995). Técnica de compartimentação em *Landforms*, a qual consiste em compartimentar uma área com base na linha de avaliação do terreno, considerando as condições naturais do mesmo. Essa linha de avaliação permite dividir a área em unidades cada vez menores, função da escala e da finalidade pretendida, a partir do uso preferencial de sensores remotos e trabalhos de campo, tendo-se como base sua uniformidade em termos de forma de terreno. Permite avaliar a relação forma do terreno X geologia (litologia e estruturas) Assim como com os materiais inconsolidados desenvolvidos sobre o substrato rochoso. Tais unidades dotadas de uniformidade e significado recebem a denominação de *landforms*

Landform pode ser definido como “porção do terreno originado de processos naturais, distinguível das porções vizinhas (demais *landforms*) em pelo menos um dos

seguintes elementos de identificação: forma e posição topográfica; frequência e organização dos canais; inclinação das vertentes e amplitude de relevo” (Lollo, 1995).

5.3.1 Procedimentos Empregados

O Mapa de *Landforms* da bacia foi obtido mediante realização de duas fases gerais de trabalho: 1) Levantamento de dados por fotointerpretação, que objetivou fornecer um conhecimento prévio da morfologia do terreno e 2) Trabalhos de campo, que tiveram por objetivo a verificação das relações entre morfologia/litologia e morfologia/materiais inconsolidados, que resultou na elaboração do mapa de *lanforms* da área. A Figura 5.14 apresenta um fluxograma com as etapas desenvolvidas.

Para auxiliar na compartimentação do relevo foram utilizadas informações extraídas das cartas topográficas e dados obtidos de hipsometria da bacia (Figura 5.15), as quais auxiliaram na análise do comportamento das amplitudes das formas de terreno.

A compartimentação da área foi realizada em dois níveis hierárquicos, segundo a proposição de Lollo (1995), a saber:

- Sistema de Terreno (*Land System*) - são associações de formas de relevo com expressão espacial determinada, e que apresentam condições similares de processos evolutivos e de materiais associados, representando um conjunto de processos ou um intervalo de tempo no qual estes estiveram ativos, esperando-se que apresentem uniformidade em nível de substrato rochoso (Lollo, 1995).
- Unidade de Terreno (*Land Unit*) - são formas individuais do terreno que se distinguem das outras as quais está associada, por indicar um determinado subconjunto de processos do sistema de terreno no qual se situa. As características de cada unidade devem se refletir em nível de diferença em termos do material inconsolidado associado a ela (Lollo, 1995).

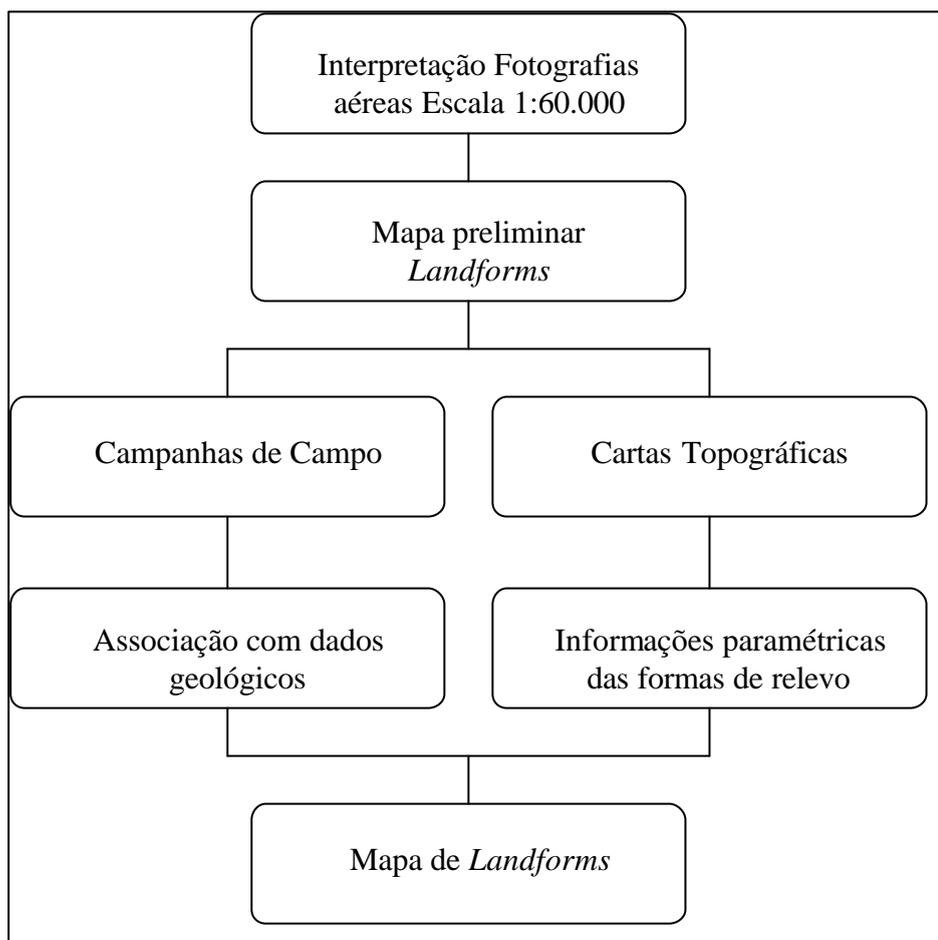


Figura 5.14 – Etapas desenvolvidas na obtenção do Mapa de *Landforms* da bacia.

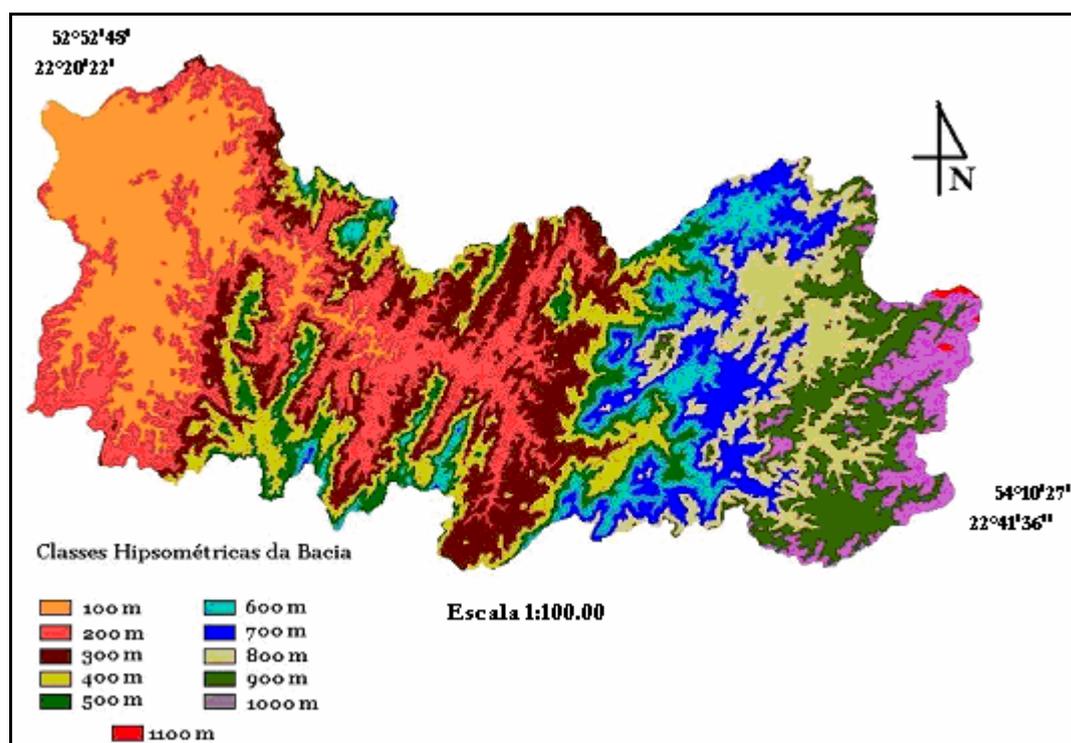


Figura 5.15 – Dados de Hipsometria da bacia.

5.3.2 Sistemas e Unidades de *Landforms*

A área da bacia foi compartimentada em cinco sistemas de terreno, A, B, C, D e E; os quais foram segmentados em unidades menores (Anexo III, Quadro 5.2).

Para caracterização e sistematização dos *landforms* foram utilizados atributos sugeridos por IPT (1981) e Saraiva (1995). Estes fazem referência à amplitude local, forma de topo, perfil de encosta, forma de vale, entre outras (Tabelas 5.1 e 5.2).

Tabela 5.1 – Atributos para classificação dos tipos de terreno (IPT, 1981).

Tipo de Relevo	Declividade Predominante	Amplitude Local
Rampa	<5%	<100m
Colina	0-20%	
Morrote	>20%	
Morro com Encostas Suavizadas	0-20%	100-300m
Morros	>20%	>300m
Serras		

Tabela 5.2 – Atributos utilizados na caracterização das formas de relevo da bacia (adaptado de Saraiva, 1995).

ATRIBUTO	CATEGORIA	INTERVALO	CONCEITO
Amplitude local	Pequena média grande	0-100m 100-300m >300m	Altura máxima, acima do assoalho de grandes vales adjacentes.
Expressão em área*	Pequena Média Ampla	<1Km ² 1-4Km ² >4Km ²	Área de Interflúvio
Topo*	Extensos Restritos	>2Km <2Km	--
Forma do Topo	Aplainado Arredondado Anguloso	--	--
Perfil de Vertente	Convexo Retilíneo Côncavo	--	--
Vales	Abertos Fechados	--	--
Planícies Aluvionares*	Desenvolvidas Restritas	Extensão em área >1KM Extensão em área <1KM	--
Ravinamento nas Vertentes	Presente Ausente	--	--

* Atributo definido com auxílio do mapa topográfico.

5.3.2.1 Sistemas de Terreno A

Localizado na região mais a oeste da baixa bacia, este sistema corresponde 17,5% da área total da bacia. É caracterizado por três formas principais de terreno: 1) Vale com ocorrência de planícies aluviais; 2) Relevo de Colinas e 3) Relevo de Morros, segmentados em oito unidades. Apresenta predominância das classes de declividade muito baixa (0-2%), baixas (2-10%) e medianamente moderadas (10-20%), e tem por substrato associado Gnaisses intercalados a rochas básicas e Gnaisses intercalados a quartzitos.

Unidade A1

Caracteriza-se por um vale aberto com planícies aluvionares desenvolvidas. Tem expressões em áreas que variam de pequena (parte sul) a ampla (próximo a Itapira). Predominam declividades muito baixas (0-2%).

Unidade A2

Presente na porção centro nordeste do sistema, esta configura um relevo de morros de topos angulosos e extensos que definem pequenas cristas com orientações variadas, de forma a configurar um arco (Figura 5.16). Exibem vertentes retilíneas a convexas com predomínio de classes de declividade entre 10 e 20%, associadas a vales fechados (Figura 5.17). Em campo foi constatada presença de ravinas nas encostas.

As amplitudes locais variam de 160 a 140 metros. Estas formas de relevo apresentam substrato constituído de Quartzitos impuros.

Quadro 5.2 – Sistemas e Unidades de *Landofoms* da Bacia do Rio do Peixe

Sistemas	Unidades	Descrição
Sistema A	A1	Vale aberto com desenvolvimento de planícies aluvionares.
	A2	Morros com amplitudes locais entre 160 e 140 metros. Topos angulosos e extensos, vertentes retilíneas a convexas. Declividade entre 10 e 20%. Substrato constituído de Quartzitos impuros
	A3	Colinas com amplitude local entre 60 e 80 metros. Topos arredondados e restritos, vertentes de perfis convexo-retilíneos, vales abertos e fechados com presença de planícies aluvionares interiores restritas. Declividade predominante entre 10 e 20%. Substrato de gnaisses intercalados com quartzitos.
	A4	Morros com amplitudes locais de 100 metros. Topos aplainados a ondulados orientados no sentido NE/SW, encostas suavizadas retilíneo-convexas e vales abertos. Declividades entre 2 e 20%. Substrato de Gnaisses intercalados com quartzitos
	A5	Morros com amplitude local entre 100 e 160 metros. Topos arredondados restritos, encostas convexas suaves. Substrato de Gnaisses intercalados com rochas básicas.
	A6	Morros com amplitudes locais entre 120 e 160 metros. Topos angulosos restritos, dispostos de forma alongada e orientados no sentido NE/SW. Encostas com perfis retilíneo-convexos. Declividades entre 10 e 20%. Substrato de gnaisses intercalados com quartzitos.
	A7	Morros com amplitudes ente 100 e 140 m. Topos arredondados a levemente angulosos restritos, orientados na direção NE/SW. Encostas convexas suaves. Declividades entre 10 e 20%. Substrato de gnaisses intercalados com rochas básicas.
	A8	Colinas de topos arredondados suaves, perfis de encostas retilíneo-convexas. Declividade < 2%. Substrato de Granitos cataclasados.
Sistema B	B1	Morros com amplitude local de 180 metros. Topos angulosos restritos, encosta retilíneo-convexos com inclinação moderada. Declividades entre 10 e 45%. Substrato de Gnaisses intercalados com rochas básicas.
	B2	Morros de topos arredondados e restritos, com encostas suavizadas de perfil retilíneo-convexas. Declividades entre 10 e 20%. Substrato de Gnaisses intercalados com quartzitos.
	B3	Serras com amplitudes locais de 300m. Topos angulosos extensos, encostas retilíneo-convexas. Declividade entre 10 e 30%. Substrato de Gnaisses intercalados com rochas básicas.
	B4	Morros com amplitude local de 200 metros. Topos arredondados a angulosos restritos, orientados NW/SE, encostas convexo-retilíneas de inclinação moderada.
	B5	Serras com amplitudes locais de 420 metros. Topos arredondados extensos, alongados na direção NE/SW. Encostas voltadas para oeste convexas e extensas; e encostas voltadas para leste com vertentes retilíneo-convexas. Declividade entre 20 e 45% Substrato de Gnaisses intercalados com rochas básicas.
	B6	Morros com amplitude local de 280 metros. Topos arredondados agudos, orientados na direção NW/SE. Encostas retilíneas, com inclinação moderada. Declividade entre 20 e 30%. Substrato de Migmatitos
	B7	Morros com amplitude local de 140 metros. Topos angulosos estreitos, encostas convexo-retilíneas e vales abertos. Declividade entre 20 e 30%. Substrato de Migmatitos e Gnaisses intercalados com rochas básicas.
	B8	Morros com amplitudes locais de 240 metros. Topos angulosos restritos, encostas retilíneo-convexas. Declividade entre 20 e 30%. Substrato de Quartzitos impuros.
Sistema C	C1	Serras com amplitude local de 360 metros. Topos angulosos estreitos e não contínuos. Vertentes convexo-retilíneas. Declividade entre 30 e 45%. Substrato de Migmatitos.
	C2	Conjunto de vales abertos com desenvolvimento de planícies aluvionares localizadas e morros, amplitude locais ente 100 e 140 metros. Topos angulosos estreitos, encostas convexas. Declividade entre 10 e 20% e entre 20 e 30%. Substrato de Gnaisses intercalados com rochas básicas.
	C3	Serras com amplitude local de 480 metros. Topos arredondados a angulosos extensos dispostos no sentido NE/SW. Econstas desiguais; retilíneo-convexas voltadas para oeste; e retilíneas voltado para leste. Declividade entre 30 e 45%. Substrato de Migmatitos.
	C4	Morros com amplitudes locais entre 160 e 240 metros. Topos angulosos, encostas retilíneo-convexas associadas a vales abertos. Declividade entre 10 e 45%.Substrato de Gnaisses intercalados com rochas básicas, Quartzitos impuros e Ultramilonitos.
	C5	Serra com amplitude local de 460 metros. Topos arredondados estreitos, encostas de perfis desiguais, convexo-retilíneas voltadas para oeste e retilíneas voltadas para leste Declividades entre 30 e 45%. Substrato de Migmatitos.
	C6	Serras com amplitudes locais de 300m. Topos angulosos estreitos, orientados no sentido NE/SW . Encostas convexo-retilíneas. Declividades entre 30 e 45% e, entre 20 e 30%. Ssubstrato de Gnaisses intercalados a rochas básicas e Quartzitos impuros.
	C7	Serras com amplitude local de 300 metros. Topos angulosos estreitos, orientados no sentido NE/SW. Vertentes retilíneo-convexas. Declividades entre 30 e 45%. Substrato de Quartzitos impuros.
Sistema D	D1	Serras alongadas no sentido NE/SW, amplitudes locais entre 320 e 400 metros. Topos angulosos estreitos, vertentes retilíneo-convexas. Declividade entre 30 e 45%. Substrato de Gnaisses intercalados a rochas básicas.
	D2	Colinas com amplitudes locais de 80 metros. Topos arredondados, encostas convexas de inclinação suave. Declividade entre 10 e 20%. Substrato de Gnaisses intercalados a rochas básicas.
	D3	Morros com amplitude local de 180metros, associados a vales abertos. Topos arredondados e encostas convexas. Declividade entre 10 e 20% junto às encostas e < 2% nas áreas do vales. Substrato de Ultramilonitos.
	D4	Colinas com amplitude local de 80 metros. Topos arredondados e encostas convexas. Declividade entre 10 e 20%. Substrato de Blastomilonitos.
	D5	Morros com amplitudes locais de 100 metros. Topos restritos angulosos, perfis de encosta convexas.Declividade entre 10 e 20%, e entre 20 e 30%. Substrato de Blastomilonitos.
	D6	Morros com amplitudes locais de 200 e 220 metros. Topos arredondados a angulosos estreitos, orientação NE/SW. Encostas retilíneo-convexas. Declividade entre 10 e 20%, e 20 e 30%. Substrato de Granitos porfiríticos.
	D7	Serras com amplitudes locais de 300 metros associadas a vales abertos Perfil de encosta retilíneo. Declividade entre 10 e 20%. Substrato de Ultramilonitos e Quartzitos impuros.
	D8	Serras com amplitudes locais de 320m. Topos angulosos e estreitos, encostas retilíneas de inclinação elevada. Declividade entre 30 e 45% e, entre 20 e 30%. Substrato de Ultramilonitos.
	D9	Serras de topo muito anguloso e alongado no sentido NE/SW. Perfis convexas retilíneos voltados para oeste, e retilíneos voltados para leste Declividade entre 30 e 45%. Substrato de Blastomilonitos.
	D10	Morros com amplitudes locais de 120 metros. Topos angulosos, encostas retilíneas, associadas a vales fechados. Declividade entre 10 e 30%. Substrato de Blastomilonitos.
	D11	Vale aberto com desenvolvimento de planície aluvionar. Declividades muito baixa, < 2%. Substrato de Ultramilonitos e Gnaisses intercalados a rochas básicas.
Sistema E	E1	Morros com amplitude local de 100 metros. Topos angulosos alinhados NE/SW. Perfil de encostas retilíneo-convexas. Declividades entre 10 e 20% e, 20 e 30%. Substrato de Migmatitos e Granitos porfiríticos.
	E2	Serras com amplitudes locais entre 300 e 360 metros. Topos arredondados, restritos a extensos, encostas convexas, por vezes retilíneo-convexas. Declividade entre 10 e 20% e, 20 e 30%. Substrato de Migmatitos.
	E3	Morros com amplitudes locais de 100m e 200m. Topos arredondados e restritos orientados nas direções NE/SW e E-W. Encostas convexo- retilíneas. Declividade entre 10 e 20%. Substrato de Migmatitos.
	E4	Serras com amplitude local entre 400 e 540 metros. Topos agudos extensos, orientados E-W e NE/SW, encostas voltadas para o sul e leste de perfil convexo-retilíneo, para norte e oeste com perfil retilíneo. Declividade entre 10 e 20% e, 20 e 30%. Substrato de Migmatitos.
	E5	Morros e vales abertos. Topos angulosos a arredondados, encostas convexas. Declividade entre 10 e 20% e, 2 e 10% . Substrato de Migmatitos.
	E6	Morros com amplitudes locais de 220 metros. Topos angulosos extensos e encostas retilíneo-convexas. Declividade entre 10 e 30%. Substrato de Granitos porfiríticos.
	E7	Morros com amplitudes entre 220 e 240 metros. Topos arredondados e extensos, orientados NE/SW e NW/SE. Perfis de encostas convexo-retilíneos suaves Declividade entre 10 e 20% e, 20 e 30%. Substrato de Migmatitos e Granitos porfiríticos
	E8	Vales abertos com desenvolvimento de planície, associado a colinas. Amplitude local de 60 metros. Topos arredondados extensos, encostas convexas. Ddeclividade entre 2 e 10%, e < 2% Substrato de Granitos-gnaisses e Granitos porfiríticos.

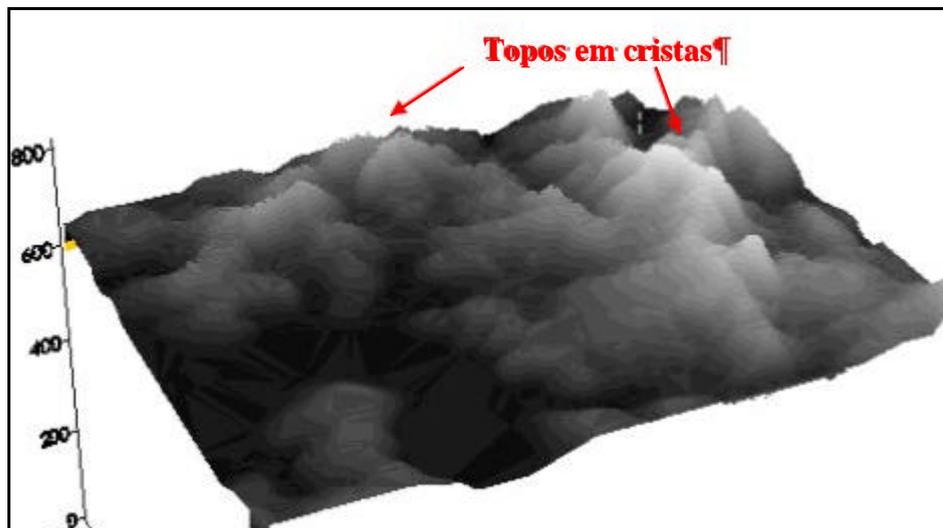


Figura 5.16. Detalhe em Modelo Digital do Terreno da Unidade A2. Notar destaque aos morros de topos angulosos, definindo cristas com disposição em arco.



Figura 5.17. Detalhe perfil de encosta da Unidade A2.

Unidade A3

Localizada na porção extremo centro-oeste do sistema, caracteriza um relevo de colinas com amplitude local entre 60 e 80 metros, associadas a vales que variam entre abertos e fechados com presença de planícies aluvionares interiores restritas. Exibe topos arredondados e restritos com vertentes de perfis convexo-retilíneos, com declividade predominante entre 10 e 20% (Figura 5.18). Esta unidade é constituída por gnaisses intercalados com quartzitos.



Figura 5.18 Unidade de *landform* A3. Colinas associadas a vales abertos.

Unidade A4

Localizada, também, na porção extremo centro-oeste do sistema, esta compreende um relevo de morros com encostas suavizadas, associados a vales abertos e com amplitudes locais de 100 metros. Os topos destas formas de relevo são aplainados e ondulados, orientados no sentido NE/SW. Os perfis de encosta variam de retilíneos a convexos (Figura 5.19). Predominam declividades entre 2 e 20%.

O substrato que constitui estas formas de relevo são Gnaisses intercalados com quartzitos



Figura 5.19. Unidade de *landform* A4. Morros de topos aplainados associadas a vales abertos.

Unidade A5

Localizada na porção centro norte do sistema, constituem relevo de morros de topos arredondados restritos, com encostas convexas suaves, de amplitude local variando entre 100 e 160 metros (Figura 5.20). O substrato associado a estas formas de relevo é constituído de Gnaisses intercalados com rochas básicas



Figura 5.20 – Detalhe Unidade de *landform* A5. Morro de topos arredondados e vertentes convexas.

Unidade A6

Presente na porção extremo sul do sistema, caracterizam um relevo de morros com topos angulosos restritos, dispostos de forma alongada e orientados no sentido NE/SW (Figura 5.21). Exibe encostas com perfis retilíneo-convexo, com declividades predominando entre 10 e 20%. As amplitudes locais desta unidade variam entre 120 e 160 metros.

O substrato que sustenta estas formas corresponde a gnaisses intercalados com quartzitos.



Figura 5.21 – Detalhe Unidade de *landform* A6. Morro de topos angulosos alongados na direção NE/SW.

Unidade A7

Corresponde a quase totalidade da porção sul do sistema. Constitui um relevo de morros com topos arredondados a levemente angulosos restritos (Figura 5.22), orientados na direção NE/SW com amplitudes locais ente 120 e 160 metros. Apresenta

amplitudes locais que variam ente 100 e 140m. Exibe encostas convexas suaves com declividades predominando entre 10 e 20%.



Figura 5.22 – Unidade de *landform* A7. Morros de topos arredondados a levemente angulosos.

Em campo são observados ravinamentos localizados nas encostas destas formas de relevo. O substrato que constitui estas formas corresponde a gnaisses intercalados a rochas básicas.

Unidade A8

Localizada na porção extremo noroeste do sistema, esta unidade caracteriza um relevo de colinas de topos arredondados suaves e amplitude local de 60 metros (Figura 5.23). Exibe perfis de encosta retilíneas-convexas, com valores de declividade $< 2\%$. É observada a ocorrência de ravinamentos nas encostas.

Granitos cataclasado correspondem ao substrato que sustenta estas formas de relevo.



Figura 5.23 – Unidade de *landform* A8. Colinas de topos arredondados suaves.

5. 3.2.2. Sistemas de Terreno B

Compreende a região mais a leste da baixa bacia, e corresponde a 12,21% da totalidade da mesma. Caracteriza-se por formas de terreno representadas por morros e secundariamente serras, com as primeiras de ocorrência predominante. As classes de declividade medianamente moderadas (10-20%) e alta (30-45%) ocorrem em maior proporção.

O sistema é compartimentado em oito unidades, as quais estão associadas a substratos constituídos de gnaisses intercalados com rochas básicas, gnaisses intercalados com quartzitos e migmatitos

Unidade B1

Presente na porção extremo norte do sistema, caracteriza um relevo de morros com topos angulosos restritos, de amplitude local de 180 metros. Os perfis de encosta são retilíneo-convexos com inclinação moderada (Figura 5.24). São observados ravinamentos localizados. Predominam declividades entre 10 e 45%.

Estas formas de relevo correspondem a ocorrência de Gnaisses intercalados com rochas básicas.



Figura 5.24. Unidade de *landform* B1. Morros de topos angulosos restritos e encosta retilíneo-convexos.

Unidade B2

Presente na porção extremo noroeste do sistema, esta unidade caracteriza relevo de morros com amplitude local de 120 metros, de topos arredondados e restritos (Figura 5.25), com encostas suavizadas de perfil retilíneo-convexas.



Figura 5.25. Unidade de *Landform* B2. Morros de topos arredondados e restritos.

Nestas formas de relevo predominam declividades entre 10 e 20%, e o substrato associado é constituído por gnaisses intercalados com quartzitos.

Unidade B3

Localizada na porção centro norte do sistema, esta constitui um relevo de serras de topos angulosos extensos (Figura 5.26). Exibem amplitudes locais de 220 metros e encostas retilíneo-convexas, e amplitudes locais de 300m.



Figura 5.26. Unidade de *Landform* B3. Serras de topos angulosos extensos.

Os valores de declividade predominantes variam entre 10 e 30%, e o substrato que constitui estas formas de relevo corresponde a Gnaisses intercalados com rochas básicas.

Unidade B4

Localizada na porção sudoeste do sistema, constitui relevo de morros com amplitude local de 200 metros. Estas formas caracterizam-se por exibirem, ora topos arredondados ora angulosos e restritos, orientados NW/SE, com encostas convexo-retilíneas de inclinação moderada (Figura 5.27 A e B).



Figura 5.27. Unidade de *Landform* B4. a) Morros com topos angulosos restritos. b) Morros com topos arredondados.

Unidade B5

Presente na porção contro-leste do sistema, caracteriza um relevo de serras com amplitudes locais de 420 metros. Estas apresentam topos arredondados extensos, alongados na direção NE/SW. Encostas voltadas para oeste convexas e extensas (Figura

5.28), com inclinações moderadas a altas e presença de ravinamentos; e encostas voltadas para leste com vertentes retilíneo-convexas, de inclinação elevada.



Figura 5.28. Unidade de *landform* B5. Detalhe encostas convexas e extensas voltadas para oeste

Predominam valores de declividade entre 20 e 45%, e gnaisses intercalados com rochas básicas constituem o substrato desta unidade.

Unidade B6

Localizada na porção extremo sudoeste do sistema, esta unidade de relevo constituem morros com amplitude local de 280 metros, de topos arredondados agudos, orientados na direção NW/SE (Figura 5.29). Apresentam encostas retilíneas, com inclinação moderada.

Predominam nesta unidade valores de declividade entre 20 e 30%, e apresentam migmatitos como substrato associado.

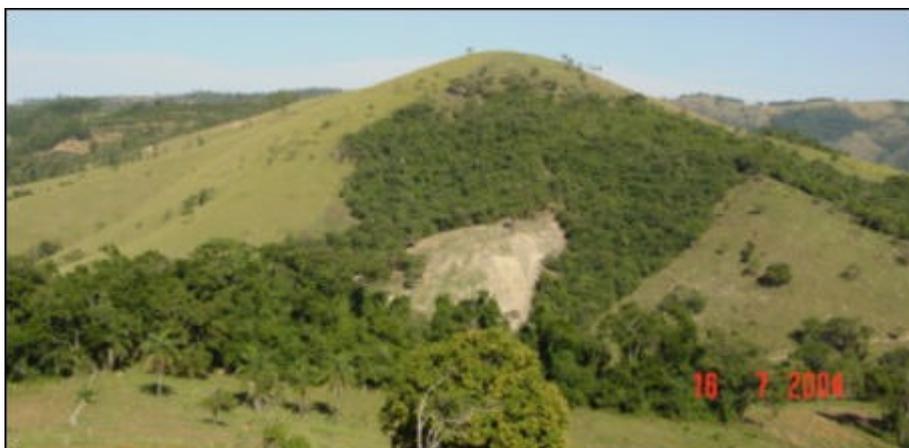


Figura 5.29. Unidade de *landform* B6. Morros de topos arredondados agudos e encostas retilíneas.

Unidade B7

Presente na porção extremo sudeste do sistema, caracterizam relevo de morros de topos angulosos estreitos, com amplitude local de 140 metros. Apresentam perfis de encostas convexo-retilíneas e vales abertos (Figura 5.30).

Predominam valores de declividade entre 20 e 30%.



Figura 5.30. Unidade de *landform* B7. Morros de topos angulosos estreitos, encostas convexo-retilíneas associadas a vales abertos

O substrato que constitui as formas de relevo desta unidade são migmatitos e gnaisses intercalados com rochas básicas.

Unidade B8

Localizada na porção centro-norte do sistema, esta unidade é caracterizada por um relevo de morros com amplitudes locais de 240 metros. Estes apresentam topos angulosos restritos e, perfil de encosta retilíneo-convexo.

Os valores de declividade predominante variam entre 20 e 30% e o substrato associado a estas formas são Quartzitos impuros.

5.3.2.3 Sistemas de Terreno C

Compreende a região mais a oeste da média bacia, e corresponde a 8,83% do total da mesma. É caracterizado pela ocorrência de duas formas de terreno: 1) Morros associados a vales extenso e 2) Serras. Predominam neste sistema classes de declividade alta (30-45%) e moderadas (20-30%), estes últimos valores mais presentes nas encostas

das serras e morros. A classe muito alta (>45%) tem ocorrência restrita, delimitam os topos das Serras.

O sistema é subdividido em sete unidades, as quais têm por substrato associado gnaisses intercalados com rochas básicas e migmatitos.

Unidade C1

Localizada na porção extremo noroeste do sistema, caracteriza um relevo de serras com amplitude local de 360 metros. Exibem topos angulosos estreitos e não contínuos. Vertentes convexo-retilíneas com inclinação alta e vales fechados (Figura 5.31).

Predominam faixas de declividade entre 30 e 45%. Migmatitos correspondem ao substrato associado a esta unidade.



Figura 5.31 Unidade de *lanform* C1. Serras de topos angulosos, vertentes convexo-retilíneas.

Unidade C2

Presente na porção centro oeste do sistema, constitui um conjunto de vales e morros, com amplitudes locais variando entre 100 e 140 metros (Figura 5.32). Os vales são abertos com desenvolvimento de planícies aluvionares localizadas. Apresenta expressões em áreas que variam de pequena a média. Os morros exibem topos angulosos estreitos, com encostas convexas de inclinação média.

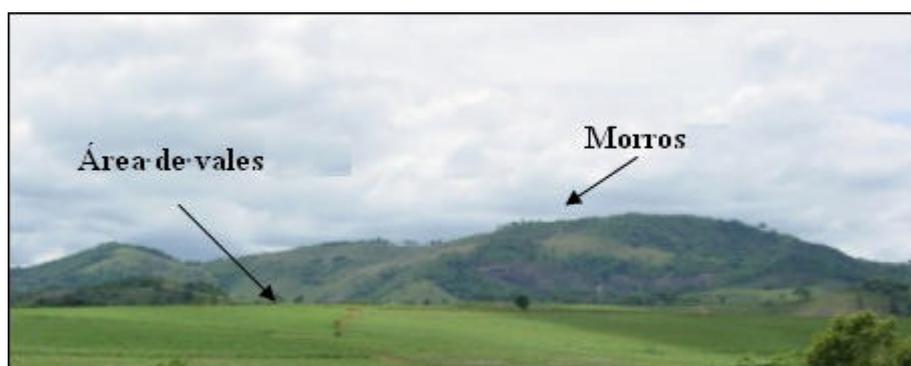


Figura 5.32 Unidade de *landform* C2. Morros de encostas convexas e topos angulosos, associado a vales abertos.

Predominam valores de declividade entre 10 e 20% e entre 20 e 30%. O substrato associado a estas formas de terreno corresponde a gnaisses intercalados com rochas básicas.

Unidade C3

Localizadas na porção centro norte do sistema, caracteriza um relevo de serras de amplitude local de 480 metros. Estas formas de relevo ocorrem dispostas no sentido NE/SW. Caracterizam feições alongadas, com topos variando de arredondados a angulosos extensos. Exibem encostas com perfis desiguais com ocorrência de ravinamentos; retilíneo-convexas de inclinação moderada a altas voltadas para oeste; e perfil retilíneo e inclinação alta voltadas para leste (Figura 5.33).



Figura 5.33. Unidade de *landform* C3. Serras de topos angulosos a arredondados. Detalhe dos perfis de encosta voltados para leste.

As faixas de declividade que predominam nestas formas de relevo variam entre 30 e 45%, e migmatitos constituem o substrato associado.

Unidade C4

Presente na porção centro leste do sistema, constituem um relevo de morros com amplitudes variando entre 160 e 240 metros. Estas formas de terreno exibem topos angulosos e encostas retilíneo-convexas associadas a vales abertos (Figura 5.34). Apresentam maior inclinação das vertentes voltadas para leste e declividade variando entre 10 e 45%.

O substrato rochoso associado é constituído de gnaisses intercalados com rochas básicas, quartzitos impuros e ultramilonitos.



Figura 5.34. Unidade de *landform* C3. Detalhe forma dos topos angulosos e encosta retilíneo-convexas.

Unidade C5

Localizada na porção sudoeste do sistema, caracteriza um relevo de serra de amplitude local de 460 metros, com topos arredondados estreitos e encostas de inclinação moderada a alta, de perfis desiguais. Convexo-retilíneas voltadas para oeste e retilíneas voltadas para leste (Figura 5.35).



Figura 5.35 Unidade de *lanform* C5. Serras de topos estreitos. Detalhe encostas retilíneas voltadas para leste.

Valores entre 30 e 45% correspondem as declividades predominantes, e migmatitos constituem o substrato que sustenta estas formas de relevo.

Unidade C6

Presente na porção centro sul do sistema, caracterizam serras com amplitude local de 300m, de topos angulosos estreitos, orientados no sentido NE/SW (Figura 5.36). Estas serras exibem encostas convexo-retilíneas, nas quais observa-se presença de ravinas.



Figura 5.36. Unidade de *landform* C6. Serras de topos angulosos estreitos, encostas convexo-retilíneas.

Valores entre 30 e 45% e entre 20 e 30% caracterizam as classes de declividades predominantes. Constituem o substrato associado gnaisses intercalados a rochas básicas e quartzitos impuros.

Unidade C7

De ocorrência localizada na porção norte do sistema, constitui um conjunto de serras de amplitude local de 300 metros. As serras exibem topos angulosos estreitos, orientados no sentido NE/SW, com vertentes retilíneo-convexas (Figura 5.37). As inclinações das vertentes são médias a altas, denotadas por valores de declividade entre 30 e 45%.

Estas formas de relevo apresentam quartzitos impuros por substrato associados



Figura 5.37 – Unidade de *landform* C7. Serras de topos angulosos restritos, vertentes retilíneo-convexas.

5.3.2.4 Sistemas de Terreno D

Localizado na região mais a leste da média bacia, compreende 19,93% da área total da mesma, e apresenta Gnaisses intercalados a rochas básicas como substrato.

É caracterizado pela ocorrência de três formas principais de terreno: 1) Relevo de vales e morros e 2) Relevo de colinas e 3) Relevo de serras. Predominam classes de declividade medianamente moderadas (10-20%) nas encostas das serras e nas áreas de morros; e alta (30-45%) delimitando os topos das serras.

Este sistema é subdividido em 11 unidades de terreno.

Unidade D1

Localizada nas porções extremo norte e sul do sistema, caracterizam um relevo de serras alongadas no sentido NE/SW, com amplitudes locais variando entre 320 e 400 metros. Estas exibem topos angulosos estreitos e vertentes retilíneo-convexas, com inclinação alta é observada a ocorrência de ravinamentos (Figura 5.38).

Os valores de declividade predominantes variam entre 30 e 45%, e gnaisses intercalados a rochas básicas constituem o substrato associado.

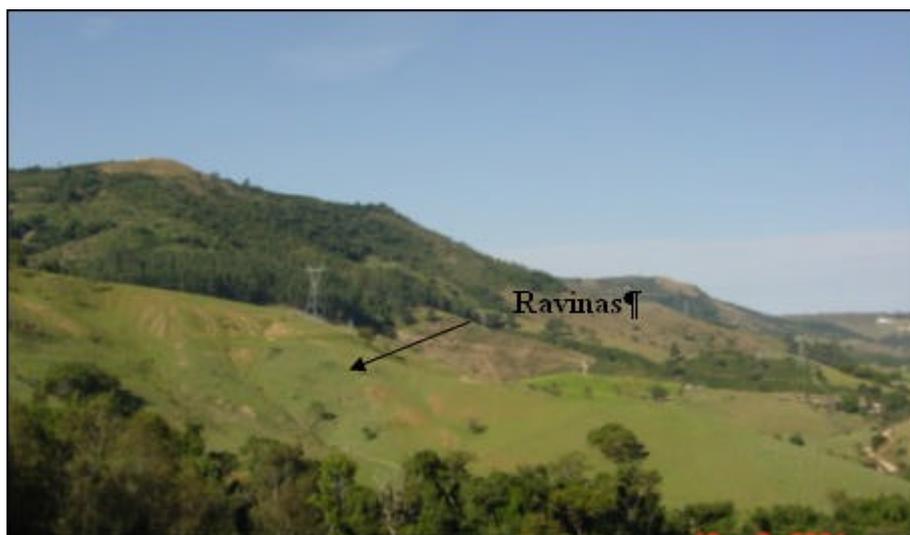


Figura 5.38. Detalhe da Unidade de *landform* D1. Serras de encostas retilíneo-convexas com presença de ravinas.

Unidade D2

Presente na porção centro oeste do sistema, caracteriza um relevo colinas de encostas suavizadas associadas a vales abertos (Figura 5.39). Estas apresentam amplitudes locais de 80 metros.



Figura 5.39. Unidade de *landform* D2. Colinas de encostas suavizadas associadas a vales abertos.

As colinas apresentam amplitude local de 80 metros e topos arredondados, encostas convexas de inclinação suave, denotado pelo predomínio de valores de declividade entre 10 e 20%.

Como na unidade anterior, gnaisses intercalados a rochas básicas constituem o substrato associado a estas formas de relevo.

Unidade D3

Presente na porção nordeste do sistema, caracteriza um relevo morros associados a vales abertos sem desenvolvimento de planícies. Os morros apresentam amplitude local de 180 metros, topos arredondados e encostas convexas de inclinação média (Figura 5.40).



Figura 5.40. Unidade de *lanform* D3. Morros de encostas convexas com inclinação média, associados a vales abertos.

Predominam valores de declividade entre 10 e 20% junto às encostas e < 2% nas áreas do vales. O substrato associado é constituído de ultramilonitos.

Unidade D4

Localizada na porção centro-leste e sudeste do sistema, esta unidade constitui um conjunto de colinas com amplitude local de 80 metros, topos arredondados e encostas convexas (Figura 5.41).

Estas formas de relevo estão associadas à ocorrência de blastomilonitos, e valores predominantes de declividade entre 10 e 20%.



Figura 5.41. Unidade de *landform* D4. Colinas de topos arredondados e encostas convexas.

Unidade D5

Localizada no extremo sudeste do sistema, esta unidade caracteriza um relevo de morros com amplitudes locais de 100 metros.

Os morros apresentam topos restritos angulosos, e perfis de encosta convexas (Figura 5.42). Predominam valores de declividade entre 10 e 20%, e entre 20 e 30%. Blastomilonitos constituem o substrato associado.



Figura 5.42. Unidade de *landform* D5. Morros de topos angulosos restritos e encostas convexas.

Unidade D6

Presente na porção centro-leste do sistema, caracteriza-se por um relevo de morros, com amplitudes locais variando entre 200 e 220 metros. Exibem topos arredondados, por vezes angulosos estreitos (Figuras 5.43 a e b), com orientação predominante para NE/SW. Exibem perfis de encosta variando entre retilíneo e convexas suaves.



Figura 5.43. Unidade de *landform* D6. a) Morros de topos arredondados e b) Morros de topos angulosos.

Predominam valores de declividade entre 10 e 20%, e entre 20 e 30%. O substrato associado a estas formas de relevo é constituído de Granitos porfíricos

Unidade D7

Localizada na porção centro-sudoeste do sistema, corresponde a um relevo de serras associadas a vales abertos. As serras exibem perfil de encosta retilíneo e amplitudes locais de 300 metros (Figura 5.44 a e b)..

Os valores de declividade predominante nesta unidade variam entre 10 e 20%, e o substrato associado é constituído por ultramilonitos e quartzitos impuros.

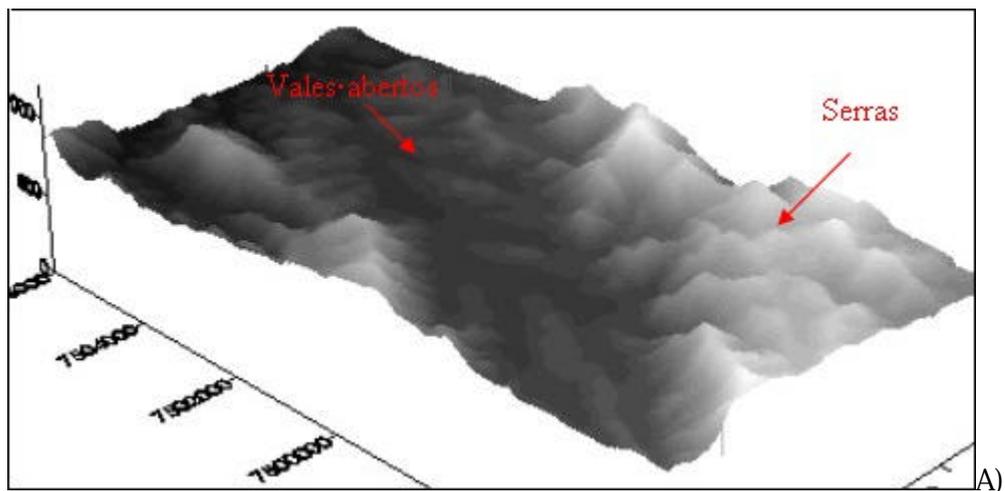


Figura 5.44. Unidade de *landform* D7, conjunto de serras associadas a vales abertos. a) Representação em modelo digital do terreno, b) Detalhe encostas retilíneas.

Unidade D8

Localizada na porção centro-sul do sistema, constitui um relevo de serras com amplitudes locais de 320m, com topos angulosos e estreitos. Encostas retilíneas de inclinação elevada (Figura 5.45). Predominam valores de declividade entre 30 e 45% e, entre 20 e 30%.

Esta unidades é associada a ocorrência de ultramilonitos.



Figura 5.45. Detalhe da unidade de *landform* D8. Serras de topo anguloso e encostas retilíneas.

Unidade D9

De ocorrência localizada na porção centro-sul, caracterizam serras de topo muito anguloso e alongado no sentido NE/SW. Apresenta vertentes de inclinação muito elevada e perfis convexos retilíneos voltados para oeste, e retilíneos voltados para leste (Figura 5.46 A e B). Apresenta predominância de valores de declividade entre 30 e 45%, e tem por substrato associados rochas catacladas, blastomilonitos.



Figura 5.46. Unidade de *landform* D9. Serras de topo anguloso de encostas desiguais. a) Encostas retilíneas e b) Encostas convexas.

Unidade D10

Presente na porção sudeste do sistema, constitui um relevo de morros com amplitudes locais de 120 metros. Apresentam topos angulosos e encostas retilíneas, associadas a vales fechados (Figura 5.47).

Nesta unidade os valores de declividade variam entre 10 e 30%. Blastomilonitos constituem o substrato que sustenta esta unidade.



Figura 5.47. Unidade de *landform* D10. Morros de topo anguloso de encostas retilíneas.

Unidade D11

Localizada na porção central do sistema, caracteriza um vale aberto (Figura 5.48), com desenvolvimento de planície aluvionar. Apresenta valores de declividades muito baixos, < 2%, e ultramilonitos e gnaisses intercalados a rochas básicas por substrato associado, principalmente, e blastomilonitos ocorrendo de forma secundária.



Figura 5.48. Unidade de *landform* D11. Vale abertos com desenvolvimento de planície aluvionar.

5.3.2.5 Sistema de Terreno E

Localizado na porção da alta bacia, corresponde a 41,49% da área da mesma. É constituído por três formas principais de terreno: 1) Relevo de serras, 2) Relevo de vales

associados a colinas e 3) Relevo de morros. Predominam neste Sistema classes de declividade entre 10 e 20% e entre 2 e 10%.

Subdividido em oito unidades de terreno, estas apresentam como substrato associados granitos porfiríticos e migmatitos, com granitos-gnaisses caracterizados por ocorrência secundária.

Unidade E1

Localizada no extremo oeste do sistema, caracteriza-se por um relevo de morros com amplitude local de 100 metros. Exibem topos angulosos alinhados no sentido NE/SW. Vertentes retilíneo-convexas de inclinação média, associadas a vales abertos (Figura 5.49).



Figura 5.49. Unidade de *landform* E1. Morros de topos angulosos.

Destacam-se, nesta unidade destacam-se valores de declividades entre 10 e 20% e, entre 20 e 30%. Migmatitos constituem o substrato predominante que sustenta estas formas de relevo. De forma secundária, ocorrem granitos porfiríticos.

Unidade E2

Presente na porção extremo norte e extremo nordeste do sistema, esta unidade constitui um relevo que caracteriza um conjunto de serras com amplitudes locais entre 300 e 360 metros. Estas apresentam topos arredondados que variam entre restritos e extensos. Apresentam encostas convexas, por vezes retilíneo-convexas e inclinação média (Figura 5.50). Associados a estas são observados vales abertos.



Figura 5.50. Unidade de *landform* E2. Serras de topos arredanodados associadas a vales abertos.

Nesta unidade predominam valores de declividade entre 10 e 20% e, entre 20 e 30%. Migmatitos caracterizam o principal substrato que sustenta estas formas de relevo.

Unidade E3

Localizados na porção centro-norte, constituem dois morros, com amplitudes locais de 100m e 200m, ambos apresentam topos arredondados e restritos (Figura 5.51). Os topos são orientados nas direções NE/SW e E-W. Exibem encostas convexo-reitilíneo, e apresentam valores de dedlividade entre 10 e 20%. Migmatitos caracterizam o substrato rochoso associado a estas formas de relevo.



Figura 5.51. Unidade de *landform* E3. Morors de topos arredanodados e encostas convexo-reitilíneas.

Unidade E4

Localizada na porção central do sistema, caracteriza um conjunto de serras de amplitude local variando entre 400 e 540 metros. Exibem topos agudos extensos, orientados no sentido E-W e NE/SW. Apresentam encostas voltadas para o sul e leste de perfil convexo-retilíneo, e voltadas para norte e oeste com perfil retilíneo (Figura 5.52 A e B). Vales fechados ocorrem associados a estas serras.



Figura 5.52. Unidade de *landform* E4. a) Serras com perfil de encostas retilíneo voltado para o norte e oeste e b) Perfil convexo-retilíneo voltados para o sul e leste.

Destacam-se valores de declividade entre 10 e 20% e, entre 20 e 30%. Migmatitos constituem o substrato rochoso associado.

Unidade E5

Presente na porção central do sistema, esta unidade caracteriza um relevo morros e vales abertos com planícies associadas, onde predominam amplitudes locais de 100 metros (Figura 5.53). Os morros exibem topos angulosos a arredondados, com encostas convexas de inclinação média. Predominam valores de declividade entre 10 e 20%, junto aos morros, e entre 2 e 10% nas áreas de vale. Assim como na unidade anterior, Migmatitos constituem o substrato rochoso associado.



Figura 5. 53. Unidade de *landform* E5. Morros e vales abertos.

Unidade E6

Localizada na porção centro-sul do sistema, constitui um relevo de morros com amplitudes locais de 220 metros. Estas exibem topos angulosos extensos e encostas retilíneo-convexas, de inclinação média a alta (Figura 5.54). Vales fechados orientados NE/SW e NW/SE ocorrem associados. São observadas ravinas nas encostas .



Figura 5. 54. Unidade de *landform* E6. Morros de topos angulosos e encostas retilíneo-convexas.

Unidade E7

Presente na porção sudeste do sistema, esta unidade constitui um conjunto de morros com amplitudes locais que variam entre 220 e 240 metros. Apresentam topos arredondados e extensos, orientados nos sentidos NE/SW e NW/SE. Os perfis de encostas são convexo-retilíneos suaves (Figura 5.55). Predominam valores de declividade entre 10 e 20% e, entre 20 e 30%. Migmatitos e granitos porfíricos constituem o substrato predominante desta unidade. Granitos-gnaiss apresentam ocorrência secundária.



Figura 5.55. Unidade de *landform* E7. Morros de topos arredondados extensos com perfis de encostas são convexo-retilíneos suaves.

Unidade E8

Localizada na porção extremo sudeste do sistema, esta unidade compreende um relevo de vales abertos e extensos com desenvolvimento de planície, associado a colinas de amplitude local de 60 metros. As colinas apresentam topos arredondados extensos, e encostas convexas suaves com inclinação baixa (Figura 5.56).



Figura 5.56 –Unidade de *lanform* E8. Colinas de topos arredondados extensos e encostas convexas suaves.

Predominam nesta unidade valores de declividade entre 2 e 10%, junto aos relevos de colinas e < 2% nas áreas de vales.

Granitos-gnaisses e granitos porfíricos constituem o substrato rochoso que sustenta esta unidade de terreno.

5.4 MAPA DE UNIDADES DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS (ANEXO IV)

De acordo com Mio (1992) sob a designação de materiais inconsolidados incluem-se todos os materiais superficiais, sobrejacentes aos materiais rochosos em estado são ou pouco alterados.

Na presente pesquisa designam-se como materiais inconsolidados tanto os materiais superficiais produto de retrabalhamento físico e/ou químico de materiais pré-existentes, como os materiais resultantes da alteração intempérica *in situ* dos materiais rochosos.

5.4.1 Procedimentos Empregados

A caracterização dos materiais inconsolidados da área foi realizada mediante execução conjugada de três atividades: 1) Levantamento de dados, que consistiu no levantamento de informações relativas a trabalhos pré-existentes na área de pesquisa, de modo a fornecer um conhecimento prévio sobre as características principais dos materiais inconsolidados da bacia; 2) Trabalhos de campo, que consistiu de duas etapas. A primeira visando confirmar e/ou reestruturar as unidades de materiais preliminarmente delimitadas a partir da interpretação de fotografias aéreas e dos dados pré-existentes levantados, e a segunda visando a execução de amostragens de materiais para realização de ensaios de laboratório; e 3) Ensaios de laboratório, que permitiram uma melhor caracterização das unidades de materiais inconsolidados. A Figura 5.57 apresenta um fluxograma com as etapas executadas para obtenção do Mapa de Unidades de Materiais Inconsolidados da bacia.

As informações pré-existentes levantadas correspondem, principalmente, aos trabalhos realizados por Mio (1992), Albrecht (1992), Barison (1995) e Saraiva (1995).

Nas primeiras etapas de campo foram executadas descrições gerais dos materiais, onde se procurou destacar características como cor, textura (determinada por meio de avaliação visual e tátil), espessura predominante, relações de contato com o substrato rochoso e relações com as formas de terreno. É importante ressaltar que devido a grande heterogeneidade conferida pelo quadro litológico/estrutural da área a característica cor não pode ser tomada como indicativo de delimitação de unidades de material inconsolidado.

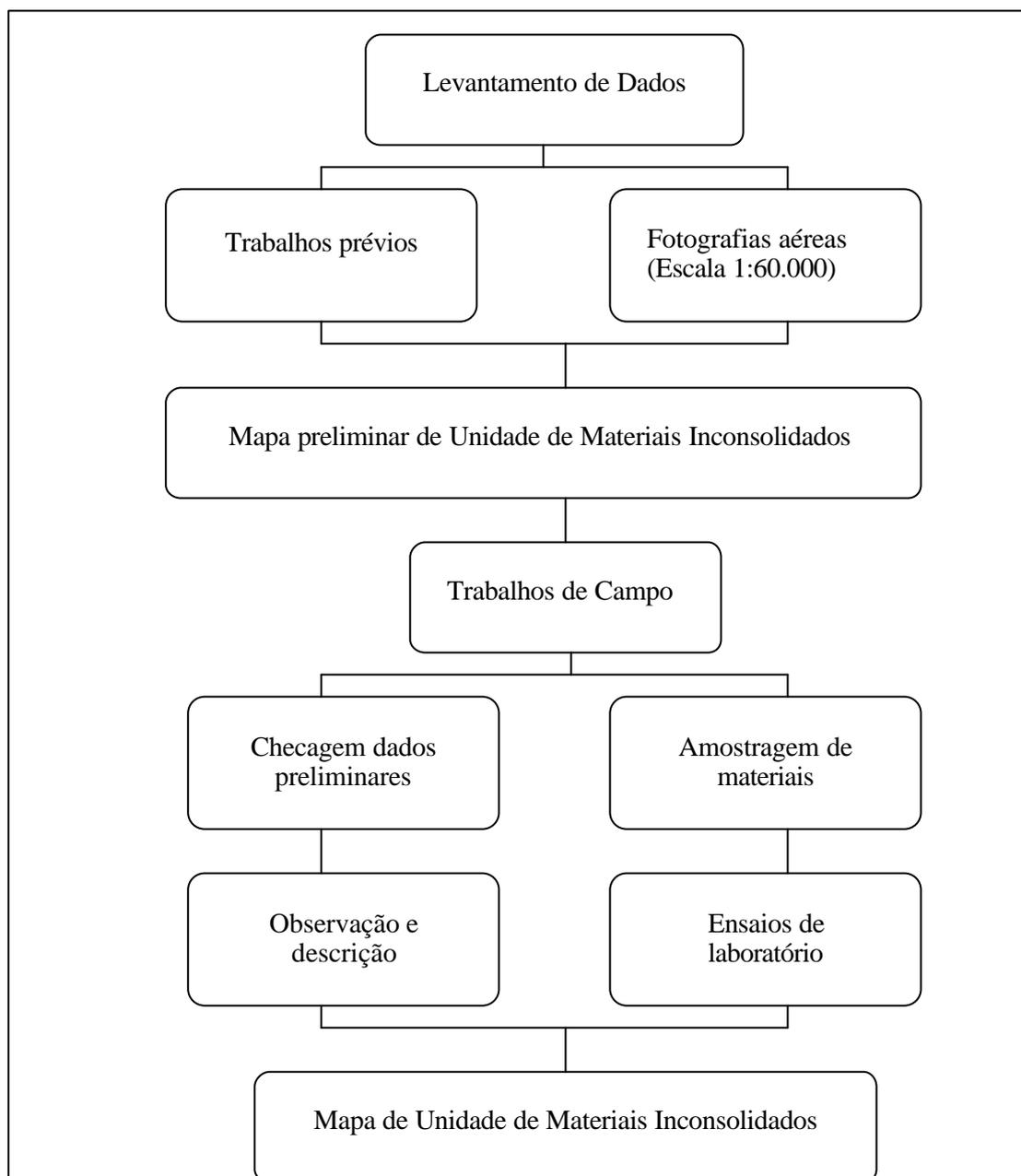


Figura 5.57. Fluxograma com as etapas desenvolvidas para elaboração do Mapa de Unidades de Materiais Inconsolidados.

5.4.2 Ensaio de Laboratório Realizados

Para a caracterização das unidades de materiais inconsolidados da área foram executados os ensaios de granulometria, massa específica dos sólidos (ρ_s), massa específica seca de campo (ρ_d), adsorção de azul de metileno, absorção de água e perda por imersão, além do cálculo dos índices de vazios e porosidade natural.

Análise Granulométrica, Massa específica dos sólidos (ρ_s), Massa específica seca de campo ($\rho_{d_{campo}}$), índices de vazios natural (e_o), porosidade natural (n_o)

O ensaio de análise granulométrica foi realizado por sedimentação e peneiramento, segundo a norma técnica ABNT (NBR 7181/84).

O ensaio de determinação da massa específica dos sólidos (ρ_s) foi executado segundo a norma técnica ABNT (NBR 6508/84)

O $\rho_{d_{campo}}$, o e_o , e a n_o foram determinados a partir do “Método do Anel” proposto por Zuquette (1987). Neste método são utilizados anéis de pvc rígido de 10 cm x 5 cm (diâmetro/altura) para coletas de amostras indeformadas de solos e, a partir de relações de massa de solo seco e volume de solo ocupado no anel, obtém-se valor de $\rho_{d_{campo}}$:

$$r_{dcampo} = \frac{(M)}{V} \quad (\text{Eq 5.1})$$

onde: M – massa seca de solo seco (g)

V – volume do anel (cm³)

A partir dos valores de $\rho_{d_{campo}}$ e ρ_s foram obtidos os índices e_o e n_o , por meio das expressões:

$$e = \left(\frac{r_s}{r_d} \right) - 1 \quad (\text{Eq 5.2})$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (\text{Eq 5.3})$$

onde: ρ_s – massa específica dos sólidos (g/cm³)

$\rho_{d_{campo}}$ – massa específica aparente seca de campo (g/cm³)

Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno

O azul de metileno é um corante orgânico, de composição $C_{16} H_{18} N_3 S Cl \cdot 3H_2O$, com nome comercial de cloridato de metiltianina. Caracteriza-se como um corante que em solução aquosa apresenta-se dissociado em ânions cloreto e cátions azul de metileno ($C_{16} H_{18} N_3 S^+$). Quando os cátions azul de metileno entram em contato com os argilo-minerais, ocorre a substituição dos cátions Na^+ , K^+ , Mg^{2+} e H_3O^+ , formando uma monocamada de azul de metileno sobre a superfície dos minerais de argila (Pejon, 1992).

Partindo-se de uma concentração conhecida de azul de metileno (anidro) em solução aquosa, o volume gasto da solução e a área da superfície do cátion de azul de metileno (130 \AA^2), é possível calcular a superfície específica (SE) e a capacidade de troca catiônica (CTC) dos materiais inconsolidados.

São dois os métodos de ensaio para determinação de SE e da CTC por meio do uso do azul de metileno: 1) Método colorimétrico e 2) Método do papel de filtro. Aqui foi utilizado o segundo método, conforme os procedimentos de ensaio apresentados por Pejon (1992).

Para execução do ensaio deve-se utilizar uma massa de 2 a 4 gramas de solo passado em peneira de 2,00mm, em suspensão em um *becker* contendo 10ml de água destilada.

A solução de azul de metileno utilizada foi preparada com uma massa de 1,5 grama de corante anido dissolvido em 1.000 ml de água destilada.

O ensaio consiste em adicionar a solução de azul de metileno, com auxílio de uma bureta graduada, à suspensão de solos mais água previamente preparada e, sob agitação contínua como o uso de um agitador magnético. Adiciona-se 1ml de solução de azul de metileno e aguarda-se um intervalo de três minutos. Após este intervalo, captura-se uma gota da suspensão (solo/água/azul de metileno) com auxílio de um bastão de vidro e deposita-se sobre um papel de filtro (Whatmann's 42), observando-se a coloração da mancha formada no papel. Se a mancha formada tiver coloração azul-escuro, significa que o azul de metileno foi totalmente adsorvido pelas partículas de solo (resultado negativo) e o ensaio não pode ser encerrado. Deve-se prosseguir o ensaio com nova adição de solução de azul de metileno e aguardando o intervalo de três minutos, para realização de uma nova captura de uma gota da solução solo/água/azul

de metileno. Este procedimento deve ser repetido sucessivamente até que seja atingido o ponto de saturação do solo pelo azul de metileno, o qual é caracterizado pela formação de uma auréola azul-clara em torno da mancha azul-escura (resultado positivo). Nesse ponto deve-se aguardar mais três minutos sem adição de mais solução do corante, para em seguida repetir o teste da mancha, caso se confirme o resultado positivo o ensaio está encerrado. Em caso contrário o procedimento deve continuar até a obtenção do resultado final (Figura 5.58).

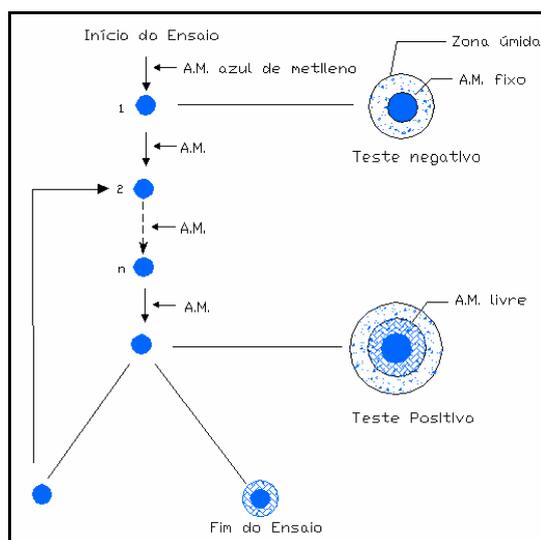


Figura 5.58. Fluxograma do ensaio de adsorção de azul de metileno pelo Método do Papel de Filtro (Pejon, 1992).

Finalizado o ensaio pode-se proceder ao cálculo dos valores de CTC e SE, por meio das expressões:

$$CTC = \frac{C * V * 100}{M} \quad (\text{Eq 5.4})$$

onde: CTC – capacidade de troca catiônica (Cmol⁺/kg)

V – volume de solução de azul de metileno gasto (ml) para saturar a suspensão contendo solo.

C – concentração da solução de azul de metileno (normalidade) = 0,0047 N

M – massa de solo seco

$$SE = \frac{S * V}{M} \quad (\text{Eq 5.5})$$

onde: SE – superfície específica

V – volume de solução de azul de metileno necessário para saturar a solução contendo solos seco

M – massa de solo seco

S – superfície recoberta por 1ml da solução de azul de metileno a 0,0047 N = 3,67 m²/ml

Ensaio de Absorção de água e Perda de massa por imersão – Erodibilidade dos Materiais Inconsolidados

A caracterização da erodibilidade dos materiais inconsolidados baseia-se em dois ensaios simples, absorção de água e perda de massa por imersão, propostos por Nogami & Vilibor (1979) e modificado por Pejon (1992).

Para execução deste ensaio são utilizadas amostras indeformadas, obtidas com a cravação no solo de um cilindro de pvc rígido (4 cm x 2 cm, diâmetro/altura) de ponta biselada (Figura 5.59). As amostras coletadas são secas ao ar, na sombra, por um período mínimo de sete dias. Após a secagem são realizados os ensaios de absorção de água e perda de massa por imersão, para obtenção do índice de erodibilidade. A descrição destes ensaios é apresentada a seguir.

Absorção de Água

Na realização deste ensaio utiliza-se um equipamento simples, o qual consiste de um recipiente cilíndrico, com as mesmas dimensões do cilindro de amostragem, ligado a um tubo de vidro horizontal graduado (Figura 5.60). O conjunto é totalmente preenchido com água, e na porção superior do recipiente é fixada uma pedra porosa, a qual é mantida saturada. O conjunto amostra mais cilindro de amostragem é pesado e colocado sobre a pedra porosa. Neste momento são realizadas leituras de volume de água absorvida por intervalo de tempo. Os intervalos de tempo em segundos adotados foram: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 90, 120, 240, até que a amostra estivesse totalmente saturada.

A obtenção do índice de absorção (S) é feita a partir da montagem de um gráfico que relaciona o volume de água absorvido por unidade de área da base do corpo de prova (q) com a raiz quadrada do tempo (\sqrt{t}). O índice S corresponde ao coeficiente angular da reta, ou seja:

$$S = \left(\frac{q}{\sqrt{t}} \right) \quad (\text{Eq 5.6}).$$



Figura 5.59. Coleta de amostra indeformada para execução dos ensaios de absorção de águas e perda por imersão.

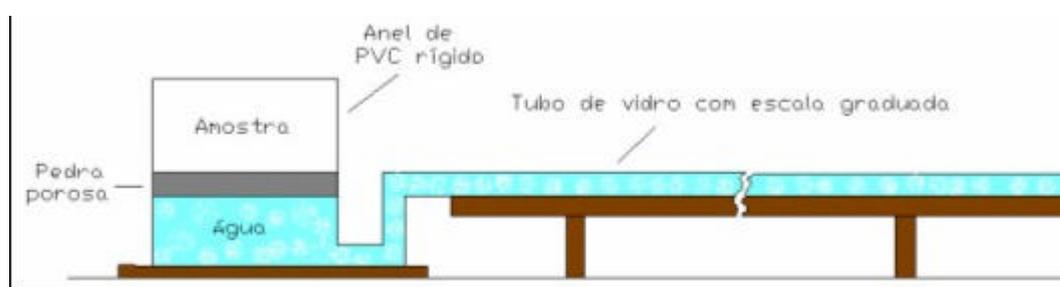


Figura 5.60. Esquema ilustrativo do equipamento utilizado na execução do ensaio de absorção de água (Pejon, 1992).

Perda de massa por Imersão

Após a realização do ensaio de absorção de água, o cilindro com a amostra é encaixado em uma base de apoio e o conjunto é imerso (na horizontal) em um recipiente com água, até que o topo da amostra fique a 2mm abaixo do nível da água. O conjunto é mantido nesta posição até a completa saturação. Após este período, imerge-se totalmente a amostra e em seguida gira-se o conjunto até que a superfície livre da amostra fique na vertical (Figura 5.61). As partículas desprendidas das amostras são coletadas em um recipiente menor disposto na base do conjunto. Após 24 horas determina-se a perda de peso em porcentagem do peso inicial da amostra seca (P).

Para o cálculo do índice de erodibilidade foi utilizada a expressão propostas por Nogami & Villibor (1979) e modificada por Pejon (1992), apresentadas a seguir:

$$E_{40} = \frac{(40 * S)}{P} \quad (\text{Eq 5.7})$$

onde: S – índice de absorção de água

P – índice de perda de massa por imersão



Figura 5.61. Ilustração do conjunto anel/solo imerso em recipiente com água para execução do ensaio de perda de massa por imersão.

Para os casos onde o valor de E obtido são menores que 1, considera-se que o material inconsolidado ensaiados tem alta erodibilidade, e para os caso em que E é maior que um os materiais ensaiados são considerados de baixa erodibilidade.

5.4.3 Unidades de Materiais Inconsolidados

As unidades de materiais inconsolidados da bacia apresentam-se divididas em dois grandes grupos, segundo a gênese:

- 1 – Retrabalhados, os quais são divididos em três unidades: Aluviões, Retrab 1 e Retrab 2
- 2 –Residuais, os quais são divididos em 12 unidades: quanto a litologia associada. Estas unidades encontram-se subdivididas em 47 subunidades de acordo com aspectos de textura, espessura e landforms.

Um aspecto importante dos materiais da área, ressaltado por Mio (1992) e Saraiva (1995), é a ocorrência de pavimentos líticos de dois tipos: 1) linha de seixos facetados e arredondados, os quais apresentam composição variada (granitos, gnaisses, quartzitos, etc) de tamanhos variados (3-5 cm de diâmetro) e espessura entre 5-10 cm e 2) Linha de fragmentos facetados, constituída por quartzo e quartzito, com espessuras variadas (3-15 cm).

Mio (1992) resalta a necessidade de atenção para não confundi-los e classificar todos como linhas de seixos.

O Anexo IV mostra o Mapa de Materiais Inconsolidados e a Tabela 5.3 apresenta uma caracterização geral das unidades de materiais inconsolidados da bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.

5.4.3.1 Unidade de Materiais Aluvionares – (Al)

Constituem depósitos de aluvião das áreas de várzea do Rio do Peixe e de áreas restritas de algumas drenagens secundárias. Apresentam textura e constituição mineralógica bastante variável, refletindo as características das rochas fontes e dos processos de deposição fluvial. Conforme verificação em trabalhos de campo, observa-se a ocorrência de textura predominantemente arenosa, no entanto na porção da baixa bacia e nas proximidades do município de Socorro é comum a ocorrência de depósitos argilosos, os quais são utilizados na fabricação de tijolos.

5.4.3.2. Unidades de Materiais Retrabalhados - (Rt)

Constituem duas subunidades, Retrab 1 e 2, formadas por processo de retabalhamento de materiais preexistentes (Tabela 5.4). A subunidade Retrab1 apresenta textura argilo-arenosa com silte, coloração vermelha escura, com espessuras variáveis entre 0,5 e 2 metros. A subunidade Retrab2 apresenta textura areno-siltosa e espessuras que variam entre 1 e 4 metros. As cores predominantes são o vermelho e o laranja. As maiores espessuras ocorrem nas porções da média bacia entre as zonas de cisalhamento de Ibitinga e Monte Sião. Nesta porção os materiais retrabalhados exibem textura areno-argilosa. Nas outras porções da bacia as espessuras variam de 0-2 m, e os mesmos se caracterizam por apresentarem textura areno-siltosa.

É comum a ocorrência, em superfícies expostas desta unidade, de uma película superficial de cimentação por sílica, a qual segundo Barison (1995), Saraiva (1995) e Mio (1992), pode ser responsável pela estabilidade de alguns cortes e ausência ou baixa incidência de ravinamentos.

Tabela 5.3 – Caracterização geral das unidades de materiais inconsolidados da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.

.Unidade	Gênese	Espessura (m)	Textura				rdcamp (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erodibilidade E40	CTC Cmol ⁺ /kg	SE m ² /g
			% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
Retrab1	Retrabalhado	0.5-2	--	23	12	65	1.38	2.66	48	0.93	94.32	6.04	47.31
Retrab2	Retrabalhado	1-4	06	50	39	5	1.18	2.62	55	1.22	20.32	2.17	38.72
ReGrC	Residual	1-2.5	17	34	39	10	1.39	2.65	47.36	1.9	5.86	2.80	17.65
ReGrP	Residual	1-4	11-18	30-48	15-28	12-36	1.19-1.42	2.58-2.63	45-54	0.84-1.20	5.37-173.84	2.85-6.49	16.84-30.36
ReGr-Gn	Residual	1-3	03-10	47-59	16-28	10-27	1.18-1.38	2.65-2.61	47-55	0.89-1.25	4.87-20.9	2.54-4.19	33.65-24.01
ReGnb	Residual	0.5-6	05-15	10-52	11-48	08-63	1.09-1.34	2.61-2.6	49-58	0.96-1.41	0.67-38.12	3.15-6.95	24.65-45.71
ReGnq	Residual	0.5-3	12-16	42-49	10-14	25-32	1.26-1.40	2.61-2.62	46-52	0.87-1.07	13.84-17.6	3.55-5.52	39.52-44.01
ReQtz	Residual	0.5-1.5	08-19	37-84	18-34	10-26	1.41-1.51	2.63-2.65	4.71-42	0.74-0.89	1.65-10.38	2.25-3.56	21.65-30.21
ReMig	Residual	0.5-10	04-16	16-44	07-52	12-58	1.28-1.52	2.58-2.63	41-55	0.69-1.24	4.98-93.77	5.19-9.89	21.17-47.21
ReUtm	Residual	1-8	14-25	16-46	28-52	08-18	1.39-1.53	2.63-2.65	45-48	0.74-0.89	0.43-0.99	7.86-8.4	53.45-68.25
ReBtm	Residual	1-4	08-10	23-42	45-52	13-17	1.41-1.56	2.62-2.63	43-55	0.73-0.86	0.83-0.94	2.31-4.43	17.24-35.28

Tabela 5.4. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Retrabalhados.

Subunidade	Esp. (m)	Textura				rdcampo (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
Retrab1	0,5-2	--	23	12	65	1,38	2,66	48	0,93	94,32	6,04	47,31
Retrab2	1-4	06	50	39	5	1,18	2,62	55	1,22	20,32	2,17	38,72
Min-Max	0,5-4	06	23-50	12-39	5-65	1,38-1,18	2,62-2,66	48-55	0,93-1,22	20,32-94,32	2,17-6,04	38,72-47,31

Os contatos com as unidades de materiais residuais são caracterizados, muitas vezes, pela ocorrência de linhas de seixos (Figura 5.62 A e B).



Figura 5.62.A) Ocorrência de materiais retrabalhados presente sobre residuais sem linha de seixo.B) Linha de seixos separando materiais retrabalhados e residuais.

5.4.3.3 Unidades de Materiais Residuais

Constituem materiais originados por processo de alteração intempérica *in situ* do substrato rochoso. Na bacia ocorrem nove classes de unidades materiais residuais. Estas classes são subdividas em 46 subunidades menores. A descrição dessas unidades é apresentada a seguir.

Unidade de Materiais Residuais de Granitos Cataclados – (ReGrC)

De ocorrência localizada a foz da bacia, estes materiais correlacionam-se à unidade de *landforms* A8. Os solos desta unidade apresentam um perfil de alteração caracterizado por heterogeneidade e ausência da rocha sã exposta em superfície (Figura 5.63).

Ocorrem com espessura variando de 1-2,5m, textura areno-siltosa com argila e caracterizam-se por baixa erodibilidade (Tabela 5.5). Predominam colorações em tons claros de rosa a laranja.

São comuns as ocorrências de veios de quartzo verticalizados e porções de rochas alteradas em meio ao solo bem desenvolvido.



Figura 5.63. Detalhe de afloramento de materiais residuais de Granitos cataclados.

Tabela 5.5. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Granitos Cataclados.

Esp. (m)	Textura				rdcampo (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
	% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	%Argila							
1-2,5	17	34	39	10	1,39	2,65	47,36	1,9	5,86	2,80	17,65

Unidades de Materiais Residuais de Granitos Porfíricos– (ReGrP)

De ocorrência localizada a porção da alta da bacia, estes materiais estão subdivididos em cinco subunidades menores, que apresentam correlação com o sistema de *landforms* D e E (Tabela 5.6).

Tabela 5.6. Correlação entre subunidade de materiais inconsolidados residuais de granitos porfíricos e unidades de *lanforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Grp1	D6
Grp2	E4
Grp3	E6
Grp4	E7
Grp5	E8

O perfil típico de alteração destes materiais é extremamente heterogêneo. Por vezes exibem em superfície apenas as variações de rocha muito alterada a solo, e por vezes ocorrem com a presença de matações de rocha pouco alterada envoltos em solo bem desenvolvido. Apresenta textura variando entre areno-argilosa com silte a areno siltosa com argila (Tabela 5.7).

A coloração exibida por estes solos reflete a composição da rocha original, porções mais ricas em feldspato-potássico exibem tons rosa-avermelhados, e porções mais ricas em quartzo exibem tons branco-alaranjados (Figura 5.64).

Tabela 5.7. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Granitos Porfíricos.

Subunidades	Esp. (m)	Textura				rdcamp (g/cm³)	rs (g/cm³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReGrP1	0,5-3	18	40	15	27	1,38	2,63	48	0,96	6,85	3,17	23,15
ReGrP2	1-4	11	45	18	26	1,42	2,62	45	0,84	5,37	4,12	27,17
ReGrP3	1-2,5	12	48	28	12	1,19	2,62	54	1,20	10,04	2,85	16,84
ReGrP4	1-2	11	30	23	36	1,40	2,62	46	0,87	173,84	5,75	49,54
ReGrP5	1-4	13	34	19	34	1,36	2,58	47	0,89	88,66	6,49	30,36
Min-Max	1-4	11-18	30-48	15-28	12-36	1,19-1,42	2,58-2,63	45-54	0,84-1,20	5,37-173,84	2,85-6,49	16,84-30,36

As variações laterais de contato são bem heterogêneas. Nas proximidades da zona de falha de Ibitinga é comum a ocorrência de rocha sã, ou pouco alterada, em contato brusco com solo.



Figura 5.64. Perfil de solo e rocha alterada de ReGrp. Variações de cor caracterizando composição da rocha original.

Unidade de Materiais Residuais de Granitos-Gnaisses– (ReGr-Gn)

Com ocorrência localizada na porção de cabeceira da bacia, estes materiais subdividem-se em duas subunidades, que apresentam associação com o sistema de landform E (Tabela 5.8).

Tabela 5.8. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de granitos-gnaisses e unidade *lanforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Gr-Gn1	E4
Gr_Gn2	E6 e E7

O perfil típico de alteração desta unidade caracteriza-se por apresentar solos bem desenvolvidos, espessura variável entre 0.5-3m, de coloração laranja a vermelho escuro, de textura predominantemente arenosa com frações argila e silte (Tabela 5.9). É incomum a ocorrência em superfície de porções de rocha sã. Normalmente observa-se a presença de fragmentos de rocha muito alterada envoltos em meio ao solo (Figura 5.65 A e B). Observa-se, também, com freqüência a presença de solos retrabalhados sotopostos ao solo residual, com contato delimitado por linhas de seixo. Todavia as espessuras reduzidas dos solos retrabalhados não permitem o mapeamento destas unidades.

Tabela 5.9 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Granitos-Gnaisses.

Subunidade	Esp. (m)	Textura				rdcamp (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReGr-Gn1	1-3	10	47	16	27	1,18	2,65	55	1,25	20,90	4,19	33,65
ReGr-Gn2	0,5-2	03	59	28	10	1,38	2,61	47	0,89	4,87	2,54	24,01
Min-Max	1-3	03-10	47-59	16-28	10-27	1,18-1,38	2,65-2,61	47-55	0,89-1,25	4,87-20,9	2,54-4,19	33,65 - 24,01

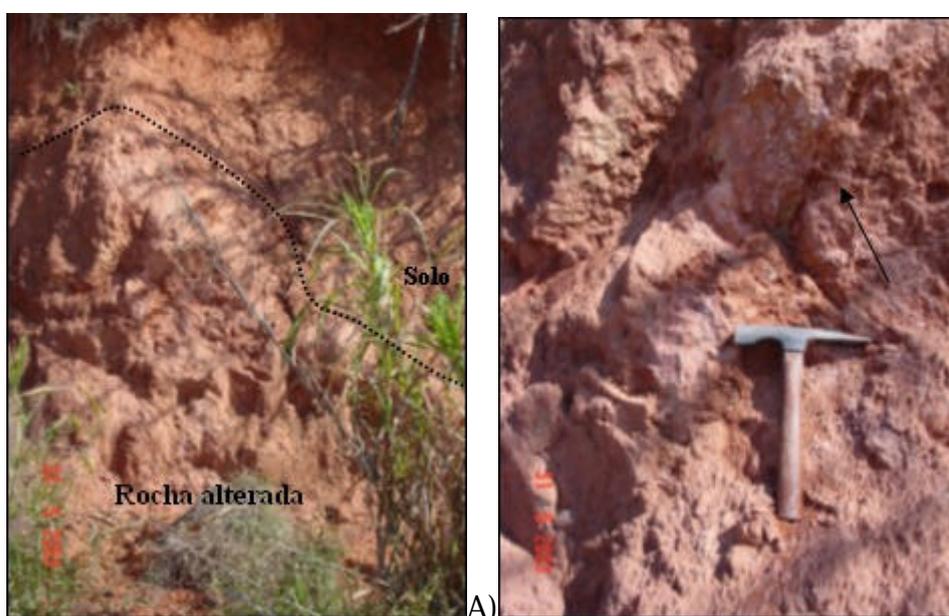


Figura 5.65. A) Perfil de solo e rocha alterada de ReGr-Gn. B) Detalhe rocha alterada diferenças de coloração porção gnaissificada.

Unidade de Materiais Residuais de Quartizitos – (ReQtz)

Presente nas porções da baixa e média bacia, estas matérias subdividem-se em três unidades e associam-se aos sistemas de *landform* A, B e C (Tabela 5.10).

Tabela 5.10. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de quartizitos impuros e unidade *lanforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Qtz1	A2
Qtz2	B8 e C7
Qtz3	C4

Os materiais desta unidade exibem, normalmente, espessuras bastante reduzidas, não superiores a 1,5 metros. Constituídos, predominante, de quartzo com teores elevados de muscovitas e eventualmente porções mais feldspáticas, as texturas destes materiais variam entre areno-siltosa com argila a areno-argilosa com silte (Tabela 5.11).

O perfil de alteração se caracteriza pela gradação entre porções de solo bem desenvolvido, de coloração amarelo a laranja claro, e porções de rochas quartzosa pouco alteradas do substrato (Figura 5.66 A e B). Por vezes são observados contatos bruscos entre porções de solo e rocha sã. Isto é muito comum junto à zona de falha de Ibitinga. Também é comum a ocorrência de veio de quartzo de espessura centimétrica (10-40cm) cortando os pacotes de solo.

Tabela 5.11 – Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Quartzitos Impuros.

Subunidade	Esp. (m)	Textura				rdcamp (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReQtz1	1-1,5	19	37	34	10	1,41	2,65	47,1	0,89	1,65	2,25	21,65
ReQtz2	0,5-1,5	8	48	18	26	1,51	2,63	42	0,74	10,38	3,56	30,21
	0,5-1,5	08-19	37-84	18-34	10-26	1,41-1,51	2,63-2,65	4,71-42	0,74-0,89	1,65-10,38	2,25-3,56	21,65-30,21

Observações de campo mostram que a subunidade ReQtz 3 caracteriza-se por apresentar os menores valores de espessura, dentre as três unidades, em geral inferiores a 0,5 metros. Observações visuais e táteis permitem enquadrar a textura desta subunidade como similar a unidade ReQtz1.

O resultado do ensaio de erodibilidade em amostras de solos da subunidade ReQtz1 permite caracterizar estas como de alta erodibilidade. Em campo observa-se também a ocorrência comum de movimento gravitacional tipo *creeping* (Figura 5.67).

Assim como o substrato rochoso, estes solos apresentam relações de contato abrupto com os solos residuais de Gnaisses intercalados a rochas básicas e solos residuais de Ultramilonitos.

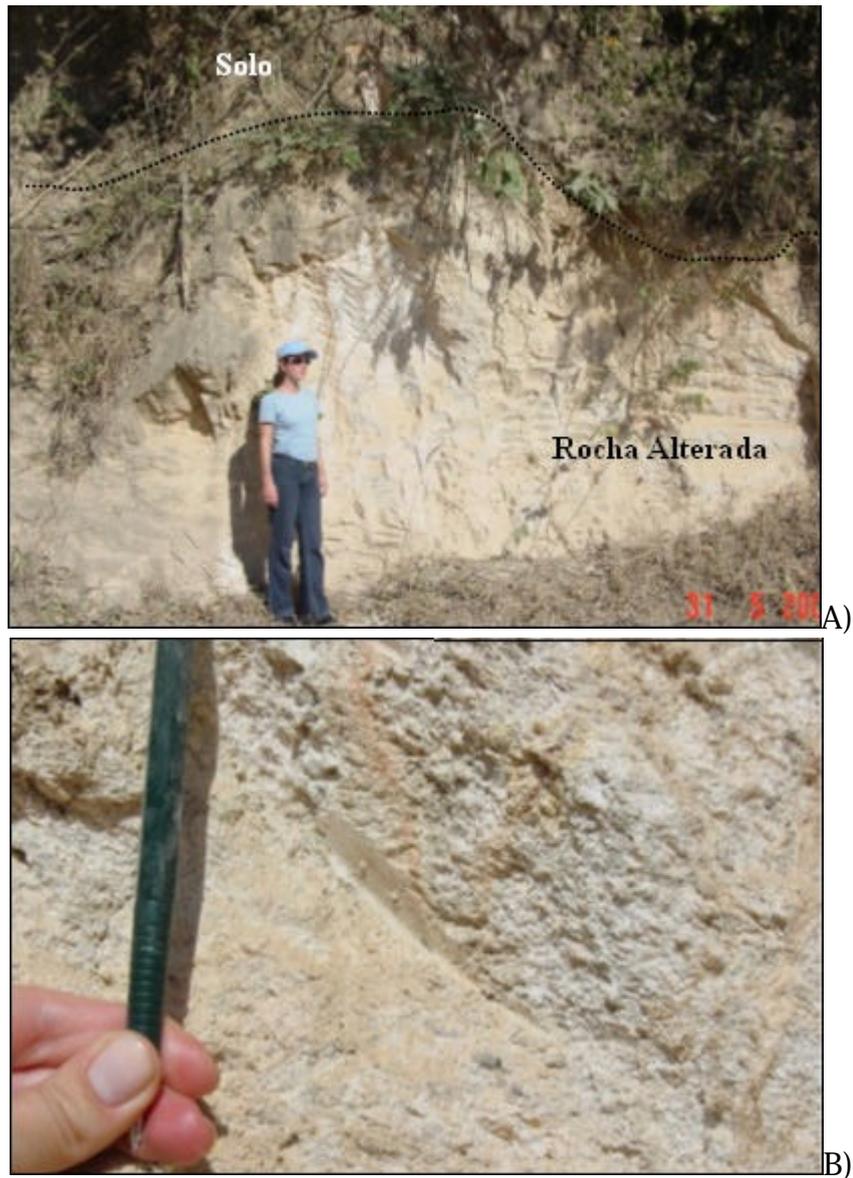


Figura 5.66. A) Perfil de solo ReQtz. Gradação entre rocha alterada e solos bem desenvolvido. B) Detalhe rocha alterada de quartzitos impuros.



Figura 5.67. Movimento de massa gravitacional tipo *creeping* comum em solos da unidade ReQtz1.

Unidade de Materiais Residuais de Gnaisses Intercalados com Quartzitos – (ReGnQ)

Presente nas porções da baixa bacia, estes materiais subdividem-se em cinco subunidades, as quais estão associadas as sistemas de *landforms* A e B (Tabela 5.12)

Tabela 5.12. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de gnaisses intercalados com quartzitos e unidade *landforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Gnq1	A3
Gnq2	A4
Gnq3	B1
Gnq4	B4
Gnq5	A6

Esta unidade de materiais inconsolidados apresenta um perfil com texturas predominante areno-argilosa com silte e espessuras que variam entre 0,5 e 4,0 metros (Tabela 5.13).

A subunidade ReGnQ2 apresenta, segundo observações de campo uma textura semelhante a da subunidade ReGnQ1, diferenciando-se desta por apresentar espessuras não superiores a 2,0 metros.

Estes solos exibem variações laterais extremamente bruscas na gradação do perfil de alteração. É comum a ocorrência, em superfície, de rochas alterada exposta junto aos solos residuais bem desenvolvidos, muitas vezes a diferença de cores apresentadas por estas permite denotar o contato entre as porções de gnaisse e quartzitos (Figura 5.68 A e B).

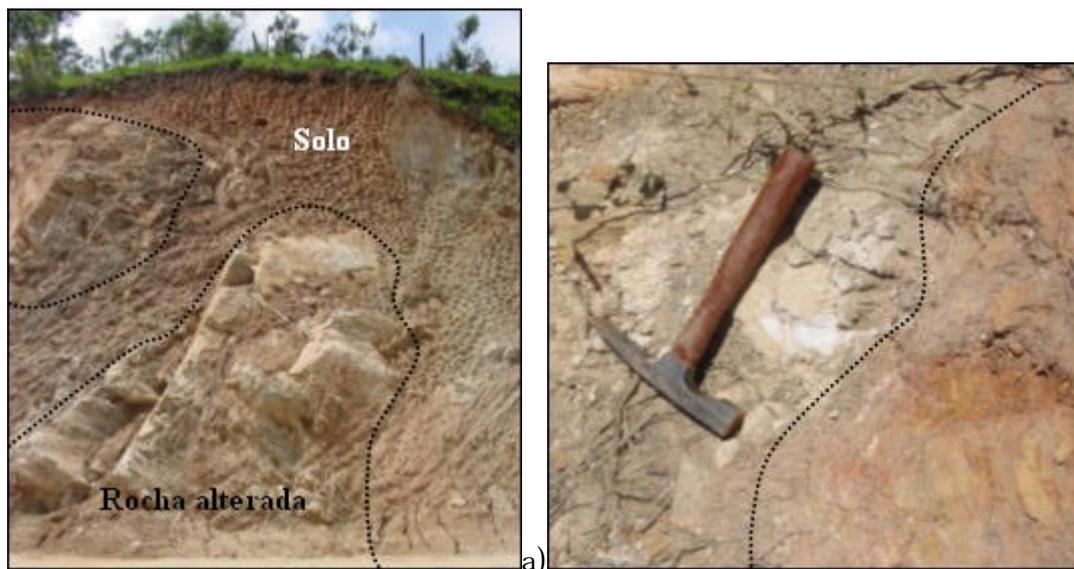
Tabela 5.13. Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostras de Materiais Residuais de Gnaisses intercalados com Quartzitos.

Subunidade	Esp. (m)	Textura				rdcamp (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReGnQ1	0,5-3	14	42	14	30	1,29	2,62	50	1,03	14,42	5,52	43,17
ReGnQ3	1-4	13	47	12	28	1,26	2,61	52	1,07	13,84	4,40	44,01
ReGnQ4	1-2	16	49	10	25	1,30	2,62	50	1,01	14,61	3,55	41,35
ReGnQ5	0,5-1	12	46	10	32	1,40	2,62	46	0,87	17,60	5,05	39,52
Min-Max	0,5-3	12-16	42-49	10-14	25-32	1,26-1,40	2,61-2,62	46-52	0,87-1,07	13,84-17,6	3,55-5,52	39,52-44,01

De forma menos freqüente, é observada a exposição de pacotes constituídos apenas por solo residual bem desenvolvido (Figura 5. 69). Nestes, por vezes é possível

observar a presença de fragmentos de feldspatos e micas disseminadas nas porções de solo.

Em outros pontos a espessura do perfil de solo é muito diminuta, ocorrendo quase que a exposição predominante de porções de rochas sã a alterada (Figura 5.70).



b)
Figura 5.68. A) Exposição de rocha quartzítica e solos residuais de gnaisses intercalados com quartzitos, B) diferença de cores caracterizando porções quartzíticas e gnáissicas.

Em observações de campo, constatou-se ser comum a presença de ravinamentos nos perfis de encostas das subunidades destes solos, em especial quando lhes é retirado o nível superficial.

Unidade de Materiais Residuais de Gnaisses intercalados com Rochas Básicas – (ReGnb)

Presentes nas porções da baixa e média bacia, estes solos apresentam grande ocorrência em área e subdividem-se em 11 subunidades, as quais apresentam associação aos Sistemas de *landforms* A, B, C e D (Tabela 5.14).



Figura 5.69. Exposição de pacote de solos residuais de gnáissicas intercalados com quartzito.



Figura 5.70 Detalhe ocorrência de rocha sã a dterada de gnáissicas intercalada com quartzito, sem presença de solos desenvolvidos.

Tabela 5.14. Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de Gnaisses intercalados a rochas básicas e unidade *lanforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Gnb1	A5
Gnb2	A7/A5
Gnb3	B4
Gnb4	B5
Gnb5	C2
Gnb6	B3
Gnb7	C1
Gnb8	C4
Gnb9	B7
Gnb10	D1
Gnb11	D2

Os materiais desta unidade caracterizam-se por texturas desde argilo-areno-siltosa a areno-siltosa com argila, e espessuras variável entre 0.5 e 6 metros (Tabela 5.15). Nas proximidades do município de Serra Negra os solos desta unidade exibem, espessuras não superiores a 2 m. Apresentam cores que variam de laranja a vermelho, com predomínio de tons escuros.

Os solos das subunidades ReGnb3, ReGnb4, ReGnb6 e ReGnb7, segundo análise visual tátil e observações de campo, caracterizam-se por apresentarem uma textura siltosa, assemelhando-se ao solo ReGnb5 que apresenta textura silto-arenosa. A diferença entre estes solos é determinada pelas variações de valores de espessura, que nos ReGnb5 chega a alcançar mais de 4 metros, e nas outras unidades variam entre 1 e 3 metros.

Normalmente, o perfil de alteração desta unidade não expõe a rocha sã, sendo comum, ora a ocorrência apenas de solos bem desenvolvido em superfície (Figura 5.71), ora a ocorrência da rocha original em estágio de elevada alteração envolto por massa de solo (Figura 5.72).

Tabela 5.15 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Gnaisses intercalados Rochas Básicas.

Subunidade	Esp. (m)	Textura				rdcamp (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReGnB1	0,5-5	7	20	19	54	1,29	2,66	51	1,06	38,12	5,42	36,42
ReGnB2	0,5-5	5	23	11	61	1,34	2,63	49	0,96	34,87	6,95	42,52
ReGnB5	1-6	17	24	48	11	1,28	2,62	51	1,04	1,78	5,84	45,71
ReGnB8	1-6	8	52	31	09	1,29	2,63	51	1,04	0,74	3,15	24,65
ReGnB9	>4	06	12	26	56	1,13	2,61	56	1,31	34,64	4,28	33,52
ReGnB10	>4	15	49	28	8	1,09	2,63	53	1,14	0,67	5,84	45,71
ReGnB11	>4	08	10	19	63	1,23	2,63	58	1,21	5,86	6,95	40,65
Min-Med	0,5-6	05-15	10-52	11-48	08-63	1,09-1,34	2,61-2,6	49-58	0,96-1,41	0,67-38,12	3,15-6,95	24,65-45,71

Nos pontos onde é constatada a ocorrência de solo e rocha alterada, é comum observar exposição de eventuais pseudomorfos de feldspato e elevada concentração de biotitas. As variações de cores apresentadas pelas rochas alteradas permitem identificar a alternância de bandas características da rocha original. Bandas ricas em quartzo e feldspato exibem cores rosas e branco, bandas ricas em biotita caracterizam-se por apresentar cores laranja e vermelho escuro (Figura 5.73 A e B).

Veios de quartzo com espessura normalmente entre 10 e 15 cm, dispostos paralelamente a superfície do terreno, são freqüentemente observados nestes solos (Figura 5.74).



Figura 5. 71. Afloramento de solos residuais de Gnaisses intercalados com rochas básicas.



Figura 5. 72. Afloramento rocha alterada de gnaisses intercalados com rochas básicas em envolta em massa de solo.

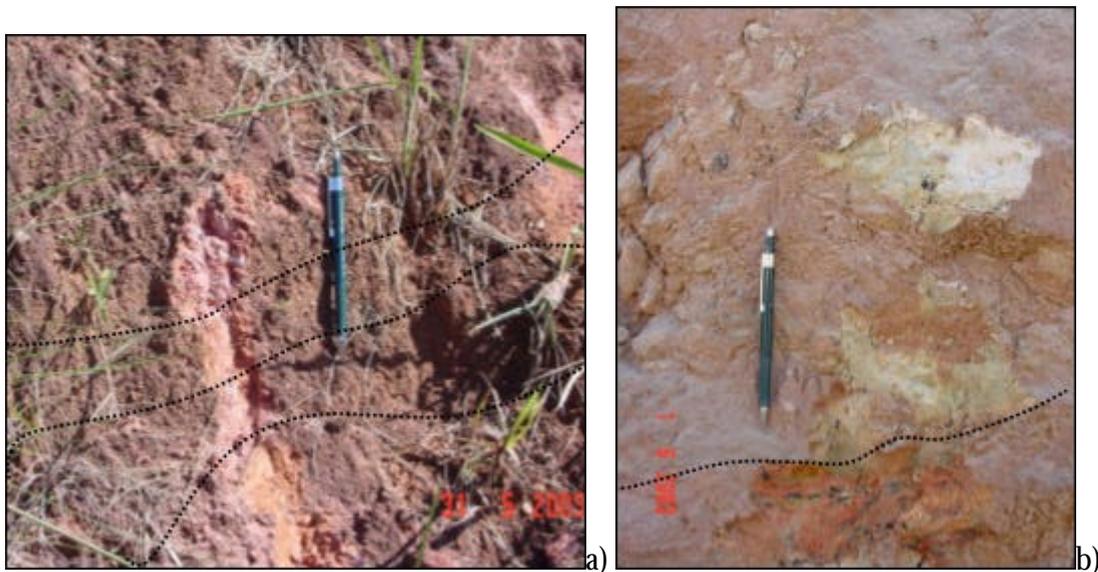


Figura 5. 73 A e B. Exemplos da ocorrência de variações de cores em gnaisses intercalados com rochas básicas alterados, delimitando alternância de bandas mais ricas em quartzo e feldspato, e ricas em biotitas.

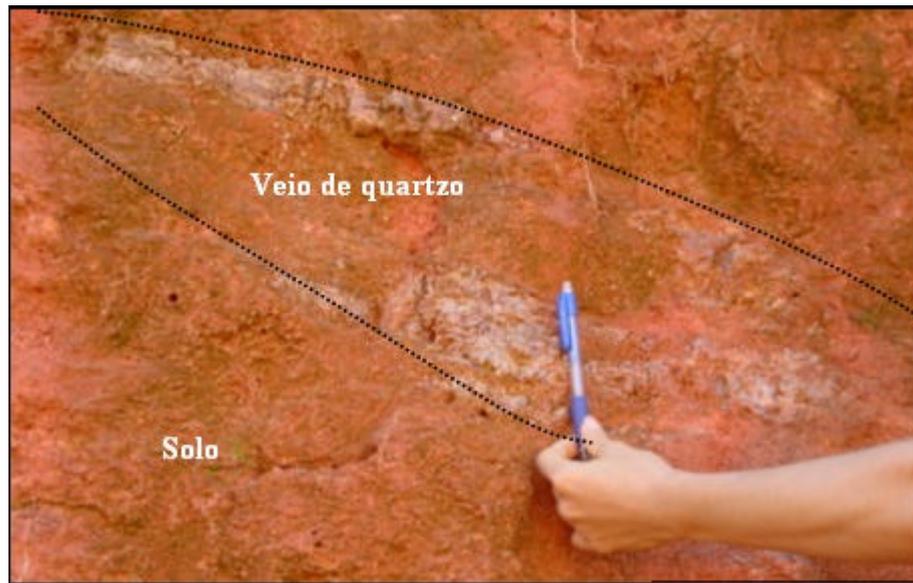


Figura 5.74 Veio de quartzito disposto em meio a massa de solo de gnaisses intercalados com rochas básicas.

Unidade de Materiais Residuais de Migmatitos – (ReMig)

Presentes nas porções entre média e baixa bacia e na área da cabeceira da bacia, apresentam correlação com os Sistemas de *landforms* B, C e E (Tabela 5.16). os solos desta unidade subdividem-se em nove subunidades.

Tabela 5.16 Correlação entre unidade residuais de materiais inconsolidados de migmatitos e unidade *landforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Mig1	B4/B5
Mig2	B6
Mig3	E3
Mig4	E2
Mig5	C5
Mig6	C3
Mig7	C4
Mig8	E4
Mig9	E5

Os materiais desta unidade caracterizam-se por apresentarem texturas que variam entre arenosas a argilosas com espessuras variadas, normalmente entre 3 e 6 metros (Tabela 5.17).

Tabela 5.17 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Migmatitos.

Subunidade	Esp. (m)	Textura				rdcam (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReMig2	0,5-6	8	17	27	48	1,40	2,61	46	0,86	93,77	8,56	31,25
ReMig3	1-8	8	20	52	20	1,39	2,63	47	0,89	87,98	7,86	23,45
ReMig4	1-10	6	21	54	19	1,38	2,63	47	0,90	70,42	7,79	32,94
ReMig5	1-3	8	29	7	56	1,52	2,58	41	0,69	13,49	9,43	45,13
ReMig6	1-2	4	16	28	52	1,18	2,65	55	1,24	424,77	8,43	38,32
ReMig7	0,5-3	8	15	23	54	1,17	2,63	55	1,24	367,73	9,89	47,21
ReMig8	1,5-3	10	13	19	58	1,28	2,61	50	1,03	65,09	9,35	40,57
ReMig9	1,5-3	16	44	28	12	1,52	2,62	42	0,72	4,98	5,19	21,17
Max-Min	0,5-10	04-16	16-44	07-52	12-58	1,28-1,52	2,58-2,63	41-55	0,69-1,24	4,98-93,77	5,19-9,89	21,17-47,21

Os solos da subunidade ReMig1, mediante observações de campo, são caracterizados por apresentar textura siltosos, semelhante aos solos das subunidades ReMig3 e ReMig4, e espessuras que podem chegar a 8 metros.

Os perfis de alteração destas unidades são, em geral, muito espessos e exibem tonalidades predominantemente rosas e laranjas médios e vermelhos escuros (Figura 5.75 A e B). Apresentam intercalações de níveis e bolsões com elevada concentração de biotita e elevadas concentrações em k-feldspato, o que confere a alguns perfis de solos diferenças de tonalidade, que delimitam bem estes bolsões (Figura 5.76). A ocorrência de blocos inalterados em meio ao solo se dá de forma eventual. Frequentes são as ocorrências de veios de quartzo de orientações variadas em meio ao solo superficial.

Em alguns locais onde a foliação da rocha original apresenta-se verticalizada, e a cobertura original de vegetação foi retirada é comum a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, *creeping* (Figura 5.77).



Figura 5. 75 A) Afloramento de solos de migmatitos bem desenvolvidos. B). Detalhe da predominância de tons laranjas.



Figura 5.76 Diferença de coloração observada em afloramentos de solos de migmatito resultante das diferenças de concentração mineralógica da rocha.

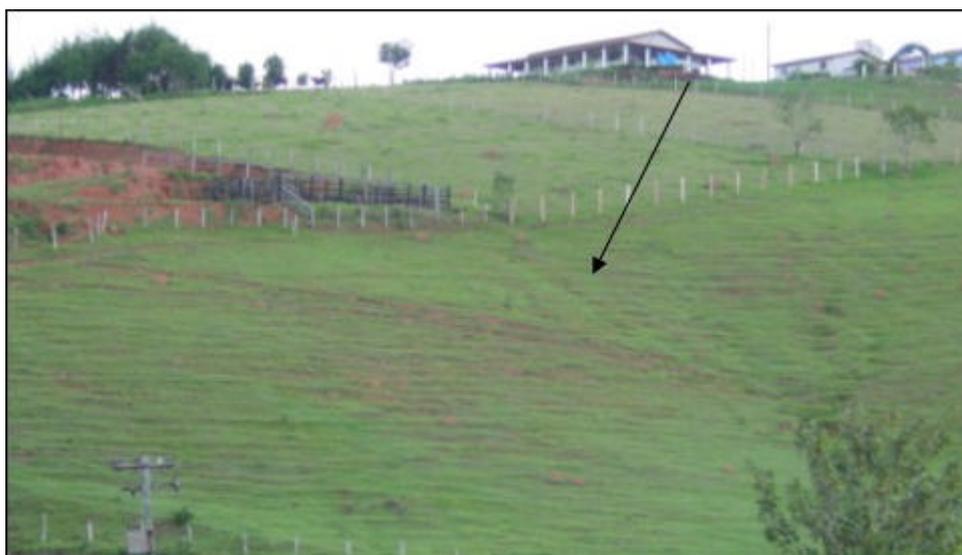


Figura 5. 77 Movimentos de massa gravitacional tipo *creeping* comum em solos de migmatito que apresentam foliação verticalizada e vegetação original removida.

Unidade de Materiais Residuais de Ultramilonitos - (ReUtm)

Localizados na porção da média bacia, junto as zonas de falha de Monte Sião e Ibitinga, os solos desta unidade apresentam correlação com os Sistemas de *landforms* C e D (Tabela 5.18), e subdividem-se em seis subunidades.

Tabela 5.18 Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de ultramilonitos e unidade *lanforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Utm1	D1
Utm2	D3
Utm3	D3
Utm4	D7
Utm5	D8
Utm6	C4

Apresentam perfis de solo caracterizados por grande heterogeneidade, com variações laterais bruscas, denotada pela coexistência lado a lado de níveis inalterados de rochas diversas milonitizadas, sem capeamento de solo, com níveis completamente alterados e solos bem desenvolvidos (Figura 5.78 A, B e C). Esta heterogeneidade é bem caracterizada em campo pela grande variabilidade de cores de alteração presentes em um único afloramento. Os solos desta unidade apresentam textura que variam entre silto-

areno-argilosa e areno-siltosa com argila e espessuras que chegam até a 8 metros (Tabela 5.19).

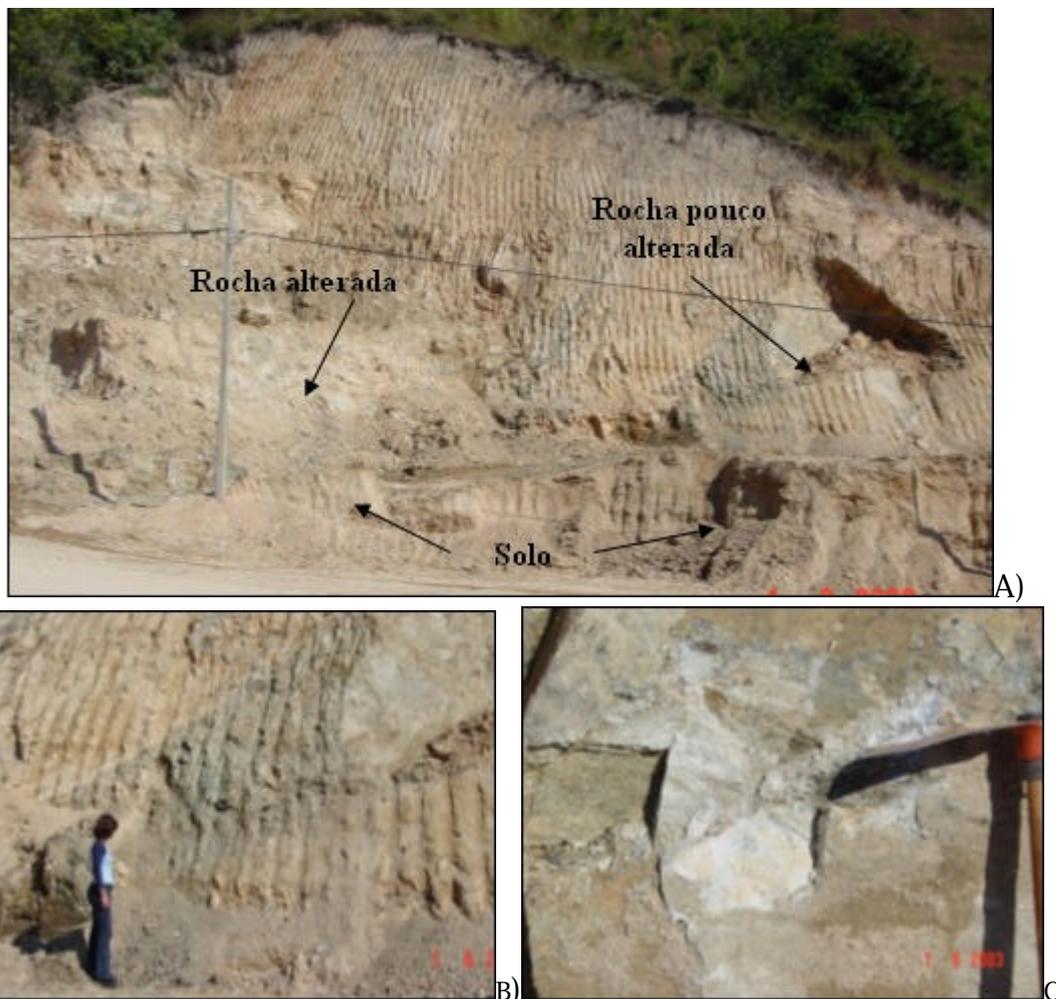


Figura 5.78 A) Afloramento de solos de ultramilonitos caracterizado pela ocorrência de intercalações de pacotes de solo e rochas pouco a muito alteradas B e C) Detalhe de porções pouco alteradas envoltas na massa de solo.

Tabela 5.19 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Ultramilonitos.

Subuinda- de	Esp. (m)	Textura				rdcamp (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod · 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReUtm3	1-6	15	17	52	16	1,53	2,63	48	0,77	0,56	8,40	60,31
ReUtm4	1-8	18	46	28	8	1,48	2,65	44	0,79	0,43	8,36	68,25
ReUtm5	1-8	14	20	48	18	1,52	2,65	45	0,74	0,99	7,86	53,45
ReUtm6	1-4	25	16	50	9	1,39	2,63	47	0,89	0,94	8,29	58,42
Min-Max	1-8	14-25	16-46	28-52	08-18	1,39-1,53	2,63-2,65	45-48	0,74- 0,89	0,43- 0,99	7,86- 8,4	53,45 - 68,25

As subunidades ReUtm1 e ReUtm2, caracterizam-se por apresentar, segundo observações feitas em campo espessuras de solo que variam entre 1 - 3 e 1 - 2 metros, respectivamente. Ambas apresentam texturas silto-arenosas como as subunidades ReUtm5 e ReUtm6.

Os solos desta unidade apresentam alta erodibilidade.

Unidade de Materiais Residuais de Blastomilonitos - (ReBtm)

Localizadas entre a porção da média e alta bacia, estes solos subdividem-se em cinco subunidades, e correlacionam-se aos Sistemas de *landforms* E e D (Tabela 5.20).

De uma maneira geral, os perfis de solo desta unidade apresentam as mesmas características dos solos ReUtm. Grande heterogeneidade denotada pela variabilidade de intercalações de porções de solo com rochas alteradas (Figura 5.79 A e B). A diferença os solos das duas unidades é relação de espessuras dos perfis, as quais chegam a seis metros, e um menor grau de deformação das porções de rochas presentes e colorações predominantemente mais claras.

Tabela 5.20 Correlação entre unidade de materiais inconsolidados residuais de Blastomilonitos e unidade *lanforms*.

Subunidade Materiais Inconsolidados	Unidade Landform
Btm1	E2
Btm2	D3E1/D5
Btm3	D3D4
Btm4	D7D10
Btm5	D8D9

Caracterizam-se por apresentarem texturas que variam entre silto-arenosas com argila e areno-siltosas com argila e por espessuras entre 0,5 e 4 metros. Assim como os solos ReUtm, também apresentam alta erodibilidade (Tabela 5.21).

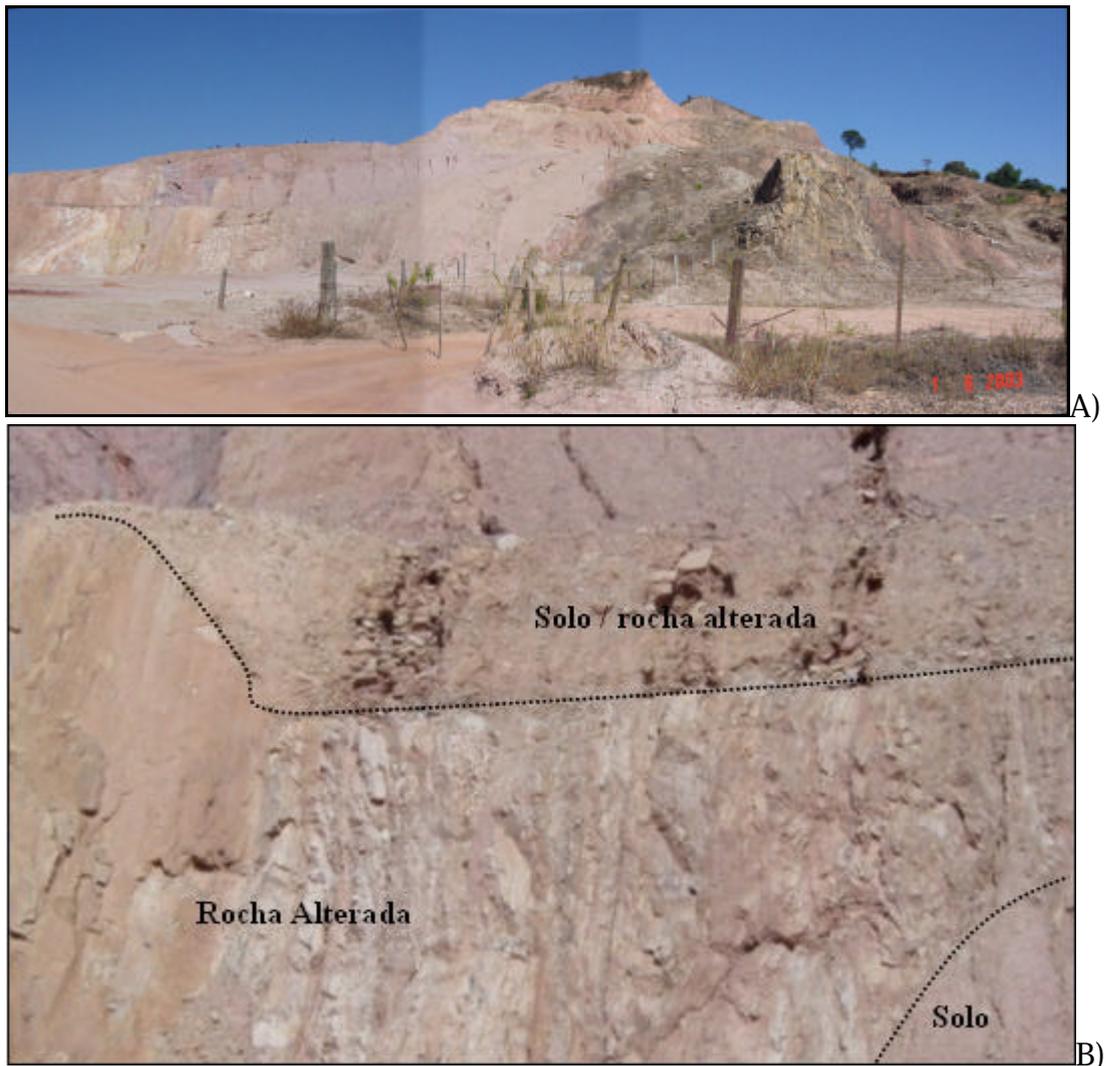


Figura 5.79 A) Afloramento de solos de Blastomilonitos B).Detalhe da ocorrência de rocha alterada ladeada por solo residual.

Tabela 5.21 Dados dos ensaios de caracterização realizados em amostra de Materiais Residuais de Blastomilonitos.

Subunidade	Esp. (m)	Textura				rdcamp (g/cm ³)	rs (g/cm ³)	n (%)	e _o	Erod. 40	CTC	SE
		% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReBtm1	0,5-1,50	8	42	37	13	1,56	2,62	55	0,74	0,83	2,31	17,24
ReBtm2	1-3,5	10	28	45	17	1,52	2,63	43	0,73	0,91	3,42	21,36
ReBtm4	1-4	10	23	52	15	1,41	2,63	46	0,86	0,94	4,43	35,28
Min-Max	1-4	08-10	23-42	45-52	13-17	1,41-1,56	2,62-2,63	43-55	0,73-0,86	0,83-0,94	2,31-4,43	17,24-35,28

As subunidades ReBtm3 e ReBtm5, segundo observações em campo, caracterizam-se por apresentarem espessuras que variam entre 1,0-2,0 e 0,5-2,0 metros, respectivamente. As texturas dos solos destas unidades assemelham-se as texturas siltosas com pouca areia das subunidades ReBtm2 e ReBtm4.

5.5. MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO TERRENO (ANEXO V)

O mapa de uso e ocupação pode ser caracterizado como um documento cartográfico que retrata a disposição espacial das atividades existentes no meio físico, para um intervalo de tempo definido (Amorim, 2003; Collares, 2001).

A obtenção deste documento dá-se por meio da interpretação de dados orbitais de sensores remotos, imagens de satélite e fotografias aéreas, e por trabalhos de campo. Para a obtenção das características de uso e ocupação do meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe utilizou-se como fonte de informações Imagem de Satélite Landsat ETM7, a qual foi processada no software ENVI® 3.6. (*Environmental Visualization Image*).

5.5.1 – Procedimentos Empregados

Para interpretação e obtenção deste documento foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, processamento digital de imagem de satélite, as quais compreenderam manipulação numérica dos dados extraídos da imagem, e processamento dos mesmos em três etapas básicas: 1) Pré-processamento; 2) Processamento e 3) Pós-processamento.

As etapas envolvidas na obtenção do Mapa de Uso e Ocupação da bacia são apresentadas na Figura 5.80, e descritas a seguir.

5.5.1.1 Atividades de Pré-processamento

Envolve procedimentos que visam assegurar que os dados a serem classificados apresentem uma boa qualidade e representatividade do quadro real vigente no meio, para uma referida data.

Foram executados cinco procedimentos: 1) Aquisição da imagem e seleção de bandas; 2) Delimitação da área em enfoque; 3) Correção geométrica da Imagem; 4) Aplicação de contraste e 5) Delimitação de áreas amostrais de treinamento.

Foi utilizada como fonte de dados a Imagem de Satélite Landsat ETM7, datada de 25/05/2003, com a composição colorida das bandas 4, 5 e 3, adequada a obtenção de informações de diferenciação do uso da terra (Guia ENVI 2003).

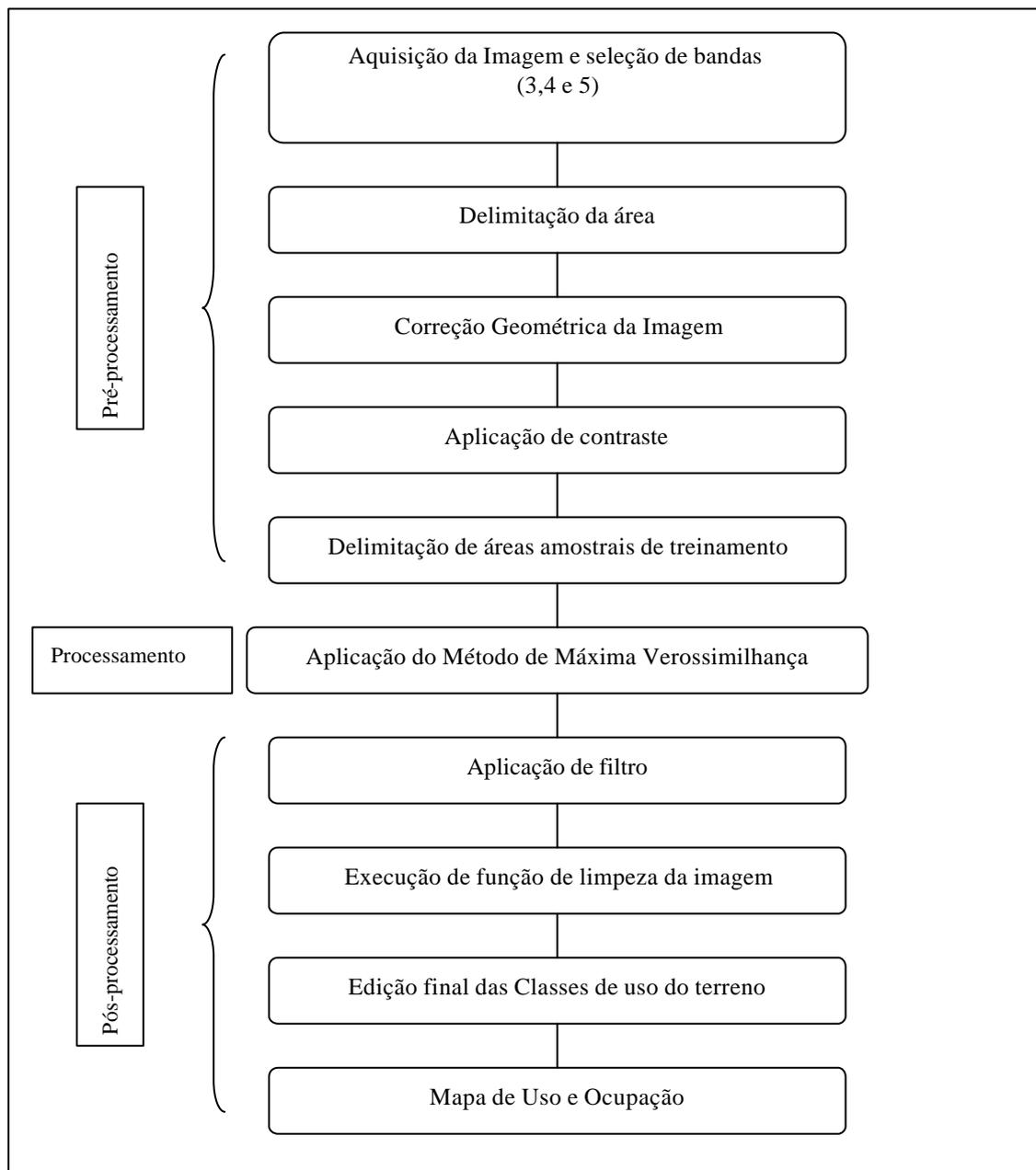


Figura 5.80 – Etapas executadas na obtenção do Mapa de Uso e Ocupação

O processo de correção geométrica consistiu em georreferenciar a imagem em coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) Córrego Alegre, com base nos mapas topográficos que recobrem a área de pesquisa. Para execução do georreferenciamento foram escolhidos pontos de controle (GCPS – *ground control points selection*) na imagem e atribuídos aos mesmos os valores de coordenadas UTM das cartas topográficas.

As amostras de treinamento correspondem a exemplos de atividades de uso e ocupação do terreno, que representam o comportamento médio de cada uma das classes a serem identificadas e mapeadas. Essas são utilizadas pelo sistema para realizar o enquadramento de todos os *pixels* correspondentes a imagem dentre as classes de atividades identificadas (Guia ENVI, 2003).

A delimitação das amostras de treinamento foi realizada por meio de atividades de campo nas quais procedeu-se a identificação e determinação de áreas a serem utilizadas como exemplos amostrais. A delimitação destas foi executada com auxílio de fotografias aéreas na escala 1:60.000, mapas topográficos na escala 1:50.000 e um GPS com precisão de 30m. Foram investigadas e demarcadas amostras de treinamento correspondentes aos diferentes tipos de uso e ocupação existentes

Como classes temas das atividades de uso e ocupação vigentes na bacia, foram definidas: 1) Mata Nativa, vegetação de cerrado, 2) Mata Ciliar, presentes ao longo das faixas marginais dos cursos de drenagem; 3) Áreas de pastagem; 4) Áreas de cultivo de café; 5) Áreas de cultivo de cana-de-açúcar; 6) Áreas destinadas a cultivos diversificados (aqui denominada de outras culturas); 7) Áreas de solo exposto, 8) Áreas urbanas, 9) Áreas de reflorestamento; 10) Área de várzea e 11) Corpos d'água (Tabela 5.22). As Figuras 5.81 a 5.89 apresentam exemplos de algumas das classes temáticas identificadas em campo e, a Figura 5.90 (A a J) ilustra exemplos destas classes correspondentes na composição colorida da imagem..

Tabela 5.22 Tipos de uso e ocupação levantados na Bacia do Rio do Peixe para serem utilizados como amostras de treinamento na classificação supervisionada.

Tipo de uso e ocupação	Descrição
Área urbana	Cidade e municípios da bacia
Cana de açúcar	Área destinada ao cultivo de cana-de-açúcar
Café	Área destinada ao cultivo de café
Outras culturas	Áreas destinadas ao cultivo de laranja, batata, milho, tomate, etc.
Mata Nativa	Áreas de mata de cerrado preservadas
Mata Ciliar	Áreas de vegetação nativa ao longo das margens dos rios.
Reflorestamento	Área com ocorrência de Eucaliptos
Pastagem / capoeira	Área de pastagem e capoeira
Área de várzea	Área de várzea do Rio do Peixe
Corpos d'água	Lagos ou represas
Solo exposto	Área com solo descoberto para área de empréstimo, disposição de lixo, ou apenas sem cobertura vegetal.

Na classe temática mata nativa, foram englobadas as ocorrências de mata nativa muito fechada a mata nativa pouco densa, esparsas.



Figura 5.81 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática área urbana.



Figura 5.82 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática cana-de-açúcar estágio de crescimento.



Figura 5.83 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática café.



Figura 5.84 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática outras culturas (exemplo milho).



A)



B)

Figura 5.85 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática mata. A) Mata nativa fechada e B) Mata nativa esparsa

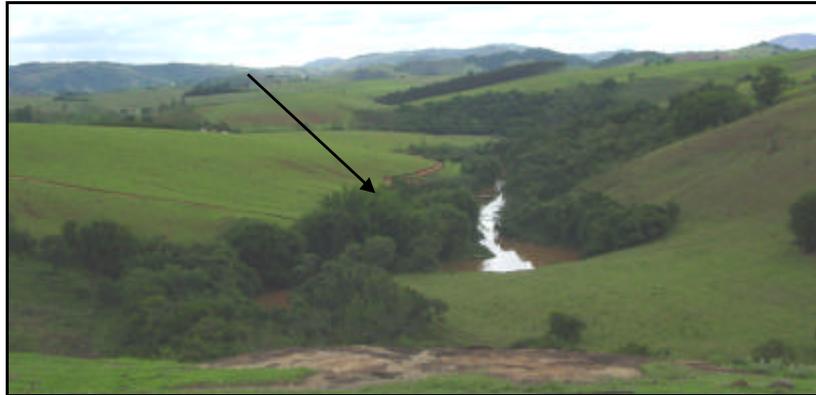


Figura 5.86– Exemplo de ocorrência em campo da classe temática mata ciliar.



Figura 5.87 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática pastagem.



Figura 5.88 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática solo exposto.



Figura 5.89 – Exemplo de ocorrência em campo da classe temática reflorestamento.

5.5.1.2 Atividades de Processamento

Envolvem técnicas de processamento matemático com objetivo de atribuir a cada unidade da imagem, *pixels*, um valor que o caracterize como pertencente a uma determinada classe, dentro de um universo de classes.

O processo matemático de classificação utilizado para cena da área da bacia consistiu da técnica de classificação supervisionada. De acordo com Guia ENVI (2003), esta é a mais comumente utilizada para extração de informações temáticas referentes ao uso e ocupação do solo. Nesta os *pixels* da imagem não pertencentes às amostras de treinamento são classificados como pertencentes a uma das classes pré-estabelecidas, o que é efetuado por meio da aplicação de métodos matemáticos estatísticos (Guia ENVI, 2003).

O método estatístico escolhido para ser utilizado foi o Método da Máxima Verossimilhança, o qual tem como suporte matemático a estatística paramétrica multivariada, onde as classes são definidas, com base nas amostras de treinamento, pelos vetores das médias e matrizes de covariância. No processo de classificação, cada *pixel* passa a ser definido por um vetor X, que expressa a sua probabilidade de pertencer a cada uma das classes. O *pixel* é então classificado como pertencente a classe com a maior probabilidade (Guia ENVI, 2003). De acordo com Crosta (1993), este método é recomendado quando se conhece bem a região a ser classificada, permitindo a definição de amostras de treinamento bem representativas.

5.5.1.3 Atividades de Pós-processamento

De acordo com Jensen (1986), esta atividade envolve procedimentos que visam o refinamento do produto obtido, de forma a segurar a obtenção de um documento cartográfico sem ruídos, como a classificação inadequada de *pixels*.

O refinamento da cena classificada foi feito por meio de três procedimentos: 1) Aplicação de Filtro; 2) Execução de funções de limpeza da imagem (Funções *Clump classes* e *Sieve classes*); e 3) Edição final das classes delimitadas pelo processo de classificação.

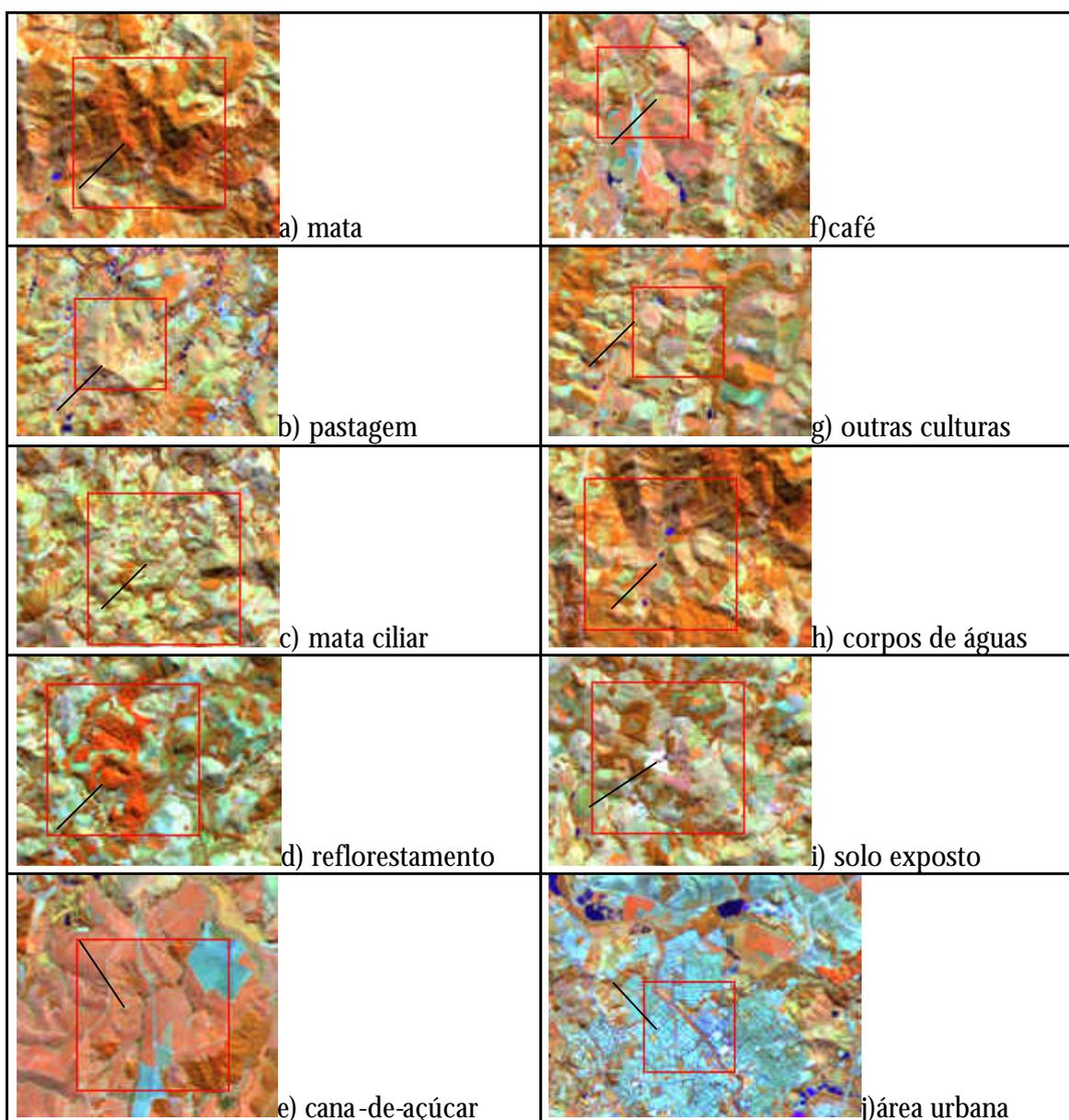


Figura 5.90 – Exemplos de amostras de treinamento identificadas na composição RGB, bandas 4-5-3 (observar áreas demarcadas com o quadrado vermelho).

5.5.2 – Classes de Uso e Ocupação do Terreno

Para Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe foram obtidas 11 classes de uso e ocupação do terreno, como resultado do processo de classificação supervisionada (Tabela 5.23, AnexoV).

No processo executado foram classificados 1.624,38 Km², os quais corresponde a 93% da área total da bacia.

Tabela 5.23 - Dados referentes à extensão das classes de uso e ocupação na Bacia do Rio do Peixe.

Classes Temáticas de Uso e Ocupação	Área (km²)	Área (% do total)
Pastagem / capoeira	960,28	53,34
Mata Nativa	349,65	20,88
Café	100,87	6,02
Outras culturas	76,53	4,57
Cana-de-açúcar	52,74	3,15
Mata Ciliar	30,62	1,83
Área urbana	29,43	1,76
Solo exposto	7,47	0,45
Corpos de água	6,61	0,39
Várzea do Rio do Peixe	5,49	0,33
Reflorestamento	4,70	0,28
Área total classificada	1624,38	93

Das classes de uso do terreno caracterizadas por atividades antrópicas, pode-se constatar que a atividade de pastagem apresenta o maior percentual de ocorrência em área (53,34%). As atividades de desenvolvimento agrícola, café, cana-de-açúcar e outras culturas, apresentam percentual de ocorrência em área de 13,74%. As classes relativas as áreas que conservam suas condições naturais do meio, mata nativa e mata ciliar perfazem 22,71% da área da bacia. A classe de ocupação urbana corresponde a um percentual muito pequeno, 1,76%.

Os resultados obtidos permitem classificar a bacia como uma região com predomínio de atividades de desenvolvimento rural.

6. DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS *FUZZY* - CARTAS DERIVADOS

Elaborar um mapa em formato *fuzzy* implica transformar um documento cartográfico de formato temático para o formato numérico (Moreira *et al*, 2001).

Documentos em formato temático têm por característica conter regiões geográficas definidas por um ou mais polígonos, os quais delimitam a ocorrência espacial de um tema, por exemplo, o uso do solo e a aptidão agrícola de uma região (Manual SPRING). Estes dados, obtidos a partir de levantamento de campo, são inseridos em ambientes computacionais por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens.

Nos sistemas de informações geográficas (SIG) tais polígonos recebem a denominação de **classes** ou **geoclasses**, que correspondem à especialização de um tema, por exemplo, diferentes tipos de solo. Essas são entendidas e modeladas como representativas de uma distribuição homogênea de propriedades em termos da ocorrência espacial do tema, e exibem contatos rígidos bem definidos.

Documentos numéricos retratam características ou fenômenos que possuem uma variação contínua de seus valores em função de sua posição na superfície. Esta variação é representada por meio de uma superfície contínua, grade numérica, na qual cada ponto apresenta um valor que corresponde a um grau de aceitação de possibilidade de existência da característica ou fenômeno no ponto em questão, com relação a todo o espaço amostral analisado.

Documentos numéricos correspondem, dentro do ambiente dos SIG, a modelos numéricos de terreno (**MNT**), ou **modelos digitais de terreno** (MDT). Consiste em uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada

característica vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado (Manual SPRING). São convencionados os valores entre “0” e “1” para denotar a variação do fenômeno ao longo da superfície.

Os documentos cartográficos *fuzzy* elaborados correspondem as cartas derivadas interpretativas. Para obtenção destes documentos fez-se necessário, primeiro, criar uma base de dados básicos fundamentais *fuzzy*. A base de dados é constituída de informações fundamentais a caracterização das potencialidades e restrições do meio físico da região, as quais são retratadas pelos documentos cartográficos derivados interpretativos.

Para obtenção destes documentos foi utilizado o SIG SPRING 4.0 como suporte computacional.

6.1 SUPORTE COMPUTACIONAL - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA SPRING

O SPRING constitui um sistema desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE), para ambientes UNIX e Windows (Manual SPRING). Funciona como um banco de dados geográfico de 2º geração, concebido para uso em conjunto com ambiente cliente-servidor, o qual funciona acoplado a gerenciadores de bancos de dados relacionais.

De acordo com (Câmara & Medeiros, 1998) caracteriza-se basicamente por:

- Operar como um banco de dados geográfico sem fronteiras que suporta grande volume de dados, sem limitações de escala, projeção e fuso, e manter a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo o banco;
- Administrar tanto dados vetoriais como dados matriciais (*raster*), e realizar a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG;
- Prover um ambiente de trabalho amigável e poderoso, por meio da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário, Linguagem Espaço-Geográfica Baseada em Álgebra - LEGAL;
- Conseguir escalonabilidade completa, isto é, operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde micro-computadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

Para execução de armazenamento, recuperação e modelagem de informações, os dados devem ser estruturados no sistema na forma de um **projeto**, o qual delimita a área física de trabalho definida pelas coordenadas da região em estudo. As informações referentes ao projeto são armazenadas no **banco de dados do sistema**, localizado em um diretório, disco rígido (Figura 6.1 A e B).

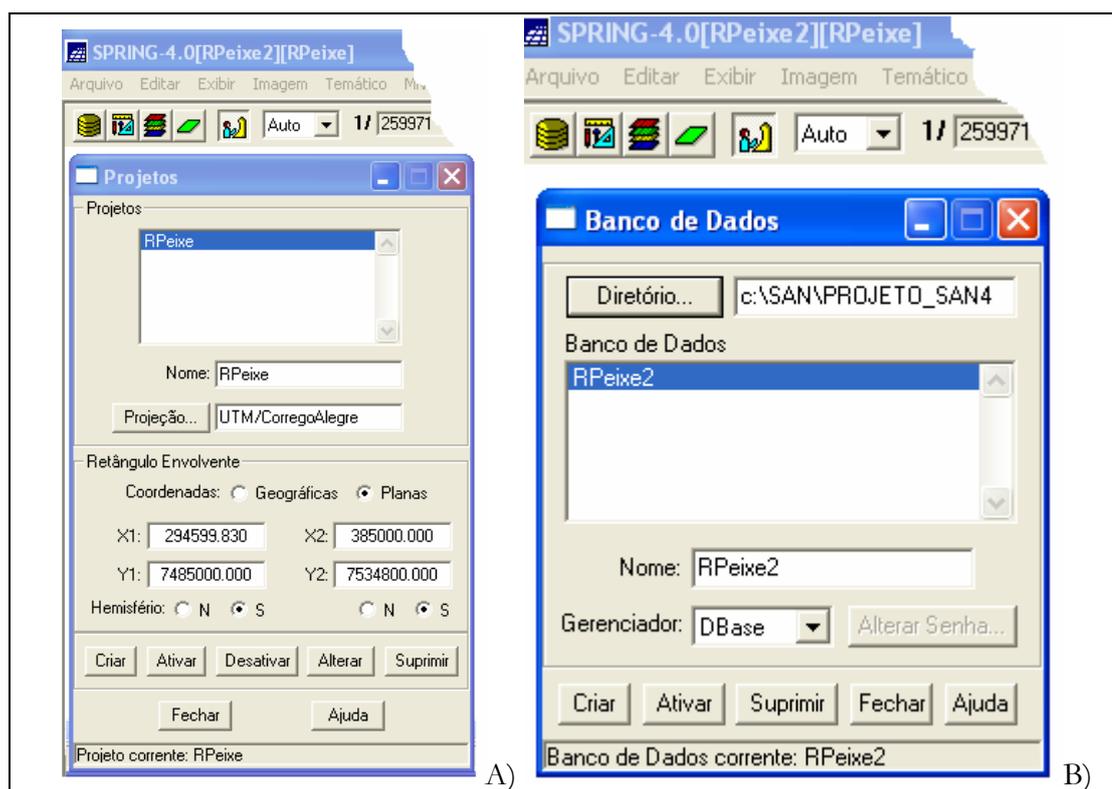


Figura 6.1 A) Projeto criado para informações do meio físico da bacia. B) Banco de Dados associado ao Projeto.

Dentro do projeto as informações são armazenadas segundo “diretórios” denominados de **Categorias** e “sub-diretórios” denominados de **Planos de Informação (PI)**. As categorias definem o modelo ao qual determinada informação será vinculada, tipo temático, numérico, cadastral, rede, objeto ou não-espacial. Os planos de informação reúnem objetos que tem características básicas em comuns a uma categoria (Manual SPRING). Na edição dos planos de informação são definidos a escala de trabalho, a resolução espacial e o tipo de representação da informação, se matriz, vetor ou texto (Figura 6.2 A e B).

As informações referentes ao meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe foram organizadas em modelos temáticos e numéricos.

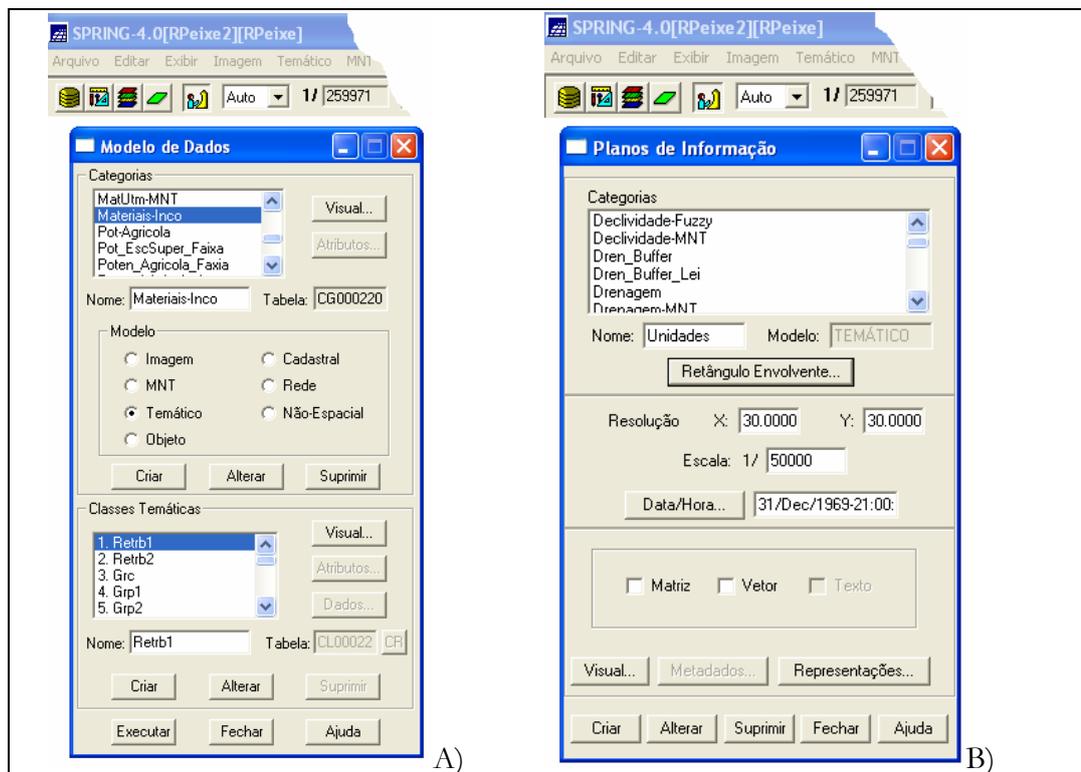


Figura 6.2 Exemplo de criação de modelo temático associado a informações do meio físico da bacia. B) Atribuição de escala e resolução as informações contidas no PI da categoria criada.

6.1.1 Linguagem de Programação LEGAL

Normalmente os sistemas de informação geográfica não apresentam aplicativos específicos para executar operações *fuzzy* em mapas. Quando apresentam, estes constituem módulos com regras predefinidas, rígidas, quanto à forma de análise dos dados. Isto não permite que o usuário tenha grande liberdade em alterar as condições de modelagem das informações que deseja analisar.

Em alguns casos, a utilização de rotinas de programação permite estabelecer, por meio da interface usuário/sistema, a liberdade de modificar as condições de modelagem da informação.

A linguagem de programação LEGAL possibilita estabelecer uma interface com o sistema SPRING, para que o mesmo realize diferentes operações sobre dados representados em um projeto de um banco de dados SPRING (Manual SPRING), dentre as quais a modelagem em mapas segundo a técnica da lógica *fuzzy*.

A linguagem LEGAL foi desenvolvida com base no modelo de dados do sistema SPRING e tem por característica ser de fácil utilização (Manual SPRING).

Permite a execução de análises e simulações de fenômenos do mundo real sobre atributos espaciais e não-espaciais. As análises e simulações são realizadas por meio de operações algébricas, descritas segundo expressões similares às utilizadas na matemática para definição de operações aritméticas e *booleanas*. Tais operações são organizadas segundo regras gramaticais, e envolvem operadores, funções e dados espaciais categorizados segundo o modelo de dados do sistema. A linguagem utiliza operadores que atuam sobre os modelos de dados armazenados.

O sistema considera na interpretação das sentenças de linguagem a coerência entre o modelo de dados e os operadores. Quando não há coerência entre o modelo e os operadores, mensagens de erro são enviadas no *display*, e o usuário é informado onde se encontra a incoerência (Figura 6.3 A e B). Isto caracteriza uma grande vantagem do sistema SPRING, pois auxilia o usuário na construção dos modelos e rotinas de programação.

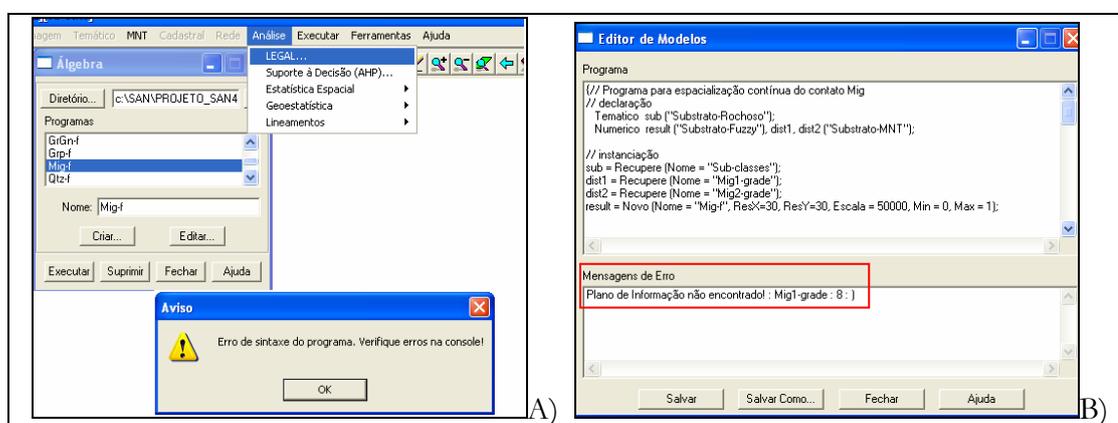


Figura 6.3 A) Mensagem de erro informativa de incoerência no programa a ser executado. B) Informação da linha do programa em que se encontra a incoerência.

6.1.2. Estruturação de um Programa em LEGAL

Um programa em LEGAL é constituído de uma lista de sentenças que descreve uma ou mais ações a serem executadas sobre os dados espaciais. Tais ações devem fazer

sentido no contexto de alguma disciplina de sistema de informação geográfica (Manual SPRING).

As sentenças em LEGAL são estruturadas em três grupos: 1) Declaração de variáveis, 2) Instanciação de variáveis e 3) Operações de álgebra de mapas.

A declaração consiste da definição de variáveis, ou seja, da atribuição de um nome a ser associado aos dados fornecidos ou produzidos no programa. Os dados declarados correspondem a um modelo e uma categoria que irá caracterizar um plano de informação, um mapa cadastral, um objeto ou uma tabela de transformação.

A instanciação consiste efetivamente da associação de planos de informação a variável dos modelos previamente declaradas. Na instanciação ocorre a manipulação do banco de dados do sistema com a recuperação e/ou criação de planos de informações (PI). O operador **novο** cria planos de informações, como o que conterà o resultado da execução da rotina, além de tabelas associativas as variáveis previamente declaradas.

As operações de álgebra de mapas correspondem a aplicação de funções, ou de um ou mais operadores sobre as variáveis declaradas e instanciadas. As operações são descritas por expressões algébricas, segundo regras gramaticais que permitem a definição recursiva de operações complexas a partir de outras mais simples, com base nas propriedades dos dados e operadores envolvidos. Cada sentença descreve uma operação específica, a qual consiste de atribuir o resultado da avaliação de uma expressão algébrica a uma variável previamente definida.

O processamento de um programa em LEGAL obedece a um fluxo de execução, que é realizado por comandos de controle. Estes são fundamentais para modelagem de situações que envolvem a execução alternativa, condicional ou repetitiva de conjunto de operações.

No SPRING, os comandos de controle são baseados em *constructos* de linguagem do tipo: **Enquanto** (*condição*) } *operação*. A *condição* referida é dada por uma expressão *booleana*, a qual envolve apenas expressões reais. O comando **enquanto** aciona uma seqüência de operações que devem ser executadas repetidas vezes até que a avaliação da condição dada pela expressão *booleana* resulte em uma avaliação verdadeira, de forma a satisfazer uma realidade pretendida pelo usuário.

O Quadro 6.1 apresenta o exemplo de uma seqüência escrita em linguagem LEGAL para uma unidade de mapa, plano de informação - litologia, da categoria Substrato Rochoso, sobre a qual objetiva-se retratar a distribuição de ocorrência espacial

da mesma, com a caracterização da zona de transição existente entre esta e as unidades adjacente, fronteira *fuzzy* de gradação.

Quadro 6.1 – Exemplo de programa em LEGAL

```
{// Programa para espacialização contínua do contato da R. migmatito
// declaração
  Tematico lito ("Litologia");
  Numerico result ("Numerico-fuzzy"), dist ("Substrato-MNT");

// instanciãõ
lito = Recupere (Nome = "Lito.classe");
dist = Recupere (Nome = "Mig-aberto-grade");
result = Novo (Nome = "Numerico-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000,
Mín = 0, Max = 1);

// operação
result = ((dist < 200 && lito == "Migmatito") ? (dist*0.0025) + 0.5 :
  (dist < 200 && lito == " N-Migmatito") ? (dist*-0.0025) + 0.5 :
  (lito == "Migmatito"&& dist >= 200) ? Digital (1) :
  (lito == "N-Migmatito" && dist >= 200) ? Digital (0):
Digital (0));
}
```

No exemplo acima são declaradas informações pertencentes aos modelos temáticos e numéricos. O modelo temático identifica a ocorrência espacial do tema a ser modelado, e o modelo numérico identifica a superfície contínua, grade de distância, sobre a qual serão aplicadas operações matemáticas que modelaram a variação espacial do tema.

O programa construído realiza diferentes funções condicionais por restrições espaciais. Estas condições são relativas a cada unidade de mapa presente, que delimitam a existência ou não da litologia, classes **Migmatito** e **N-Migmatito**. As condições restritivas são estabelecidas a partir da associação de limites determinados por faixas de distâncias e a ocorrência de um tema.

Na execução do programa é realizada, sobre a grade de distância, uma verificação seqüencial ponto a ponto da superfície numérica das **condições** estabelecidas. Satisfeita uma condição, aplica-se a operação matemática vinculada a mesma. O processo é contínuo até que todas as condições sejam satisfeitas. Satisfeitas todas as condições o processo é encerrado.

No programa apresentado no Quadro 6.1, a primeira e segunda linha da operação caracterizam condições que objetivam expressar o comportamento da zona de contato da litologia Migmatito. As condições determinadas nestas linhas delimitam a região que expressa a gradação entre as unidades no espaço, por meio da variação decrescente de valores, conforme distância da unidade litológica. A terceira e quarta linha da operação objetivam expressar 100% de existência apenas da litologia Migmatito na unidade de mapa, e 100% da não existência da litologia fora da unidade de mapa, respectivamente.

Para criação da base de dados básicos fundamentais, e a obtenção das cartas derivadas interpretativas da bacia em formato numérico, *fuzzy*, foram utilizadas operações de álgebra de mapas descritas por expressões algébricas *booleanas* condicionais que visaram simular as condições existentes em campo, e operações matemáticas representadas por equações lineares simples, responsáveis pela modelagem da variação espacial dos atributos, ou seja, que traduziram para forma matemática o modo lingüístico de descrever as condições constatadas no meio.

Moreira *et al.* (2001), recomendam a utilização de equações lineares para ponderação de valores de gradação entre polígonos. Segundo os autores (*op cit*), o uso de equações lineares é preferido, pois evitam atribuição de complexidade ao sistema, nas fases iniciais de tratamento de dados.

6.2 BASE DE DADOS BÁSICOS FUNDAMENTAIS *FUZZY*

Constituíram os dados básicos fundamentais *fuzzy* informações necessárias para obtenção e caracterização das potencialidades e restrições do meio físico da Bacia do Rio do Peixe retratadas nas cartas derivadas. Caracterizam esta base informações de: 1) Declividade do terreno, 2) Densidade de drenagem e 3) Substrato rochoso e materiais inconsolidados.

A criação da base de dados foi realizada por meio de execução de rotinas de programação, as quais transformaram as informações temáticas em numéricas. Estas modelaram os dados iniciais a partir de condições restritivas e operações matemáticas.

As informações referentes a declividade e densidade de drenagem caracterizam dados representados por modelos numéricos, e as informações de substrato rochoso e materiais inconsolidados caracterizam dados representados por modelos associativos temático/numéricos.

6.2.1 Declividade

A declividade pode ser definida como a inclinação da superfície de um terreno em relação ao plano horizontal, e é constituída de duas componentes: o gradiente e a exposição (Manual SPRING). Gradiente é a taxa máxima de variação no valor da elevação, pode ser medido em grau (0 a 90°) ou em porcentagem (%), e a exposição é a direção dessa variação medida em graus (0 a 360°). No SPRING o componente gradiente é referenciado como declividade.

Nos SIG a declividade é obtida a partir da consideração de um modelo numérico de terreno (MNT), no qual constam dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica. Para um determinado ponto **P** na superfície, é traçado um plano tangente a este que corresponderá à inclinação do mesmo em relação ao plano horizontal.

O SPRING apresenta módulos que permitem o cálculo das duas componentes, gradiente e aspecto, a partir de derivadas parciais de primeira e segunda ordem obtidas de uma grade numérica, retangular ou triangular, resultante dos valores de altitude da superfície. Para cada ponto desta grade são calculadas as derivadas parciais, computando-se os valores de altitude em uma janela de 3 x 3 pontos que se desloca sucessivamente sobre a grade. O resultado corresponde a duas novas grades, uma de gradiente e outra de exposição (Manual SPRING).

Os resultados constituem informações que apresentam variação ao longo de uma superfície, ou seja, retratam variação espacial contínua de um atributo do meio físico. Portanto caracterizam dados em formato f_{xyz} , os quais têm por faixa de variação, não os valores limites convencionais “0” e “1”, mas os valores máximos e mínimos de declividade da área em análise.

6.2.1.1 Procedimentos Empregados

O processo de obtenção dos dados declividade f_{xyz} da bacia consistiu de duas etapas (Figura 6.4): 1) Execução de processamentos que resultaram em um documento cartográfico em formato temático, o qual corresponde a carta de declividade da bacia (ANEXO VI), e representa os valores reais dos percentuais de inclinação da declividade da região e 2). Transformação das informações primárias em uma superfície numérica,

representada por uma faixa entre “1” e “4” de variação do percentual de declividade, por meio de rotina de programação. Esta superfície constitui os dados fundamentais $f_{\mu_{\alpha\beta}}$ de declividade utilizados na elaboração de cartas derivadas.

O processo de transformação das informações primárias de percentual de declividade em formato $f_{\mu_{\alpha\beta}}$, com distribuição contínuas entre a faixa “1” e “4”, visou a obtenção de uma caracterização de distribuição destes valores na bacia, compatível com as classes de potencialidade e restrições adotadas para as cartas derivadas, classe baixa identificada pelo valor “1” e classe alta identificada pelo valor “4”

A declividade constitui um atributo do meio que influencia no comportamento de potencialidades e restrições de uma dada região, por exemplo, condiciona de forma direta o escoamento superficial de uma área, que influenciará no desenvolvimento ou não de feições erosivas.

A caracterização da distribuição contínua da declividade de uma área por meio de faixa de variação, como a estabelecida pela faixa acima, constitui uma informação de fácil entendimento e manipulação no processo de modelagem de informações do meio para determinação de potencialidade e restrições.

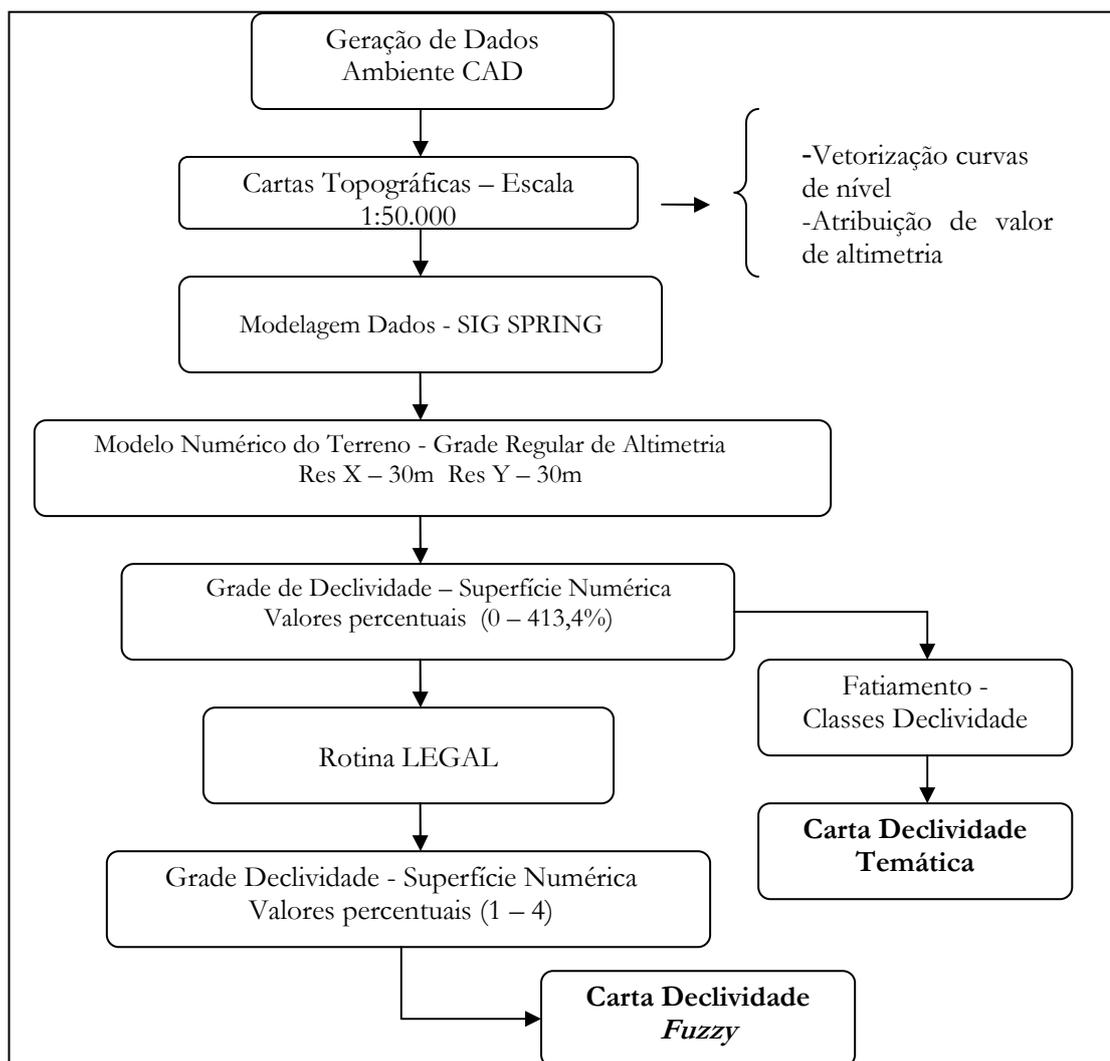


Figura 6.4 - Etapas executadas para obtenção da Carta de Declividade da bacia.

6.2.1.1.1. Carta de Declividade – Documento Temático

Para obtenção dos dados de declividade percentual da bacia foi executada a operação de comando declividade, do módulo MNT do sistema SPRING. Nesta operação o usuário escolhe o formato do dado de entrada e saída, e estabelece a unidade de representação, a resolução espacial dos dados, além da categoria e o PI ao qual os dados serão vinculados (Figura 6.5).

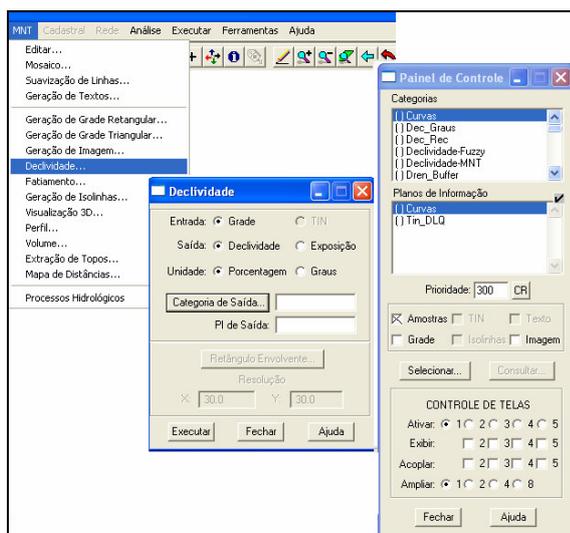


Figura 6.5. Módulo de execução e obtenção de dados de declividade no SPRING.

Esta operação resulta em uma superfície contínua, a qual apresenta valores de declividade percentuais entre 0 e 413,46%, que corresponde ao mínimo e máximo de declividade percentual da área. Os valores correspondentes em graus são 0 e 76,4⁰.

Com objetivo de obter um documento com dados representativos do meio, e de fácil visualização e entendimento pelo usuário, esta superfície numérica foi submetida a um processo de fatiamento, por meio do módulo MNT (Figura 6.6).

O fatiamento consiste na geração de uma imagem temática a partir de dados numéricos (Manual SPRING). A definição dos intervalos de fatias dependerá da variação dos valores da grade que se deseja destacar. Neste processo o usuário define em quantas faixas deseja representar os dados numéricos, a partir da declaração dos valores iniciais e finais de cada faixa, e associação das mesmas a classes temáticas previamente criadas (Figura 6.6). O resultado obtido tem por significados a representação de aspectos particulares do modelo numérico do terreno na forma de um PI de categoria temática (Figura 6.7).

Os resultados dos valores de declividade percentuais da bacia foram agrupados em seis faixas, 0-2%; 2-10%; 10-20%; 20-30%; 30-45% e >45% (Anexo VI).

A adoção destas faixas baseou-se nos limites propostos por ZUQUETTE (1987). Segundo o Autor (*op cit*) a adoção de faixas para caracterização da distribuição de declividade facilita a análise individual de áreas frente aos diferentes tipos de ocupação. As faixas propostas são adequadas as condições tropicais, tanto para situação urbana, escalas maiores, como para situações regionais, escalas menores (Tabela 6.1; Quadro 6.2).

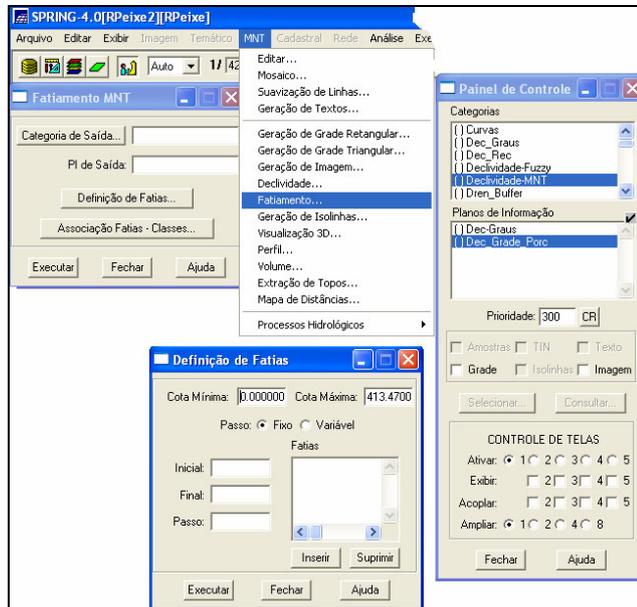


Figura 6.6 – Etapas do procedimento de fatiamento para obtenção de documento temático a partir de superfície numérica.

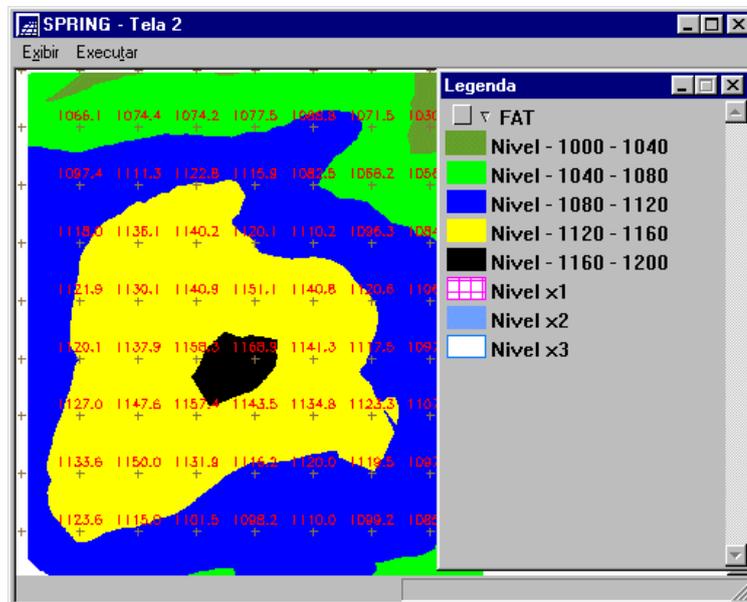


Figura 6.7 – Exemplo do resultado de uma operação de fatiamento de uma grade numérica (manual SPRING).

Tabela 6.1 – Valores de Declividade (%) que delimitam a ocupação do meio físico (adaptado de Zuquette, 1987).

Valores de Declividade (%)	Situações de ocupação do Meio Físico	
	Urbana	Regional
0 – 2	0 – 2	0 – 2
2 – 5	2 – 5	2 – 10
5 – 10	5 – 10	10 – 15
10 – 15	10 – 15	15 – 20
> 15	> 15	> 20

Quadro 6.2 – Resumo dos Limites críticos de ocupação do meio frente os valores de ocupação (adaptado de Zuquette, 1987).

Classes (%)	Ocupações do Meio Físico	
0 – 2	Aeroportos internacionais e locais; redes ferroviárias principais.	
2 – 5	Estradas principais, maquinário agrícola de plantio e cultivo; erosão começa a ser significativa; densidade elevada de ocupação com habitações.	
5 – 10	Desenvolvimento urbano e industrial em grande escala, máximo para redes de sistema de saneamento, máximo absoluto para ferrovias.	
10 – 15	Máximo para residências convencionais e para estradas em perímetro urbano; desenvolvimento urbano; tratores com esteiras e tratores padrões.	
15 – 20	Absoluta para residências, máquinas e estradas; habitações individuais.	
> 20	25	Máximo para estruturas de engenharia.
	45	Máximo para operar veículos tracionados.

Dentre as faixas de declividade adotadas, as faixas de 0-2-% e 20-30% caracterizam as maiores ocorrências em área (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 – Classes de Declividade e valores de ocorrência em área.

CLASSE	DECLIVIDADE (%)	OCORRÊNCIA EM ÁREA (KM ²)
1 - Muito Baixa	0 – 2	262.82
2 - Baixa	2 – 10	278.08
3 - Medianamente Moderada	10 – 20	521.87
4 - Moderada	20 – 30	348.22
5 - Alta	30 – 45	214.50
6 - Muito Alta	>45	52.19

A observação da distribuição de ocorrência em área das classes de declividades percentuais apresentadas na Tabela 6.2, analisadas com base nos intervalos limites propostos por Zuquette (1987), permite constatar que as classes favoráveis a construção de estradas, ao desenvolvimento urbano e industrial e a operação de maquinários agrícolas (Muito Baixa, Baixa e Medianamente Moderada) perfazem aproximadamente 63% da área da bacia. Já as classes mais restritivas a ocupação do terreno correspondem a apenas 37% da área da bacia.

6.2.1.1.2 Dados Declividade Fuzzy

Os dados de declividade percentual da bacia em formato *fuzzy* foram obtidos a partir da execução de uma rotina de programação (Programa LEGAL 1 – Apêndice A), a qual aplicou equações matemáticas a grade numérica primária, segundo condições restritivas numéricas.

Os valores adotados como condições restritivas foram determinados a partir da correspondência estabelecida entre as declividades percentuais e em graus, e da avaliação quantificada de ocorrência em áreas das primeiras. Valores percentuais iguais a 5% correspondem classes de declividade baixas, e valores iguais ou superiores a 45% caracterizam classe muito alta de declividade, e correspondem a apenas 3,11% do total da área da bacia.

Para este intervalo restritivo foi elaborada a equação linear $(f(x) = (x * 0,075) + 0,625)$, que permitiu a transformação e espacialização contínua da declividade percentual, contida neste intervalo, para a faixa entre “1” e “4”, por meio da expressão:

$$MF_{declivida\ 1-4} = (valor\ declividade * 0,075) + 0,625 \text{ Se } ((valor\ declividade > 5 \text{ E } Valor\ declividade < 45))$$

Onde **MF** corresponde a função que caracteriza a gradação do atributo declividade no espaço, superfície matemática contínua.

De forma a garantir que fora da faixa restritiva não ocorressem valores diferentes da faixa estabelecida, foram elaboradas e aplicadas as equações lineares $(f(x) = (x * 0) + 1)$ e $(f(x) = (x * 0) + 4)$, executadas na rotina de programação (Programa LEGAL 1 – Apêndice A) pelas expressões:

$$MF_{Declividade1} = (Valor\ declividade * 0) + 1 \text{ Se } (valor\ declividade \leq 5)$$

$$MF_{Declividade4} = (Valor\ declividade * 0) + 4 \text{ Se } (valor\ declividade \geq 45)$$

O resultado da execução da rotina LEGAL de espacialização da declividade consistiu de uma superfície numérica, a qual apresenta para áreas caracterizadas por valores de baixa declividade o número “1”, e para as áreas de declividade mais elevadas, o número “4” (Figura 6.8 e Figura 6.9).

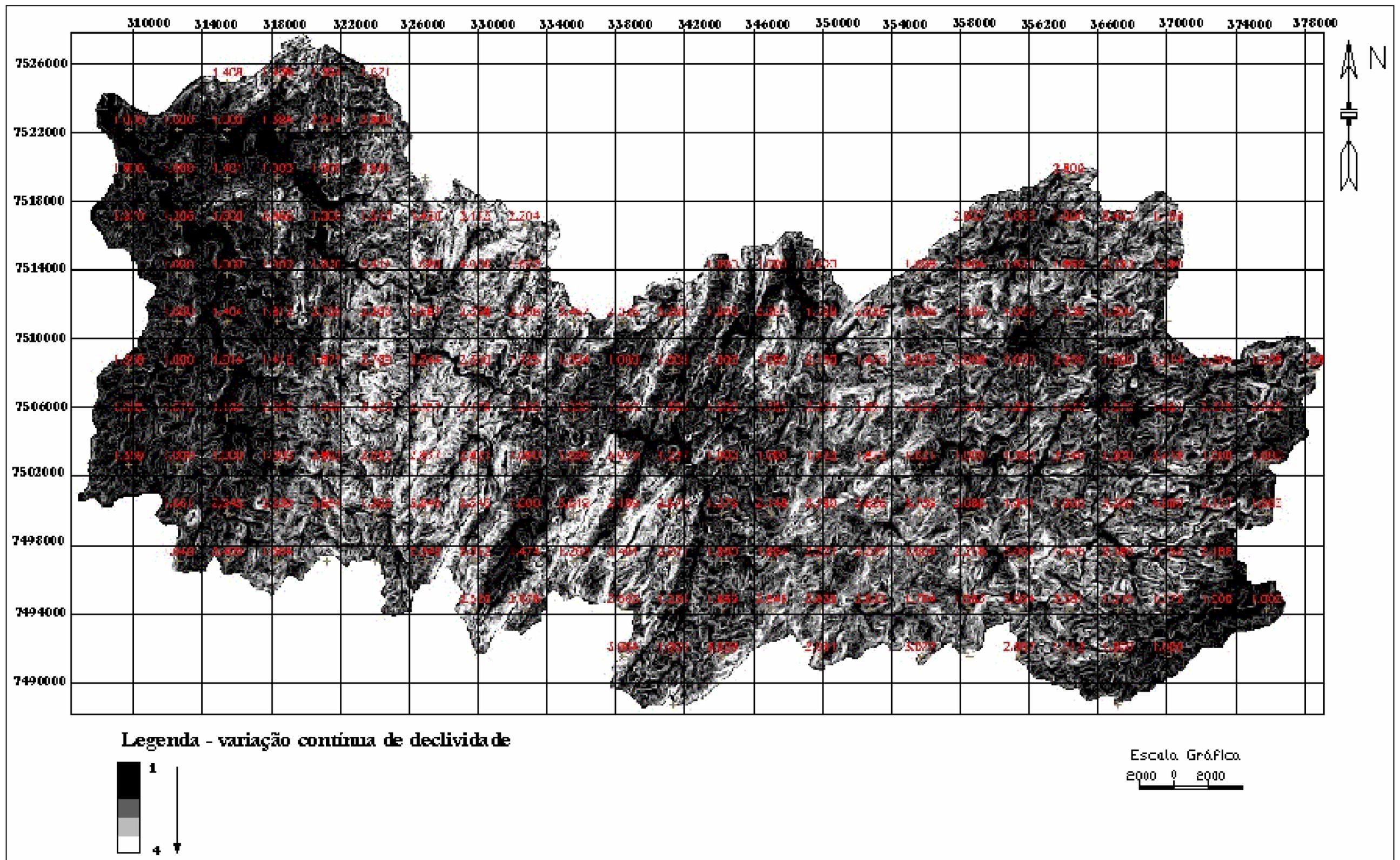


Figura 6.8 – Representação numérica *fuzzy* da declividade da Bacia.

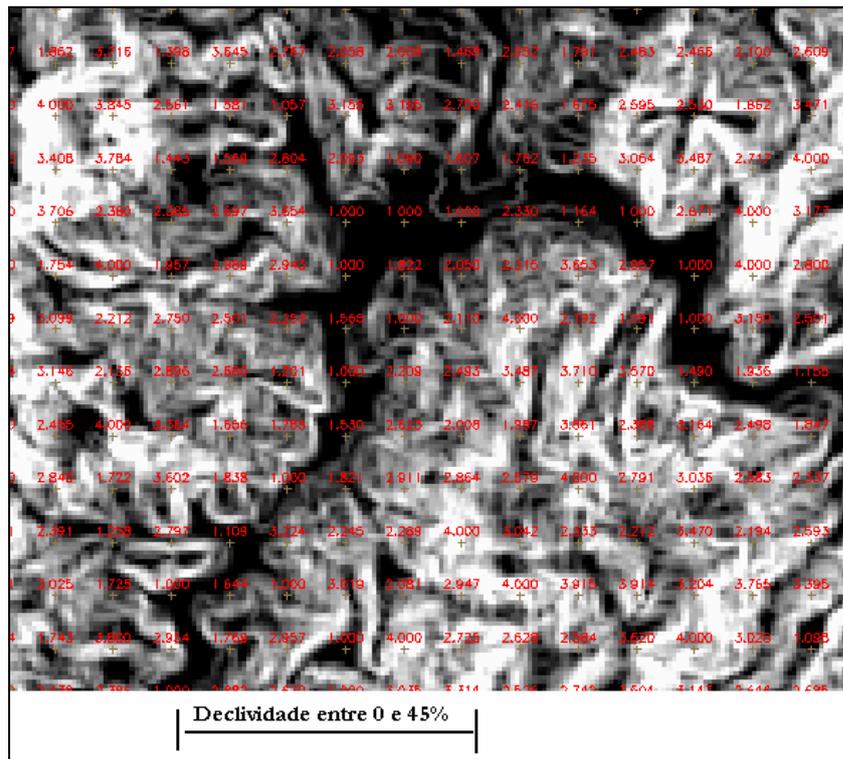


Figura 6.9 – Detalhe da representação numérica *fuzzy* dos valores de declividade da bacia.

6.2.2 Carta de Extensão do menor Percurso de Água Superficial (CEMPAS)

Esta carta foi proposta por Lopes (2000), em substituição a carta do número de canais de drenagens por quilômetro linear proposta por Pejon (1992). A CEMPAS fornece informações semelhantes a uma carta de densidade de canais de drenagens por quilômetro linear, no entanto tem a vantagem de ser mais facilmente obtida em ambiente SIG, tornando-a mais precisa e rápida de obter.

O número de canais de drenagem por unidade linear é um parâmetro importante que condiciona diretamente o comportamento de escoamento superficial de uma região, e indiretamente a ocorrência de fenômenos erosivos e o desenvolvimento de atividades agrícolas.

Collares (2000) ressalta que esta variável retrata a disponibilidade de canais para o escoamento linear das águas e materiais detríticos. Desta forma informações relativas a este parâmetro devem retratar a distribuição em área da ocorrência desde baixa a alta de número de canais por unidade linear.

Foram estabelecidas faixas de distância regularmente distribuídas de forma crescente nas laterais dos cursos de drenagem. O estabelecimento destas faixas permitiu

a delimitação do comportamento de influência deste atributo no escoamento superficial da bacia. Regiões mais distantes dos cursos de drenagem caracterizam áreas de baixa influência no comportamento de escoamento superficial, pelo fato de apresentarem uma longa distância até os canais, favorecendo a infiltração, enquanto que em regiões mais próximas aos cursos de drenagem caracterizam áreas com alta influência no comportamento de escoamento superficial, por que nestas há maior facilidade para a água atingir os canais de drenagem.

6.2.1.1 Procedimentos Empregados

Para obtenção das faixas foi necessária a construção de uma grade contínua de distância simetricamente distribuída a partir dos cursos de drenagem, a qual foi posteriormente fatiada e transformada para o formato *spring*, superfície contínua com valores entre “1” e “4”.

A construção da grade foi executada mediante importação dos vetores representativos dos canais de drenagem (Figura 6.10), como amostras MNT, e posterior criação de um mapa de distância (Figura 6.11), o qual consiste de uma matriz com 1558 linhas e 2846 colunas, de resolução espacial 30X30 metros.

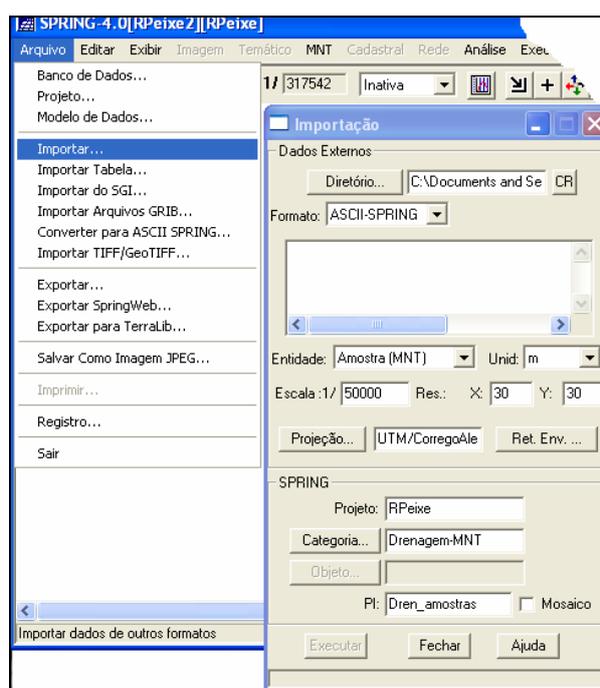


Figura 6.10 – Etapas de importação de dados como Amostras MNT.

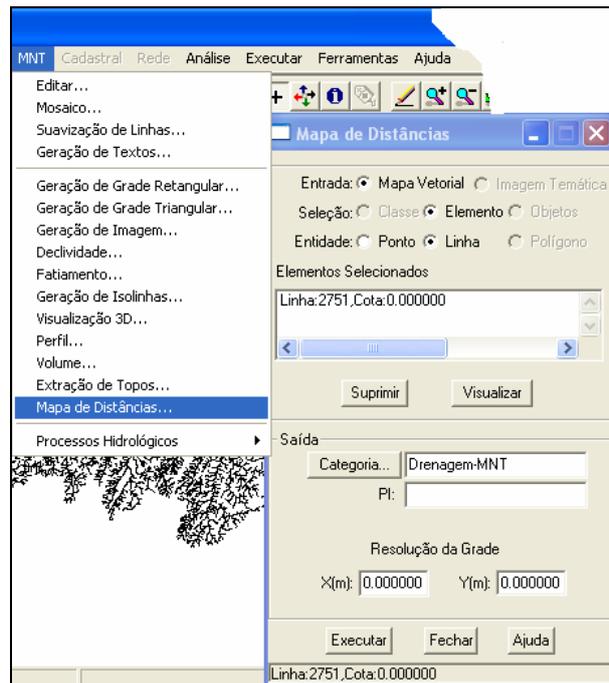


Figura 6.11 – Operação de elaboração de mapa de distancia.

Na importação dos dados como amostras MNT, são definidos parâmetros que caracterizaram os dados vetoriais importados, como unidade métrica, escala e resolução espacial.

Na construção do mapa de distância é determinado o formato do dado de entrada, se mapa vetorial ou imagem temática; modo de seleção dos dados e natureza da entidade que será selecionada. Também é estabelecida a resolução espacial da grade a ser gerada.

No processo de execução da grade ocorre a alocação de pontos, que correspondem ao centro dos *pixels*, em distâncias regulares crescentes, conforme resolução espacial estabelecida, a partir de um ponto inicial o qual é tomado como zero. A partir deste são alocados pontos com distribuição contínua regular para toda área (Figura 6.12).

Foram considerados como pontos iniciais as linhas representativas dos cursos de drenagem e estabelecida como resolução espacial a distribuição de 30X30 metros.

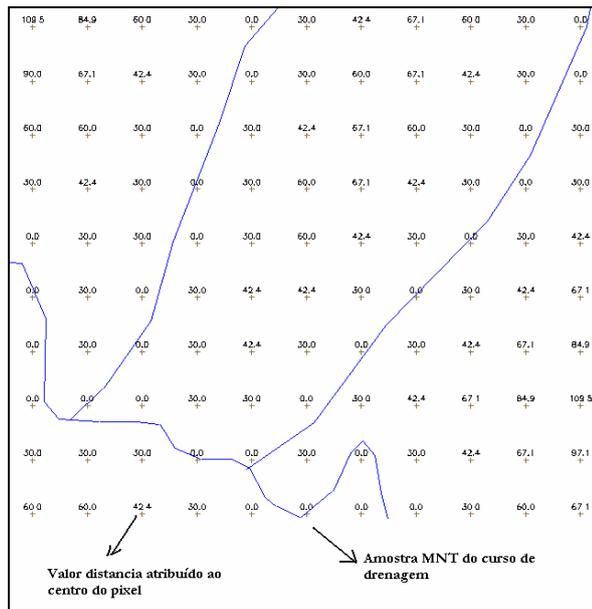


Figura 6.12 – Detalhe da grade de distância construída a partir dos dados representativos da rede de drenagem da bacia.

No processo de fatiamento ao qual a grade foi submetida foram estabelecidas faixas com intervalos de distância regulares de 100 metros, e valores limites de 0 e 300 metros (Figura 6.13). A adoção do valor de 300 metros como limite máximo foi devida constatação de que, para limites de distância superiores a este a distribuição do comportamento da densidade de drenagem para bacia não representaria condições reais. Aos valores máximos e mínimos de distância foram associados os números “4” e “1”, respectivamente, como faixa de variação deste atributo.

Determinado o comportamento de influência do atributo para área da bacia, procedeu-se obtenção da superfície contínua $f(x,y)$ representativa do mesmo, por meio de rotina de programação (Programa LEGAL 2 - Anexo XI). O programa executou a transformação de espacialização da faixa entre “4” e “1” com a aplicação da equação linear $(f(x) = (x * -0,01) + 4)$ a grade numérica, segundo condições restritivas distância. A operação foi executada por meio da expressão:

$$MF_{dd1-4} = (\text{valor Distância} * -0.01) + 4 \text{ Se } ((\text{valor distância} < 300))$$

A não existência de valores diferentes da faixa estabelecida além da faixa restritiva de 300 metros foi assegurada pela aplicação da equação linear $(f(x) = (x * 0) + 1)$, executada na rotina de programação (Programa LEGAL 2 - Anexo XI) pela expressão:

$$MF_{dd1} = (\text{Valor distância} * 0) + 1 \text{ Se } (\text{valor distância} \geq 300)$$

O resultado da rotina LEGAL consistiu de uma superfície numérica contínua representativa da distribuição espacial da densidade de drenagem na área da bacia (Figura 6.14 e Figura 6.15), correspondente a influência no escoamento superficial, ou seja, o valor 1 representando baixa e o valor 4 alta influência no processo de escoamento superficial.

6.2.3 Substrato Rochoso e Materiais Inconsolidados

Os dados de substrato rochoso e materiais inconsolidados consistem de informações temáticas importantes à caracterização das potencialidades e restrições naturais de uma área. Estes dados são representados na forma cartográfica por polígonos que constituem diferentes unidades destes compartimentos do meio físico.

As informações representadas por estes polígonos têm por característica exibirem, muitas vezes, uma distribuição espacial não homogênea denotada pela ocorrência de contato gradacional com as unidades adjacentes.

Os diversos polígonos que constituem os compartimentos de substrato rochoso e materiais inconsolidados encerram características diferentes entre si (espessura, textura, natureza genética, etc.), as quais apresentam distribuição espacial ditada pelas relações de contato da unidade ao qual pertencem.

Os dados básicos representados por estes atributos correspondem a representação da ocorrência espacial e das relações de contato dos mesmos em formato *fuzzy*.

6.2.3.1 Procedimentos Empregados

A obtenção das bases *fuzzy* retratadas pelos atributos de substrato rochoso e materiais inconsolidados foi executada em duas etapas: 1) Caracterização das relações de contato entre unidades de cada compartimento, com estabelecimento das faixas de gradação entre unidades e 2) Elaboração e execução de programas LEGAL para espacialização numérica contínua das transições de contato entre unidades.

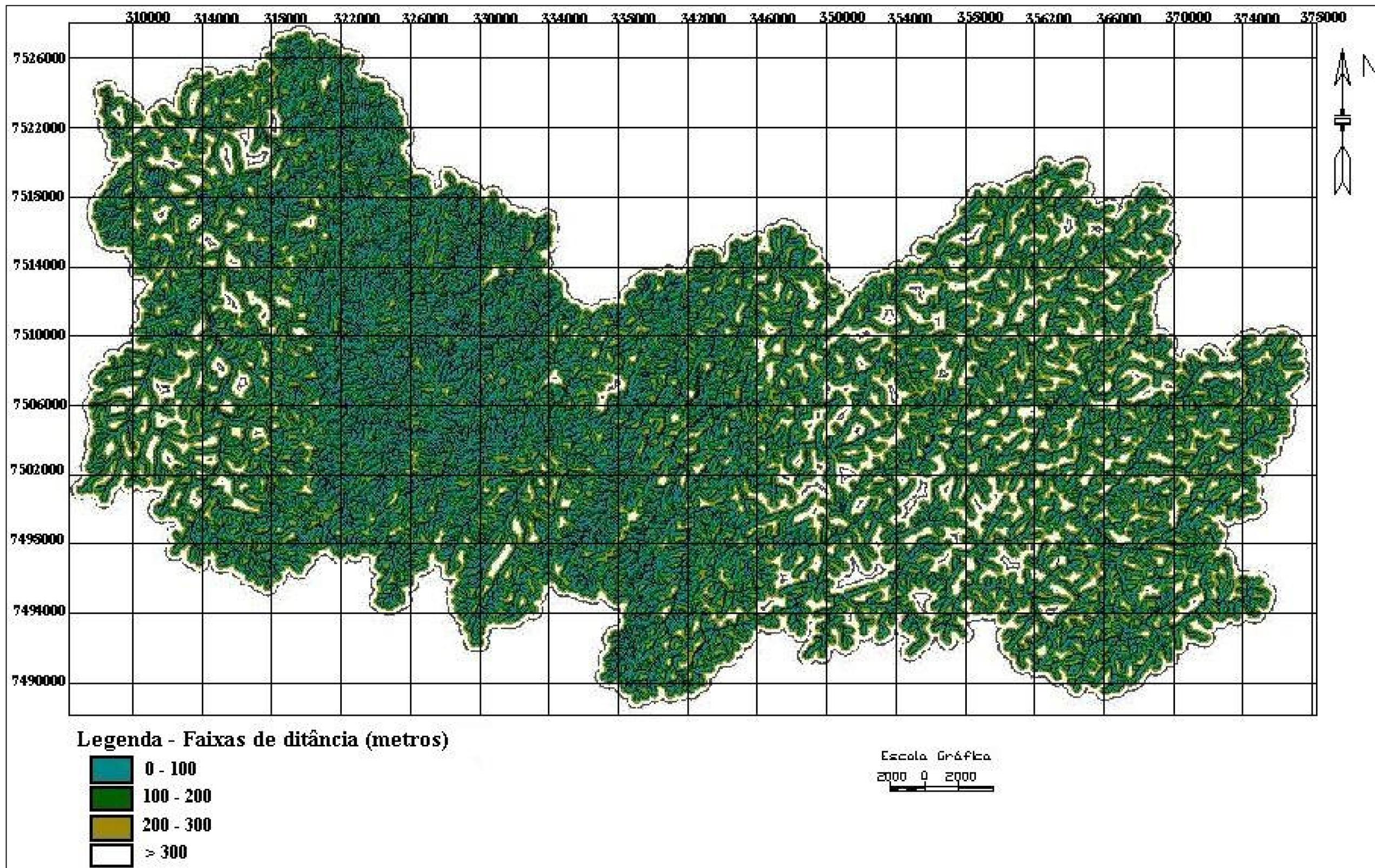


Figura 6.13 – Representação temática das faixas de distância regularmente distribuídas ao longo da rede de drenagem da bacia.

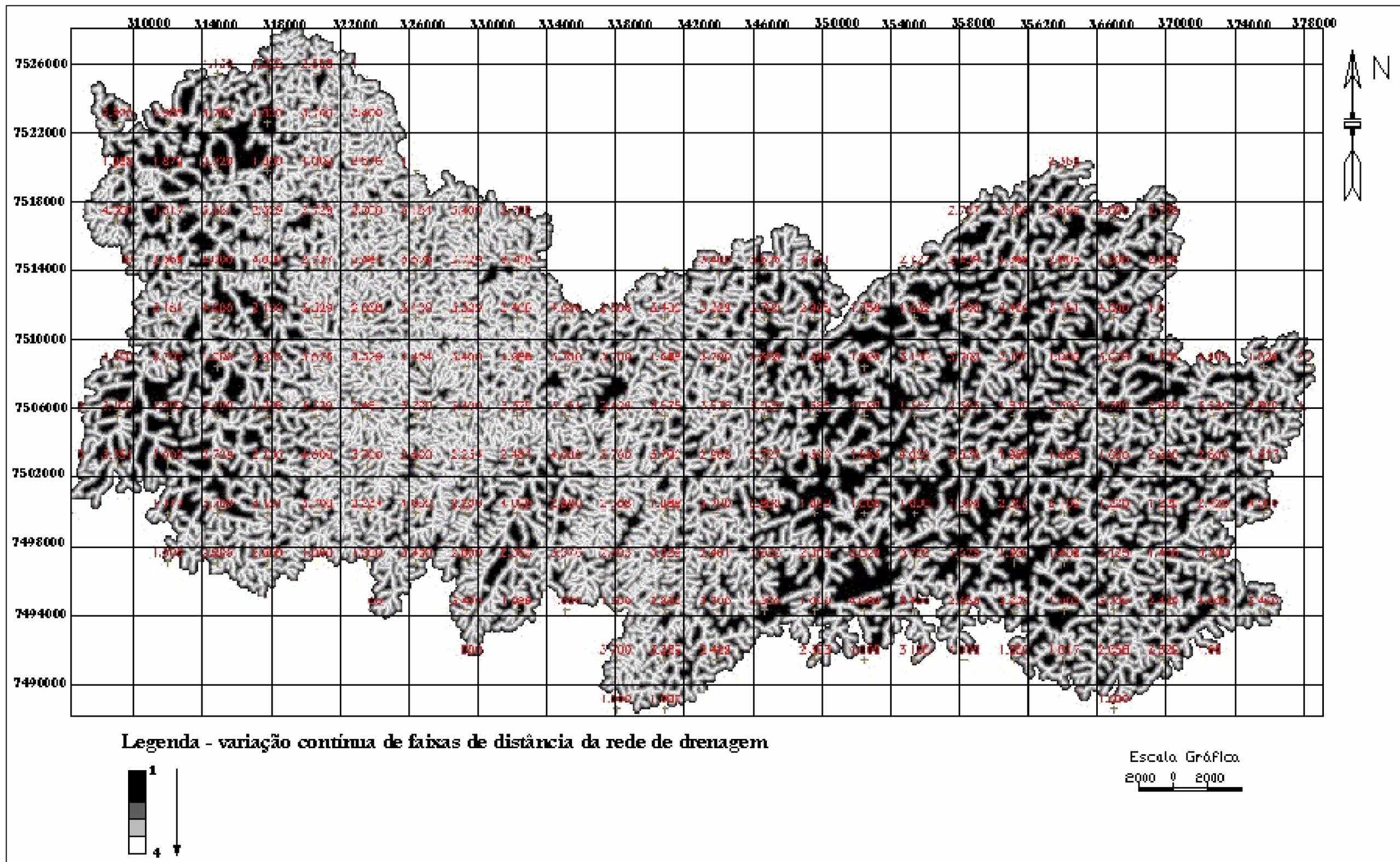


Figura 6.14 – Representação numérica *fuzzy* das faixas de distância regularmente distribuídas ao longo da rede de drenagem da bacia.

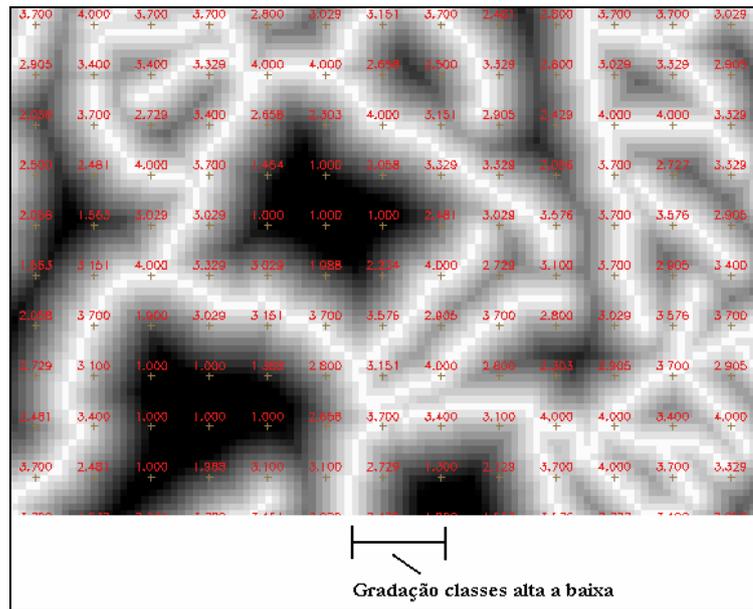


Figura 6.15 – Detalhe da representação numérica $fuzzy$ dos valores das classes de densidade de drenagem da bacia.

Para facilitar o processo de transformação das informações do substrato rochoso e materiais inconsolidados para formato numérico $fuzzy$, os polígonos representativos das diferentes unidades constituintes destes compartimentos foram considerados como conjuntos $fuzzy$.

Conjuntos Fuzzy

Moreira *et al* (2001) definem, matematicamente, um conjunto $fuzzy$ como: se Z denota um espaço de objetos, então se entende que o conjunto $fuzzy$ A em Z é o conjunto expresso pelo par ordenado – $A=(z, MF_A(z))$ para todo $z \in Z$, onde a função $MF_A(z)$ caracteriza a “gradação” de z em A . Ou seja, avalia o grau de pertinência do elemento z com relação ao conjunto A , refletindo o grau de compatibilidade de um predicado associado a um conjunto A e ao objeto Z .

A função $MF_A(z)$ resulta em um número real que normalmente varia de “0” a “1”, com “1” caracterizando o membro que se encaixa completamente ao conjunto e “0” o membro que não pertence ao conjunto.

Um aspecto relevante a ser assegurado no processo de elaboração de documentos cartográficos por meio de inferência $fuzzy$, é que o valor do elemento no

centro do conjunto tem que ser “1”, devendo o mesmo decair de maneira lógica através da fronteira *fuzzy*, zona de gradação de contato entre polígonos (Moreira *et al*, 2001).

Conforme os autores (*op cit*), o ponto onde o valor do elemento é igual a 0.5 caracteriza o ponto de cruzamento, e este deve coincidir com os contatos rígidos dos modelos *booleanos*.

Burrough e McDonell (1998) destacam que a $MF_A(z)$ que retrata em linguagem matemática as relações de contato entre unidades deve ser definida de tal modo, que a condição acima citada seja respeitada.

6.2.3.1.1– Caracterização das relações de contato

A caracterização das relações de contato consistiu do levantamento de informações em campo e determinação das transições entre as unidades de substrato rochoso e de materiais inconsolidados.

Das observações das relações de contato em campo, constatou-se que as unidades de substrato rochoso e materiais inconsolidados da bacia do Rio do Peixe exibem diferentes situações de transição de contato, de modo que para uma melhor caracterização destas transições adotou-se a técnica de análise por contato individual, *Individual Boundary Approach* (Burrough & Macdowel,1998). Segundo esta técnica, é assumido que um polígono pode apresentar diferentes faixas de gradação ao longo de seus contatos, podendo ser abruptos em algumas parte e difusos em outras, assim como podem apresentar relações difusas variáveis.

A caracterização das relações de contato foi estabelecida primeiramente para as unidades de substrato rochoso, e em seguida para as unidades de materiais inconsolidados.

Substrato Rochoso

Para as diferentes unidades que constituem este compartimento foram verificadas três situações de gradação:

1. Relação de contato abrupto – não é verificada gradação entre atributos. Entende-se que nesta situação a unidade tem grau de pertinência “1” em toda sua

extensão, e grau de pertinência “0” na região adjacente, logo após a linha de contato *booleano*.

2. Relação de contato com transição homogênea entre unidades – graduação com faixas de transição simétricas entre unidades adjacentes. Neste tipo de relação, duas unidades adjacentes apresentam faixas de transição com dimensões simétricas, a partir da zona de contato *booleano*.
3. Relação de contato com transição heterogênea entre unidades – graduação com faixas de transição assimétricas entre unidades adjacentes. As faixas de transição exibem dimensões diferentes a partir da zona de contato *booleano*.

A região de encontro entre contatos homogêneos e heterogêneos caracteriza a ocorrência de uma zona de transição complexa, aqui denominada de zona tripla. As Figuras 6.16 (A –D) exemplificam as situações de relações de contato descritas acima.

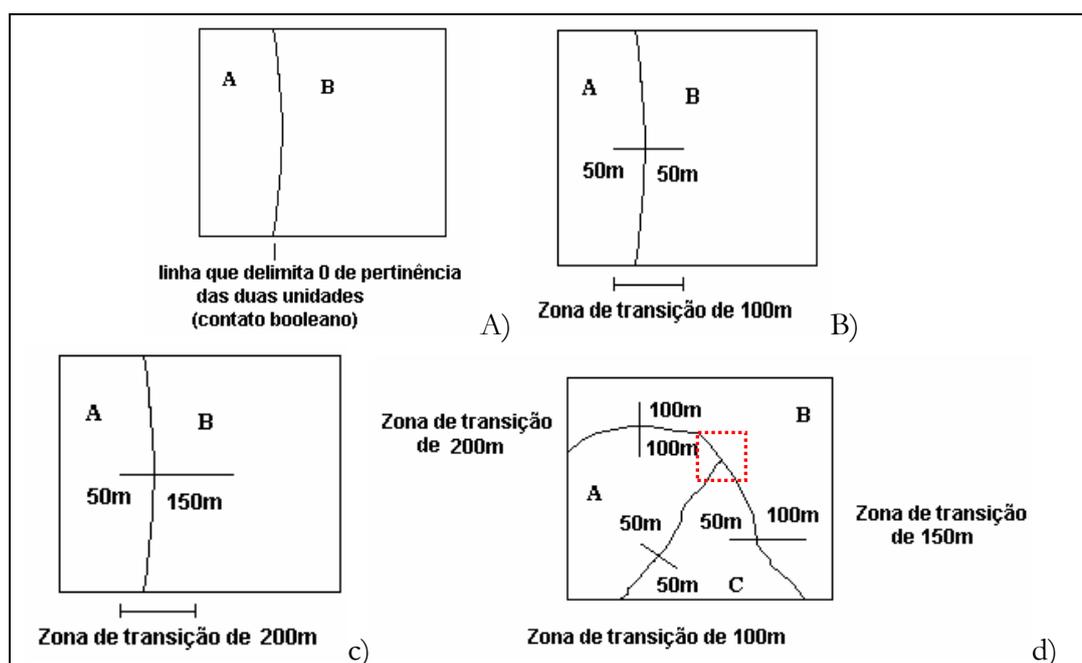


Figura 6.16 –Relações de contato verificadas entre unidades do substrato rochoso da bacia. A) Contato abrupto, B) Contato homogêneo, C) Contato heterogêneo e D) Região de contato complexo - destacada em vermelho.

Foram verificadas, para a maioria das unidades litológicas presentes na área a predominância de ocorrência de relações de contatos gradacionais homogêneos e heterogêneos entre unidades. A ocorrência de contato abrupto foi verificada apenas entre a unidade de quartzitos impuros e as litologias adjacentes a este, presentes nas

zonas de falhas de Monte Sião e Ibitinga. Nesta localidade a referida unidade exhibe contatos condicionados por falhas.

Estabelecidas e caracterizadas as relações de contatos, foram formuladas as funções membro *fuzzy* para cada unidade. Estas caracterizam as faixas de gradação de cada unidade individualmente.

Para cada faixa de transição identificada foi elaborada uma função que traduz para a linguagem matemática sua distribuição espacial.

Faixa de gradação de 50 m	$F(x) = (0,01 * X) + 0,5$
Faixa de gradação de 100 m	$F(x) = (0,005 * X) + 0,5$
Faixa de gradação de 200 m	$F(x) = (0,0025 * X) + 0,5$
Faixa de gradação de 250 m	$F(x) = (0,002 * X) + 0,5$
Faixa de gradação de 400 m	$F(x) = (0,00125 * X) + 0,5$

Materiais Inconsolidados

As relações de contato entre as unidades deste atributo foram determinadas levando-se em consideração três aspectos:

1. Unidades adjacentes de materiais residuais representativas de litologias diferentes exibem as mesmas faixas de gradação estabelecidas para as unidades de substrato rochosos a que se referem;
2. Unidades adjacentes de materiais residuais representativas de mesma litologia exibem relações de contato determinadas por critérios de textura, espessura e unidades de *landforms* correspondente;
3. Unidade materiais retrabalhados e aluviões apresentam contatos abruptos com as unidades adjacentes.

Com a adoção destes critérios houve necessidade de caracterização e estabelecimento de relações de contato apenas para as unidades de materiais inconsolidados residuais representativas de mesma litologia (aspecto 2 acima).

Foram adotadas faixas de transição de 50 e 100 metros para caracterizar as zonas de gradação. A caracterização das zonas foi estabelecida a partir da seguinte seqüência de análise: 1) Para situações de mesma textura entre unidades, o comportamento de

transição foi estabelecido por relações de espessura e 2) Para situações de mesmas texturas e espessuras entre unidades o comportamento de transição foi estabelecido por relações de unidades de *lanforms*

Aos materiais de texturas argilosas foi atribuído maior valor de faixa de transição, pois entende-se que estes caracterizam materiais mais evoluídos que os arenosos e siltosos, logo devem apresentar uma transição entre unidades adjacentes mais gradacional.

Para os materiais de maiores espessuras atribuiu-se maior valor de faixa de transição, pois estes apresentam perfis com maior distribuição espacial, o que condiciona uma zona de transição mais desenvolvida.

Para as relações de transição estabelecidas a partir de critérios de formas de terreno foram obedecidas as correspondências apresentadas na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Relações de transição estabelecidas a partir de critérios de formas de terreno

Relações de adjacência entre formas	Faixas de transição estabelecidas
Morro/Colina	100/50
Morro/ Serra	50/100
Colina/Serra	50/100

6.2.3.1.2– Elaboração e execução de Programas em LEGAL

Em função dos atributos de substrato rochoso e materiais inconsolidados apresentarem relações de contato caracterizadas por condições restritivas associadas a modelos temáticos e numéricos, foi necessário primeiro vincular as unidades constituintes destes compartimentos às categorias e PI de modelo temático (MT) e modelo numérico do terreno (MNT).

Em uma etapa posterior foram elaborados os programas em LEGAL. Estes executam diferentes funções condicionais restritivas espaciais, com aplicação de operações pontuais, caracterizadas por uma função membro $f_{\mu_{xy}}$. As funções condicionais restritivas são definidas por variáveis lingüísticas (informações temáticas) associadas as grades de distância (informações numéricas).

Informações de Modelo Temáticos

Os dados associados aos PI das categorias temáticas foram importados como entidades tipo linha com topologia, e submetidos a edição vetorial, que consistiu na atribuição a cada polígono de uma respectiva classe (Figura 6.17). As classes identificam as unidades encontradas em campo.

As classes temáticas dos PI foram transformadas para o formato matriz (Figura 6.18), o que assegurou uma correspondência de resolução espacial, 30 x 30 metros, com as informações dos modelos numéricos. Este procedimento se fez necessário devido ao fato de, no processo de importação das linhas ser passível a atribuição apenas de valores de escala e unidade métrica.

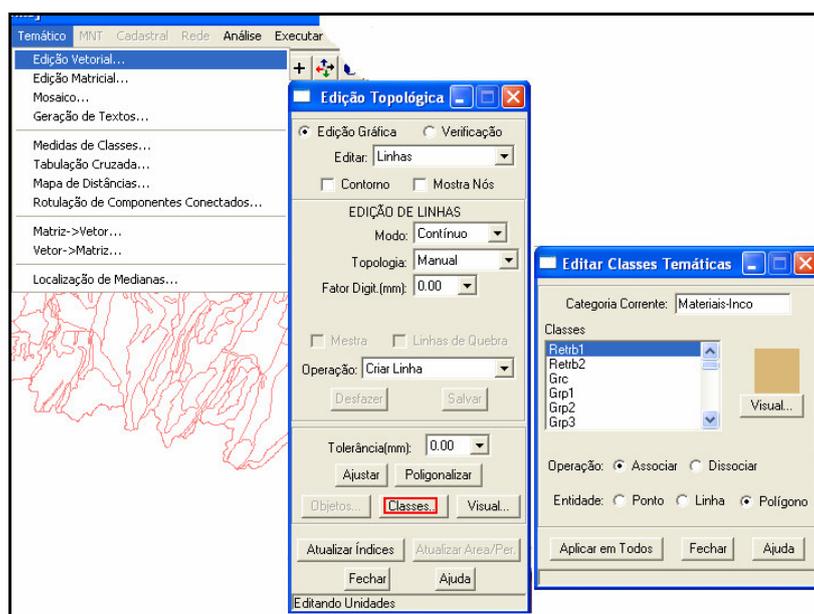


Figura 6.17 – Etapas de edição vetorial de polígonos representativos de unidades temáticas

Informações de Modelo Numéricos

As informações associadas aos PI da categoria MNT foram armazenadas sob o formato de grades contínuas de distância, mapas de distância, com resolução espacial 30X30 metros e 1558 linhas e 2846 colunas.

Em função da diversidade de relações de transição constatadas para as diferentes unidades de substrato rochoso e materiais inconsolidados, caracterizadas por variações

nas dimensões das faixas de gradação ao longo da extensão dos contatos, foi necessária a geração de grades compartimentadas para caracterização pelos programas em LEGAL das relações de contato. Ou seja, para uma unidade A, que apresenta transições homogêneas e heterogêneas ao longo de toda extensão de sua linha de contato (Figura 6.19), procedeu-se a partição da mesma, de forma que as diferentes partes fossem representativas destas variações espaciais de contato.

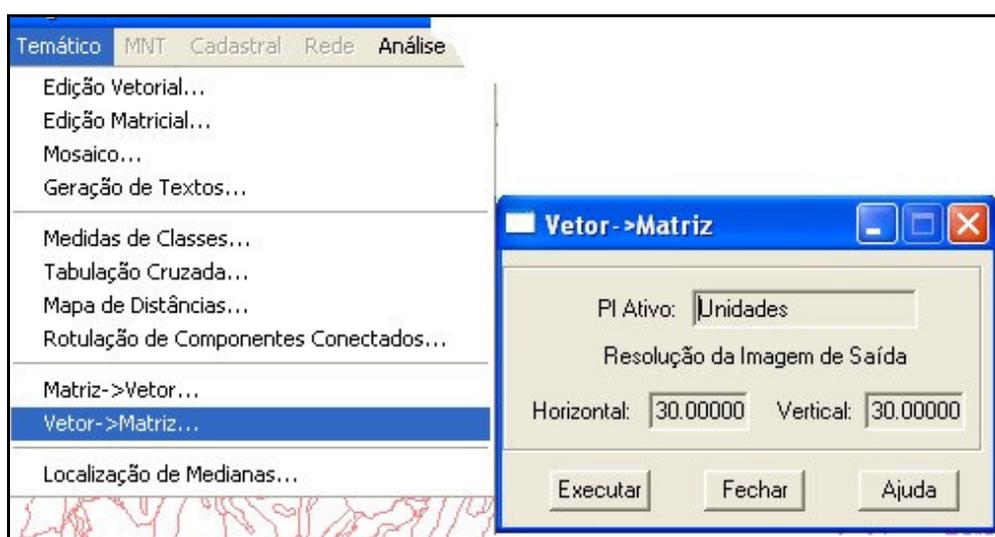


Figura 6.18 – Etapas transformação de dados temáticos vetoriais para representação matricial.

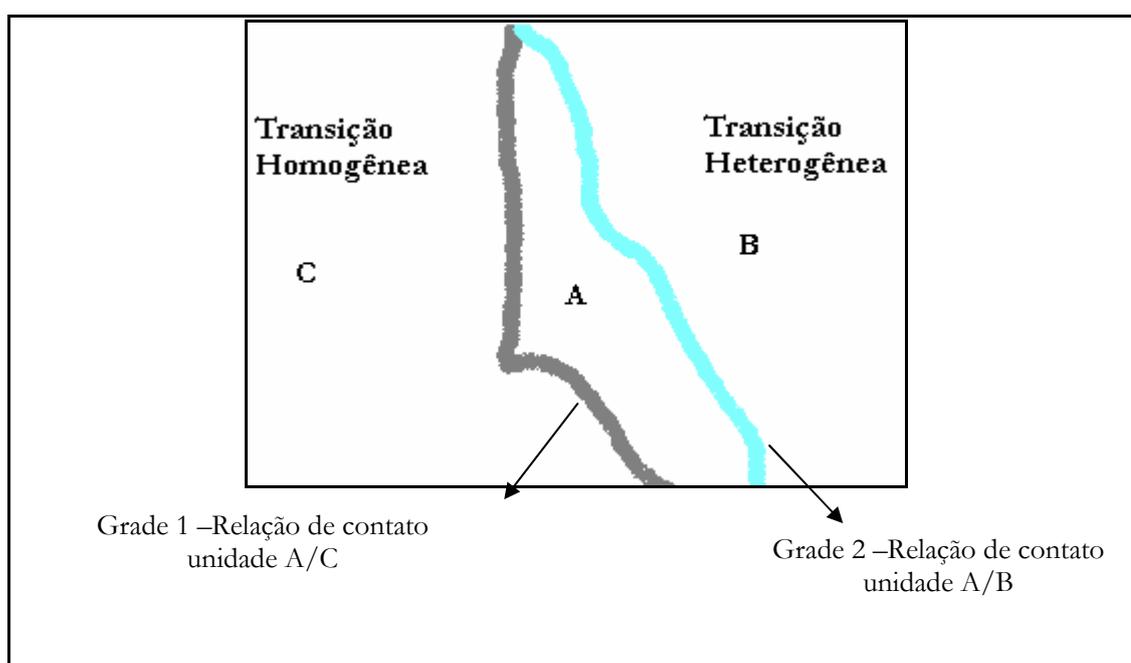


Figura 6.19 – Exemplo de unidade com relações gradativas diferentes ao longo da extensão de sua linha de contato.

Rotinas em LEGAL

Organizados os dados sob forma de modelos temáticos e numéricos procedeu-se a elaboração e execução dos programas (Programas LEGAL 3 a 64, Apêndice A) de espacialização das relações de contato entre as unidades para o formato numérico *fuzzy*.

Os programas traduziram para linguagem matemática o comportamento das zonas de transição, de forma a caracterizar a distribuição de ocorrência espacial crescente de uma unidades, denotada pela faixa “1 a 0”.

Para relações transicionais os programas executaram operações com aplicação de funções responsáveis pela espacialização gradativa dos contatos primeiramente para as faixas de gradação internas ao polígono, e posteriormente as faixas externas, como exemplificado abaixo:

$MF_{\text{contato gradativo}} = (\text{função de espacialização gradativa}) \mathbf{SE}$ (distancia interna $<$ valor máximo da faixa \mathbf{E} classe temática = Unidade em análise)

$MF_{\text{contato gradativo}} = (\text{função de espacialização gradativa}) \mathbf{SE}$ (distancia externa $<$ valor máximo da faixa \mathbf{E} classe temática = Unidade adjacente)

Obtidas as espacializações gradativas, os programas executam funções de atribuição de número inteiro representativos das situações de 100% e 0% de existência da unidade, como exemplificado abaixo:

$MF_{100\% \text{ existência}} = (\text{Valor } 1) \mathbf{SE}$ (distancia interna \geq valor máximo faixa interna \mathbf{E} classe temática = Unidade em análise)

$MF_{0\% \text{ existência}} = (\text{Valor } 0) \mathbf{SE}$ (distancia externa \geq valor máximo faixa externa \mathbf{E} classe temática = Unidade adjacente)

Para situações de contato abrupto foram executadas operações com aplicação de função que especializa a distribuição da unidade de forma homogênea:

$MF_{\text{contato abrupto}} = (\text{função de espacialização homogênea}) \mathbf{SE}$ (distancia ≥ 0 \mathbf{E} classe temática = Unidade em análise)

A seguir são apresentados exemplos de Programas em LEGAL de obtenção da representação *fuzzy* de relações de contato gradativo e abrupto (Quadro 6.3 e 6.4).

Quadro 6.3 – Exemplo de programa LEGAL para espacialização contínua de relações de contatos gradativos.

```

{ // Programa para espacialização contínua Unidade A – Contatos homogêneos e heterogêneos
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("Unidade A-MNT");

// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidade A");
dist1 = Recuperere (Nome = "UniA-grade1");
dist2 = Recuperere (Nome = "UniA-grade2");
result = Novo (Nome = "Unidada A-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0,
Max = 1);

// operação
result = ((dist1 < 250 && inc == "Unidade A") ? (dist*0.002) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Unidade A") ? (dist*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 250 && inc == "N-Unidade A") ? (dist*-0.002) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade A") ? (dist*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Unidade A" && dist1 >= 250) ? Digital (1):
  (inc == "Unidade A" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "N-UnidadeA " && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "N-UnidadeA " && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}

```

Quadro 6.4 - Exemplo de programa LEGAL para espacialização contínua de relações de contato abrupto.

```

{ // Programa para espacialização contínua Unidade B – Contato abrupto
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatRetrb-MNT");

// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades B");
dist = Recuperere (Nome = "UniB-grade");
result = Novo (Nome = "Unidade B-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0,
Max = 1);

// operação
result = ((dist >= 0 && inc == " Unidades B ") ? (dist*1) + 1:
  (inc == "N-UnidadeB" && dist > 0) ? Digital (0):
  Digital (0));
}

```

Nas duas rotinas apresentadas nos Quadros 6.3 e 6.4, as seqüências iniciadas pela variável lingüística dist expressam o comportamento da zona de contato, e a variável sub o comportamento de ocorrência 100 a 0% da unidade em análise.

No programa ilustrado no Quadro 6.3, as variáveis dist 1 e 2 fazem referência as duas grades complementares que compõem a linha de contato da unidade. A primeira caracterizada por relações de contatos homogêneos, faixa interna e externa com 250 metros. A segunda caracterizada por relações de contatos heterogêneos, faixa interna e externa com 200/100 metros.

O programa verifica a validade das condições restritivas e aplica as funções associadas, primeiramente para toda extensão interna da área de contato, e posteriormente para toda extensão externa.

Espacializadas para um formato contínuo, as faixas de contato, são atribuídos os valores inteiros “1” e “0” as regiões internas e externas ao polígono da unidade em análise, de forma a caracterizar as regiões de ocorrência e não existência da unidade.

Para os casos de caracterização de relação de contato abrupto, como apresentado no Quadro 6.4, na primeira expressão condicional restritiva é estabelecida a espacialização homogênea da unidade, em toda sua extensão interna. Estabelece a atribuição do valor “1” a toda extensão interna da unidade. O que determina a partir do contato *booleano* até o centro do polígono uma ocorrência homogênea para a unidade. A segunda expressão atribui valor de existência nula da unidade, na região externa a linha de contato *booleano*.

O processo de transformação dos dados de substrato rochosos e materiais inconsolidados resultou na obtenção de 61 polígonos em formato numérico *fuzzy*, os quais retratam apenas a distribuição espacial das situações de ocorrência homogênea ou gradativa de cada unidade (Figuras 6.20, 6.21 e 6.22)

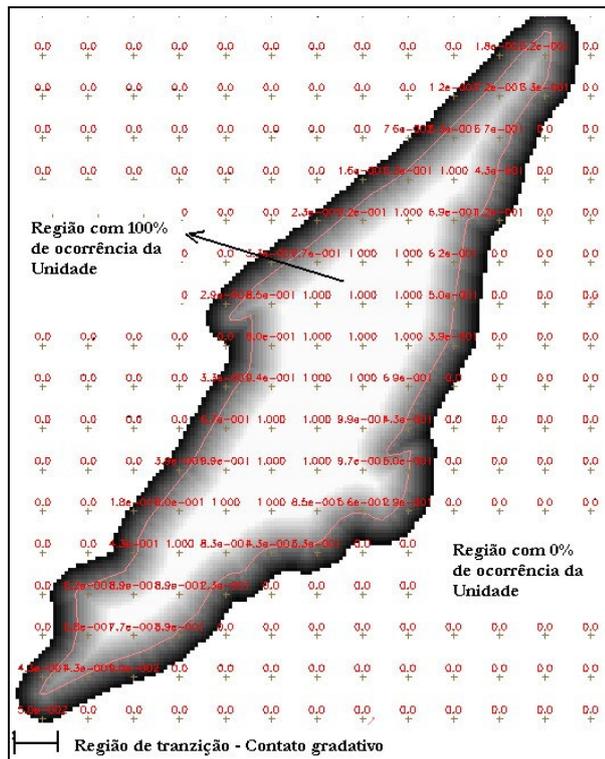


Figura 6.20 Representação numérica *fuzzy* de relações de contato heterogêneo gradativo. Faixa interna 250 metros e externa 200 metros.

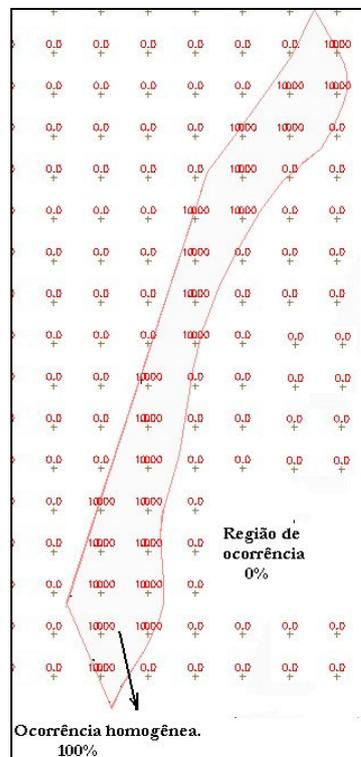


Figura 6.21 –Representação numérica de relação de contato homogêneo abrupto.

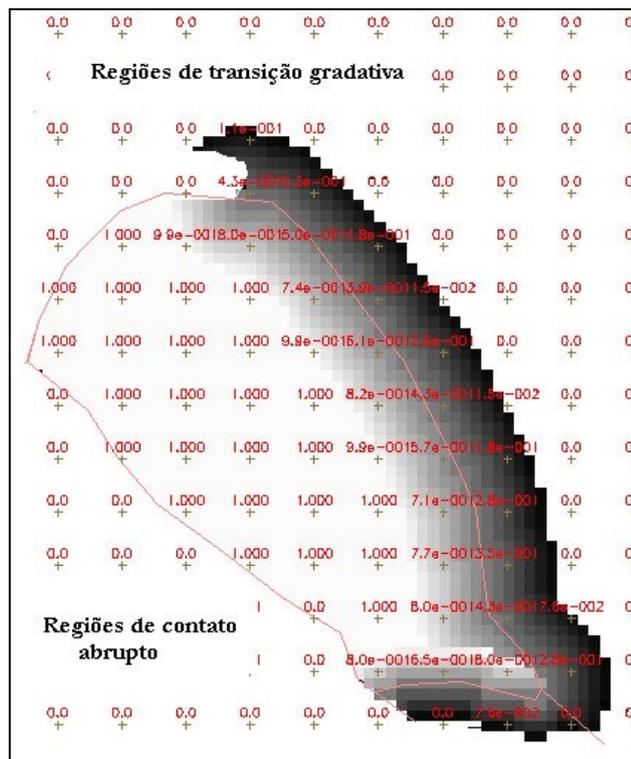


Figura 6.22 – Representação numérica de relação de contato gradativo homogêneo abrupto. Faixas contatos homogêneos interno/externo de 200 metros e 100 metros.

6.4. CARTAS DERIVADAS INTERPRETIVAS *FUZZY*

Obtida a base de dados básicos fundamentais em formato *fuzzy* procedeu-se a caracterização das potencialidades e restrições do meio físico da bacia, por meio do cruzamento das informações em formato contínuo, com elaboração de três documentos cartográficos que retratam aptidões e restrições naturais da área quanto aos aspectos de potencial ao escoamento superficial, susceptibilidade a erosão e potencial ao desenvolvimento agrícola. Estes documentos caracterizam o comportamento de variação contínua, entre de limites mínimos e máximos estabelecidos, assim como permitem a delimitação de zonas com comportamento homogêneo quanto as aspectos acima citados.

A obtenção destes documentos envolveu a avaliação e atribuição de peso de importância as diferentes informações que caracterizam a base de dados fundamentais *fuzzy*. O processo de atribuição de pesos visou a organização destas informações segundo a menor ou maior influência frente aos fins de restrição e potencialidades pretendidos pelas cartas derivativas.

6.4. 1 Procedimentos de elaboração das cartas derivadas

Para obtenção das cartas derivadas foi realizado um conjunto de procedimentos executados na seguinte seqüência:

1. Seleção das informações básicas fundamentais importantes a caracterização de cada aspecto de potencialidade e susceptibilidade, em separados;
2. Organização das informações básicas segundo ordem de maior a menor influência na caracterização de potencialidade e susceptibilidade;
3. Comparação pareada entre informações para atribuição relativa de pesos de importância;
4. Análise isolada de cada informação para disposição dos atributos que as constituem em ordem crescente de grau de influência, classes de importância, junto aos aspectos de potencialidade e restrições do meio.
5. Cruzamento das informações básicas.

6.4.1.1 Comparação pareada entre informações – Técnica AHP

A comparação pareada entre informações para atribuição relativa de pesos de importância constitui uma técnica de análise proposta por Saaty (1978), denominada *Analytic Hierarquy Process* (AHP), ou Processo Analítico Hierárquico. Trata-se de uma teoria com bases matemáticas que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos.

Para aplicação da técnica é necessária a estruturação de um modelo hierárquico no qual as informações são organizadas segundo grau de importância relativa destas frente ao aspecto em julgamento. De acordo com Saaty (1978), as diferentes informações que influenciam na caracterização do aspecto a ser retratado são comparadas par a par, e um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estas, conforme uma escala predefinida (Tabela 6.4).

A comparação pareada das informações constituintes da base de dados básicos fundamentais *fuzzy* da bacia foi realizada por meio do módulo Análise, com a operação Suporte a decisão (AHP). Nesta as informações representadas pelas categorias são selecionadas por ordem de influência, e avaliadas com atribuição de pesos (Figura 6.23).

Tabela 6.4 – Escala AHP de comparação par a par (Saaty, 1978)

Intensidade de Importância	Definição e Explicação
1	Importância igual – os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada – um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial – um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada – um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos – possibilidade de compromissos adicionais

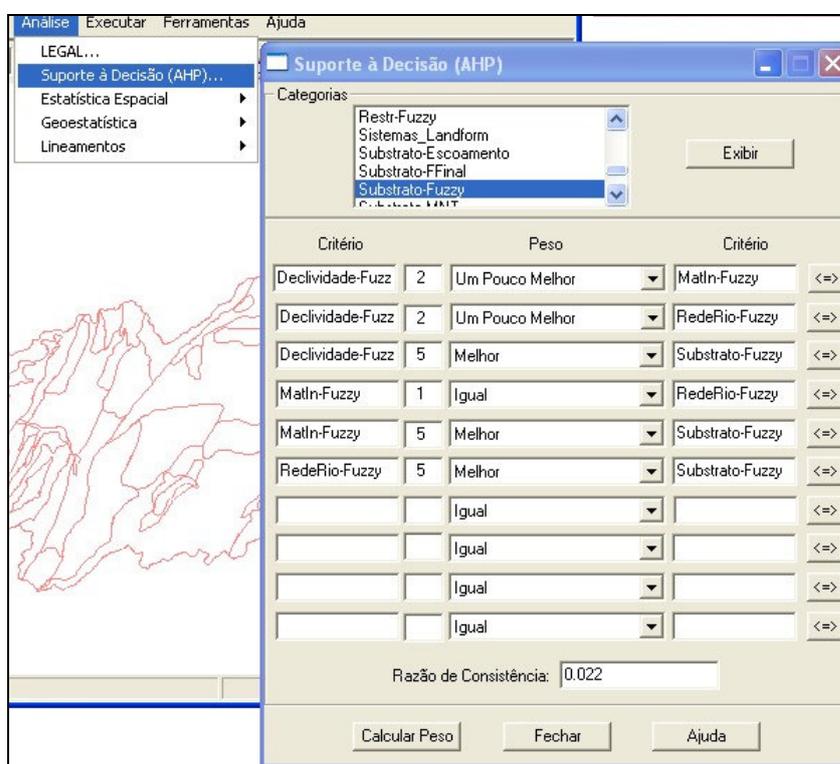


Figura 6.23 – Exemplo de operação de análise AHP no sistema SPRING.

À medida que os pesos são atribuídos as informações, é apresentada a razão de consistência do julgamento tomado. Segundo Saaty (1978), valores de razão de consistência superiores a 0,10 sugerem uma revisão da ordenação adotada ou dos pesos atribuídos.

Obtido um valor de razão de consistência indicativo de um processo de julgamento adequado, o módulo AHP permite o cálculo do peso que cada informação tem em relação ao aspecto de potencialidade ou restrição analisado.

6.4.1.2 Disposição dos atributos em classes

Como cada informação analisada é constituída por diferentes atributos, por exemplo, **informação** - materiais inconsolidados; **atributos** – textura, espessura, gênese, etc., e estes influenciam com maior ou menor importância o comportamento das potencialidades e restrições do meio físico, há necessidade de organizá-los em classes que representem a escala de importância da informação.

No processo de análise individual das informações básicas fundamentais, os atributos foram dispostos segundo ordem crescente de importância em quatro classes: Baixa, Média, Alta e Muito alta (Figura 6.24). A estas foram atribuídos os valores “1 a 4”, para apresentação destas como superfícies contínuas.

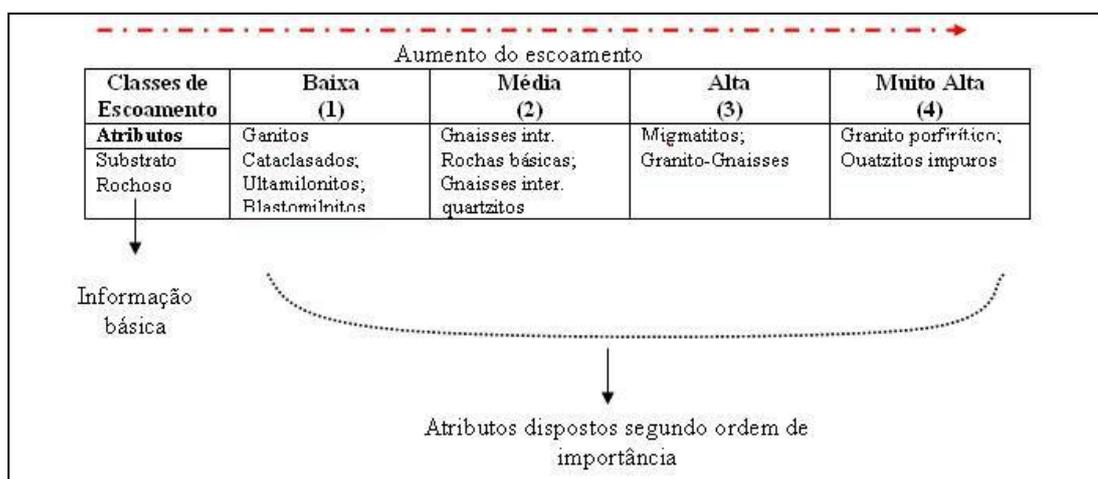


Figura 6.24 – Exemplo de disposição dos atributos constituintes da informação substrato rochoso em classes crescentes de importância quanto ao aumento do escoamento superficial.

As informações relativas a declividade e densidade de drenagem já haviam sido previamente transformadas para o formato numérico representativo destas classes durante o processo de criação da base de dados fundamentais *fuzzy*. A disposição dos dados básicos em classes por agrupamento de unidades foi realizada apenas para as informações relativas ao substrato rochoso e aos materiais inconsolidados.

A atribuição do grau de importância a cada agrupamento de unidades foi realizada por programas em LEGAL, por meio da multiplicação do número inteiro representativo de cada classe. Os agrupamentos de unidades representam os atributos constituintes das informações básicas fundamentais.

A expressão abaixo apresenta a operação de atribuição dos valores inteiros, representativos de uma classe de importância, a um agrupamento de unidades, executada por programa em LEGAL:

```
// operação  
result = 3*var8 + 3* var9 + 3*var10 + 3*var11 + 3*var12 + 3*var13 + 3*var14 + 3*var15 +  
3*var16 + 3*var17 + 3*var18 + 3*var19 + 3*var20;
```

Como resultados desta operação foram obtidas as classes de importância, de forma individual, na forma de superfície contínua para os diferentes atributos das informações básicas fundamentais (Figura 6.25 A e B).

Executada a atribuição dos valores das classes aos respectivos agrupamentos de unidades, procedeu-se a somatória destes e obtenção das superfícies *fuzzy* de distribuição, desde baixa a muito alta, das classes de influência de um dado atributo dos compartimentos de substrato rochoso e materiais inconsolidados frente a um aspecto de restrição ou potencialidade do meio (Figura 6.26). Nestas superfícies foram observadas ocorrências de regiões caracterizadas por valores superiores aos limites das classes estabelecidas (Figura 6.27 A e B). Tais regiões ocorrem nas zonas de contato complexo e em áreas onde há recobrimento de zonas de gradação com dimensões diferentes, e caracterizam áreas com valores anômalos de distribuição contínua. Nestes casos, estas áreas foram consideradas com o valor máximo 4.

As superfícies *fuzzy* obtidas foram ponderadas segundo os pesos determinados no processo de comparação pareada, e posteriormente cruzadas para obtenção das cartas derivadas interpretativas.

6.4.1.3 Análise das Cartas interpretativas fuzzy

A análise das superfícies contínuas representativas dos comportamentos de potencial ao escoamento superficial, susceptibilidade a erosão e potencial agrícola da bacia foi realizada por meio da execução de duas operações de quantificação de informações apresentadas no sistema SPRING, estatística de imagem por polígonos e medida de classes temáticas.

A primeira foi executada para as imagens representativas das superfícies contínuas de cada carta. Nessa operação o sistema informa, na forma de um relatório de dados, valores de número de *pixel*, mínimo, máximo, amplitude, etc. (Figura 6.28). Para

realização deste procedimento faz-se necessária associação de uma classe temática à superfície contínua.

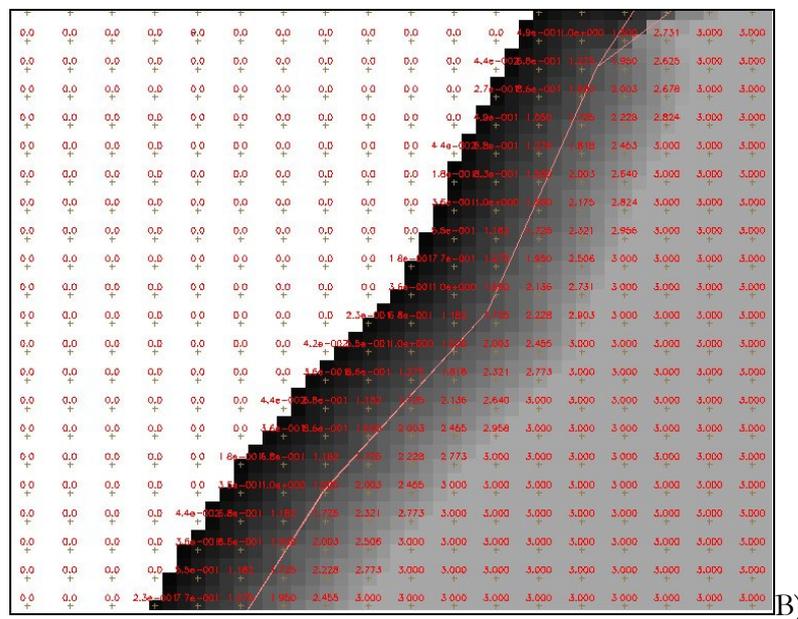
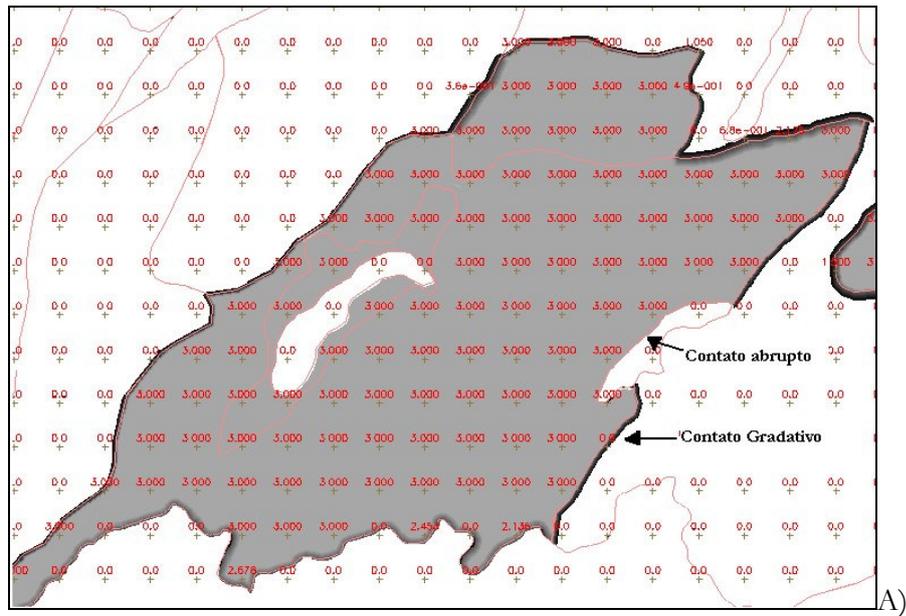


Figura 6.25 – A) Exemplo de agrupamento de unidades representativas de classe de importância alta. B) Detalhe zona de gradação da classe apresentada.

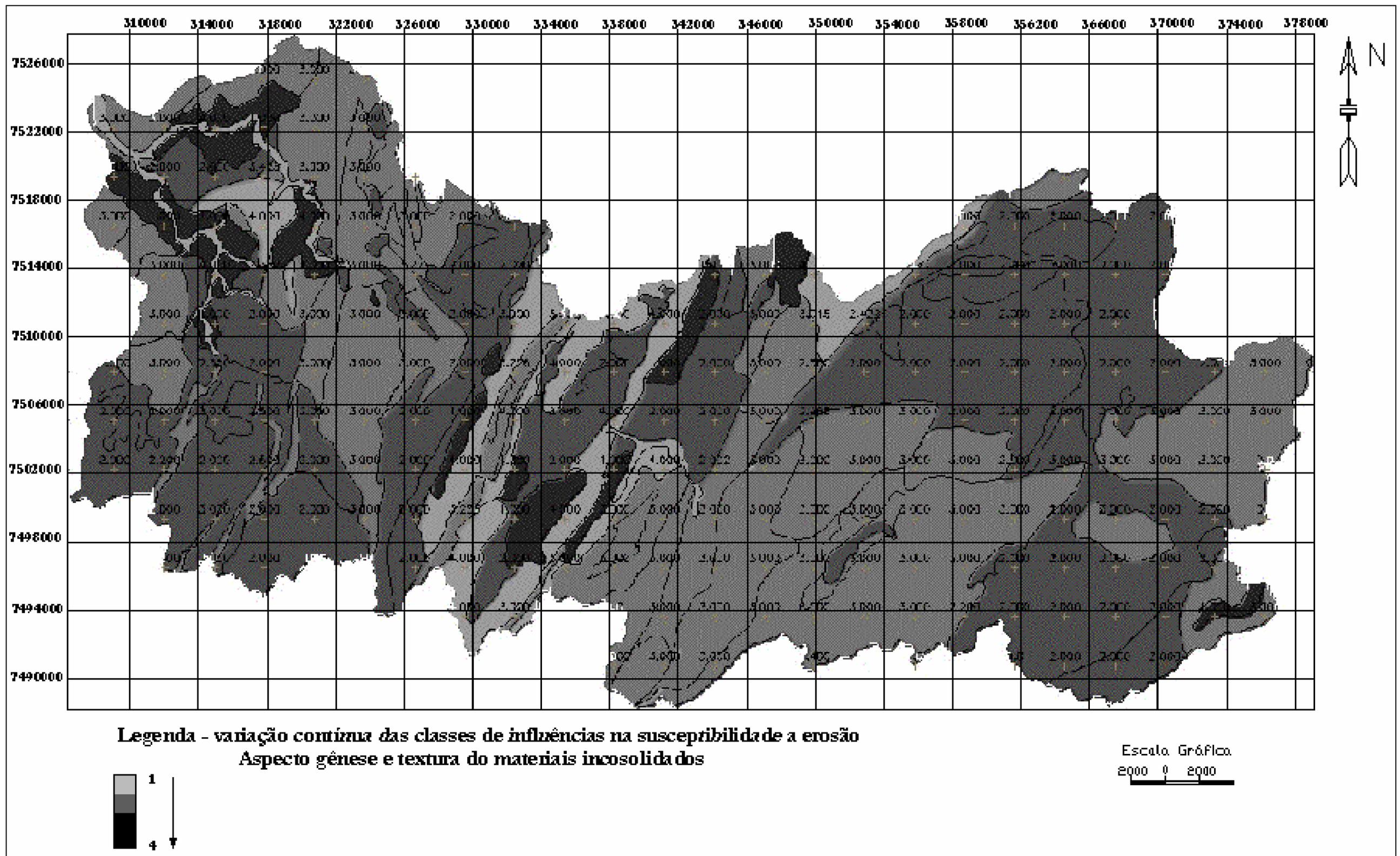


Figura 6.26 – Representação numérica fuzzy das classes de influencia dos atributos gênese/textura dos materiais inconsolidados frente ao aspecto de susceptibilidade a erosão.

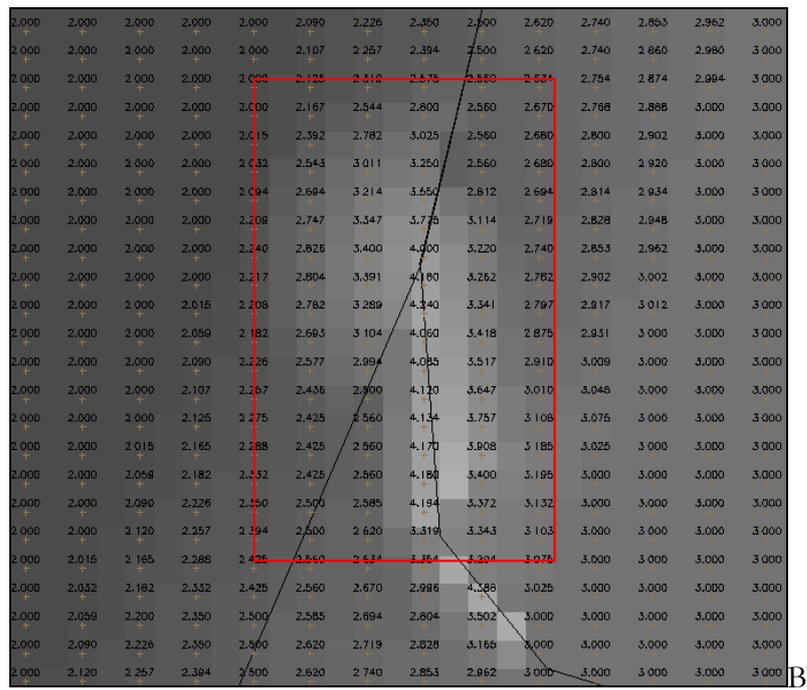
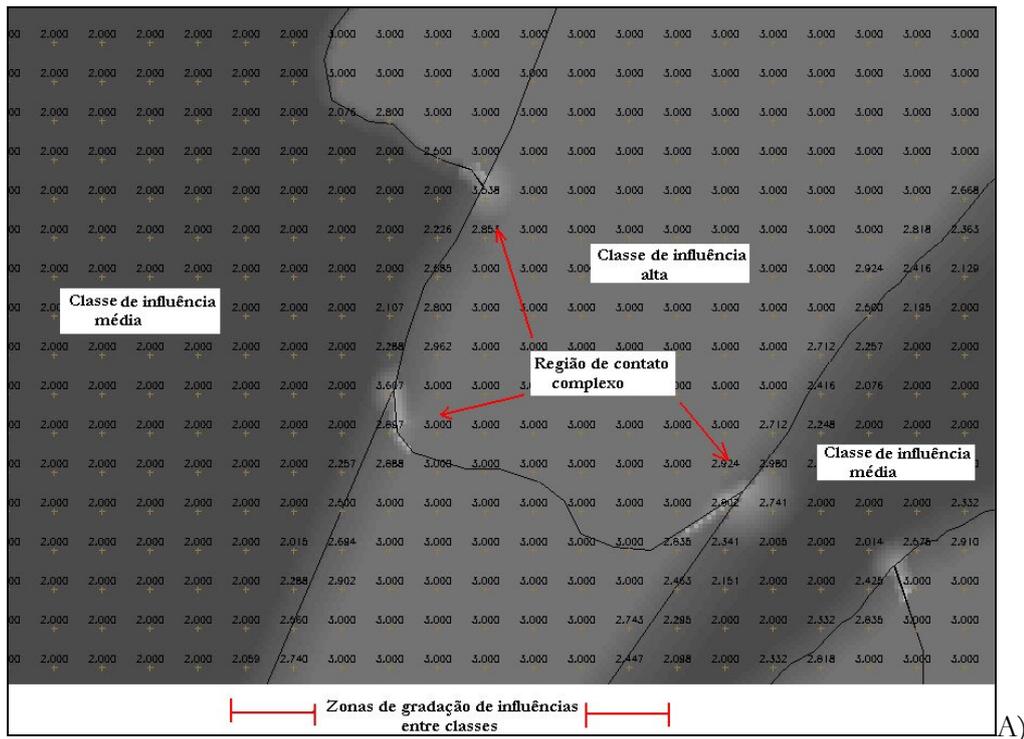


Figura 6.27 – A) Exemplo da ocorrência de regiões anômalas de distribuição contínua de valores entre classes de influência. B) Detalhe de região anômala caracterizada por valores de influência muito alta entre as classes adjacente, baixa e média.

A segunda análise foi realizada para as cartas interpretativas apresentadas em formato temático matricial. Esta operação permite o cálculo de ocorrência em área das informações das classes referenciadas nos documentos cartográficos (Figura 6.29).

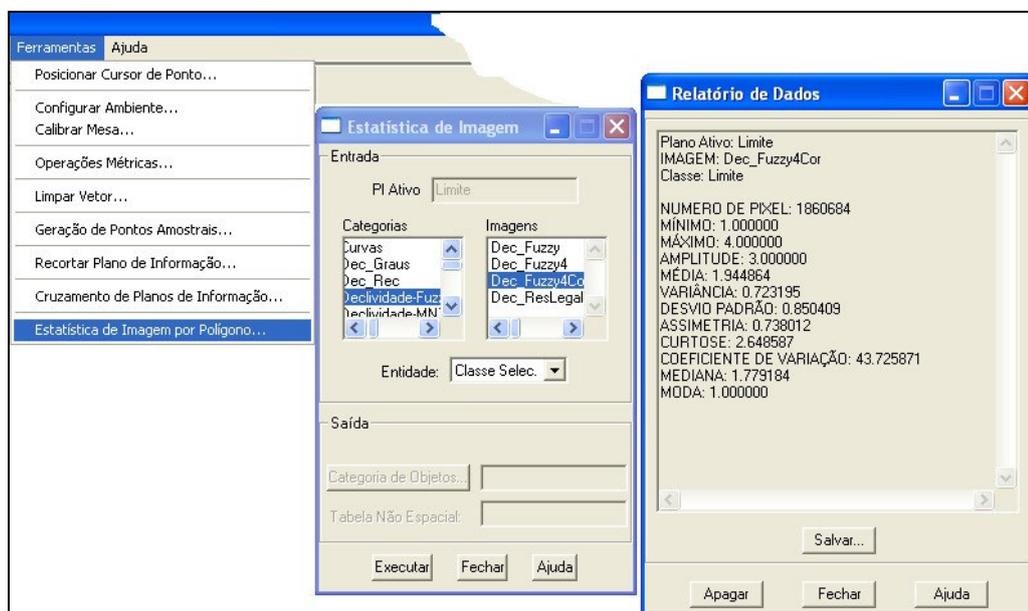


Figura 6.28 – Exemplo de operação de estatística de imagem por polígono.

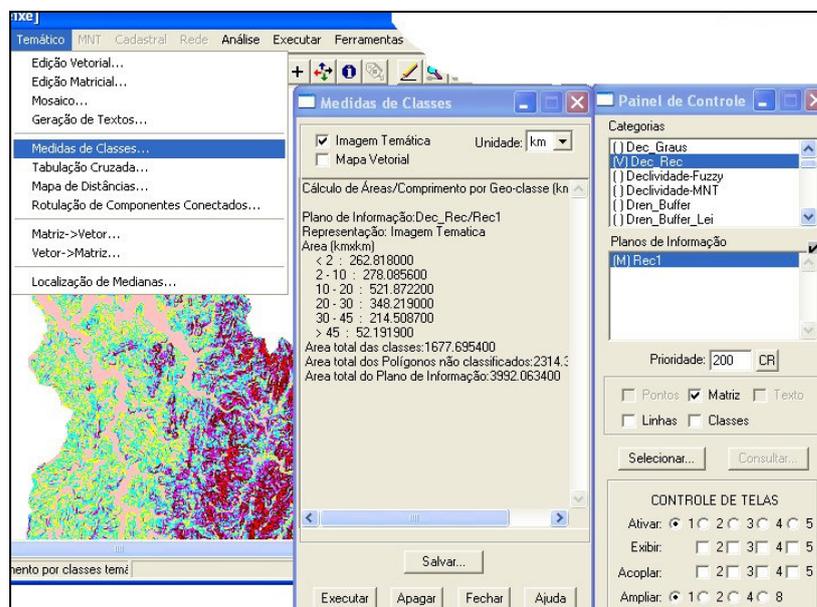


Figura 6.29 – Exemplo operação de medida de classe em imagem temática matricial

6.4.2. Carta de Potencial ao Escoamento Superficial (ANEXO VII)

As informações consideradas para elaboração deste documento e caracterização do potencial ao escoamento da bacia forma: declividade, CEMPAS, materiais inconsolidados e substrato rochoso. A influência das informações dos materiais inconsolidados foi analisada sob os aspectos de textura, gênese e espessura de cada unidade. O substrato rochoso foi analisado sob o aspecto de tipo litológico.

As Tabelas 6.5 e 6.6 apresentam, respectivamente, a ordenação das informações e atributos selecionados por classe de influência no comportamento do escoamento, e a matriz de comparação pareada com pesos obtidos para cada informação.

Tabela 6.5 – Ordenação das informações do meio físico e distribuição dos atributos em classes crescentes de influência.

Aumento do potencial ao escoamento				
Informações do meio físico	Classes de Escoamento			
	Baixa 1	Média 2	Alta 3	Muito alta 4
Declividade▶			
Materiais inconsolidados Textura / gênese	Retrabalhados arenosos	Residuais arenosos	Residuais siltosos Retrabalhados argilosos	Residuais argilosos
CEMPAS▶			
Materiais inconsolidados .Espessura (m)	> 5,0	5,0-3,0	3,0-1,0	<1,0
Substrato rochoso	Granitos cataclasados Milonitos Ultramilonitos	Gnaisses int. rochas básicas Gnaisses inter. quartzitos	Migmatito Granito-gnaisses	Granitos porfíricos Quartzitos impuros

.....▶ Atributos com variação contínua

Tabela 6.6 – Matriz de comparação pareada e pesos de ponderação de cada informação.

	Declividade	MI textura gênese	Densidade drenagem	MI espessura	Substrato	Peso ponderação
Declividade	1	2	2	3	5	0,36607
MI- textura gênese	1/2	1	1	3	5	0,24221
Densidade drenagem	1/2	1	1	2	5	0,2174
MI- espessura	1/3	1/3	1/2	1	5	0,12875
Substrato	1/5	1/5	1/5	1/5	1	0,04557

A matriz apresentada na Tabela 6.7 retrata a avaliação de julgamento de importância entre as informações do meio físico, executada pela operação de suporte a decisão AHP do SPRING. A razão de consistência obtida na operação de comparação par a par foi 0,04.

A declividade foi considerada como informação de maior importância no processo de escoamento superficial, apresentando influência direta nas condições de mínimo e máximo escoamento. A disposição desta nas classes de influência obedeceu a distribuição dos valores percentuais de declividade, representados sob formato $fuzzy$ (1 - 4).

A distribuição em classes de influências da carta CEMPAS também foi retratada sob formato $fuzzy$, correspondendo a superfície contínua elaborada na criação da base de dados básicos fundamentais (item 6.2.2).

A informação de materiais inconsolidados relativa aos aspectos de textura e gênese foram distribuídas nas classes crescentes de influência, considerando-se que materiais de gênese retrabalhada com textura caracterizada por mais de 50% de fração areia favorecem a mínima condição de escoamento, por corresponderem a materiais muito evoluídos que favorecem a infiltração; e materiais de gênese residual associados a texturas com mais de 50% de fração argila favorecem as condições de máximo escoamento. Matérias com gênese residual e texturas arenosas a siltosas, e de gênese retrabalhada com texturas argilosas foram divididos em classes que caracterizam condições de escoamento médio a alto.

Com relação ao aspecto espessura dos materiais inconsolidados, as unidades constituintes deste compartimento foram distribuídas em classes crescentes de influência a partir da consideração que áreas com materiais pouco espessos (<1,0 metro) favorecem as condições de escoamento muito alto, e áreas que apresentam materiais muito espessos (>5,0 metros) favorecem as condições de mínimo escoamento, pois nestas há uma tendência maior a infiltração.

Na distribuição das unidades do substrato rochoso segundo grau de influência as unidades representadas por granitos cataclasados, milonitos e ultramilonitos foram enquadradas na classe de mínima condição de escoamento, devido a presença de fraturamento e falhamentos em todas, e heterogeneidade composicional das últimas. As unidades representadas por quartzitos impuros e granitos porfíricos foram classificadas como representativas das condições de escoamento mais elevadas, pois estas apresentam

maior homogeneidade composicional e textural. As unidades constituintes de gnaisses, migmatitos e granitos-gnaisses foram entendidas como condicionantes de escoamento médios a altos, de acordo com seus aspectos texturais.

As atribuições dos valores associados a cada classe de influência, e a obtenção das superfícies contínuas representativas da distribuição crescente destas nos atributos de materiais inconsolidados e substrato rochoso analisados, foram executadas por rotinas de programação (Programas LEGAL 65 a 75, Apêndice A). A ponderação dos pesos de importância às informações do meio físico analisadas, também foi efetuada por meio de rotinas escritas em LEGAL (Programas LEGAL 76 a 80, Apêndice A).

O mapa de potencial ao escoamento da área foi obtido por meio de somatória das superfícies contínuas das informações classificadas e ponderadas. A operação de somatória destas foi realizada por rotina de programação (Programa LEGAL 81, Apêndice A), e resultou na superfície *fuzzy* representativa do mapa (Figura 6.30).

O entendimento do comportamento de potencial ao escoamento da bacia foi realizado por meio de análises que envolveram observações da superfície contínua elaborada, estatística de imagem por polígono e medidas de classes temáticas matriciais associadas ao mapa *fuzzy*. A medida de classes temáticas foi realizada mediante fatiamento do mapa contínuo em faixas representativas do comportamento de escoamento da área (Anexo VII). As faixas de valores adotadas para representação deste comportamento foram: 1,0 a 2,0 para potenciais de escoamento baixo, 2,0 a 2,5 para potenciais de escoamento médio, 2,5 a 3,5 para potenciais de escoamento altos e 3,5 a 4,0 para potenciais muito altos de escoamento.

No processo de fatiamento os valores acima de quatro, presentes em regiões de comportamento anômalos foram integrados na classe de escoamento muito alto.

A observação da superfície contínua e os dados da estatística de imagem por polígono (Tabela 6.7) mostram uma predominância de ocorrência de classes de escoamento médio, tendendo a alto. Os valores obtidos da medida de classes temáticas revelam que a bacia caracteriza-se por apresentar potencial ao escoamento médio a alto (Tabela 6.7).

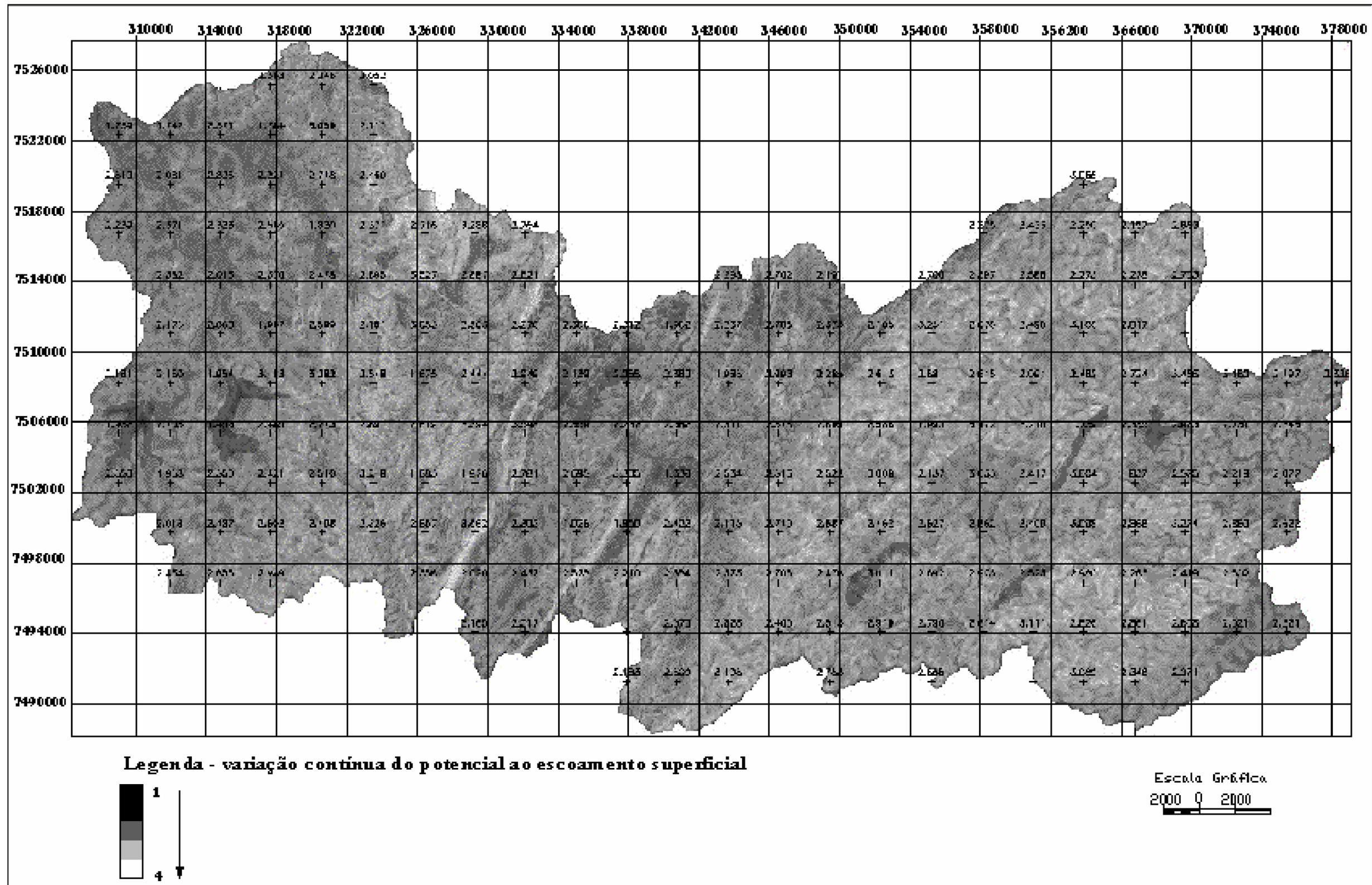


Figura 6.30 – Representação numérica fuzzy do potencial ao escoamento da Bacia do Rio do Peixe.

Tabela 6.7 - Valores medidos de classe temática e estatística de imagem por polígono

Classes de Potencial ao escoamento	Área (km ²)	% de ocorrência na bacia
Baixo	179,68	10,71
Médio	649,49	38,72
Alto	660,72	39,39
Muito Alto	187,52	11,18
Valores de estatísticas de imagem		
Numero de <i>Pixels</i> analisados	1860717	
Mínimo	0,58	
Máximo	4,35	
Média	2,515	
Desvio Padrão	0,40	
Moda	2,37	

6.4.3. Carta de Susceptibilidade a Erosão (ANEXO VIII)

Foram selecionadas para elaboração deste documento informações referentes a textura, gênese e espessura dos materiais inconsolidados, e as informações do comportamento de escoamento superficial da área, conforme proposta de Pejon (1992).

As Tabelas 6.8 e 6.9 apresentam, respectivamente, a ordenação das informações e atributos selecionados por classe de influência no comportamento a susceptibilidade a erosão, e a matriz de comparação pareada com pesos obtidos para cada informação. A razão de consistência obtida na operação de comparação par a par foi 0,05.

Tabela 6.8 – Ordenação das informações do meio físico e distribuição dos atributos em classes crescentes de influência.

Aumento da susceptibilidade a erosão 				
Informações do meio físico	Classes de Escoamento			
	Baixa 1	Média 2	Alta 3	Muito alta 4
Potencial ao escoamento				
Materiais inconsolidados Textura / gênese	Retrabalhados argilosos	Retrabalhados arenosos Residuais argilosos	Residuais arenosos 10-30% argila	Residuais arenosos <= 10% argila Residuais siltosos
Materiais inconsolidados .Espessura (m)	<1,0	1,0 – 3,0	3,0-5,0	>5,0

 Atributos com variação contínua.

Tabela 6.9 – Matriz de comparação pareada e pesos de ponderação de cada informação.

	Potencial ao escoamento	MI textura gênese	MI espessura	Peso ponderação
Potencial ao escoamento	1	1,333	2	0,42702
MI- textura gênese	0,75	1	3	0,40351
MI- espessura	1/2	1/3	1	0,16946

Na caracterização do comportamento de susceptibilidade a erosão do meio físico da bacia, o potencial ao escoamento foi considerado como informação de maior importância, apresentando grande importância no condicionamento das condições de mínima e máxima susceptibilidade. A disposição desta nas classes de influência obedeceu a distribuição natural dos valores representados sob formato *fuzzy* (1 -4).

A declividade não foi selecionada por estar indiretamente retratada pelo mapa de potencial ao escoamento. As informações relativas ao substrato rochoso foram retratadas por meio dos aspectos de gênese e texturas dos materiais inconsolidados, não só pela caracterização quanto a origem residual ou retrabalhado, mas pela distribuição das unidades em classes de influência a partir de considerações da rocha original, quando residuais, e dos resultados obtidos no ensaios de erodibilidade das amostras de solos.

As unidades de materiais caracterizadas por gênese retrabalhada e textura argilosa foram consideradas como responsáveis pelas a mínima condição de erodibilidade, pois corresponderem a materiais muito evoluídos que desfavorecem a situações de elevado escoamento, e segundo dados de ensaios caracterizam-se por baixa erodibilidade. Os materiais de textura arenosa, com mais de 60% de fração areia, de origem residual de ultramilonitos, blastomilonitos, quartzitos impuros e gnaisses intercalados a rochas básicas foram considerados como responsáveis pelas condições de máxima susceptibilidade a erosão. Estes, conforme ensaios em laboratório caracterizam-se por alta erodibilidade. Unidades de matérias de textura argilosa e residuais de granitos porfiríticos, granito-gnaisses, gnaisses intercalados com rochas básicas, migmatitos e ultramilonitos foram considerados como da classe de média influência. Na classe da alta influência foram enquadrados os materiais residuais de granitos cataclados, granitos porfiríticos, granito-gnaisses, quartzitos impuros, gnaisses intercalados a rochas básicas e quartzitos, utlamilonitos e blastomilonitos

que apresentam textura arenosa e siltosa, com percentuais similares destas frações

Com relação a espessura, as unidades pouco espessas (<1,0 metro) foram classificadas como de baixa susceptibilidade e as unidades muito espessas (>5,0 metros) como de máxima susceptibilidade, pois nestas os processos erosivos quando instalados atingem grandes proporções.

As atribuições dos valores associados a cada classe de influência, e a obtenção das superfícies contínuas representativas da distribuição crescente destas nos atributos de materiais inconsolidados foram executadas por rotinas de programação (Programas LEGAL 82 a 91, Apêndice A).

Os programas em LEGAL 92 a 95 (Apêndice A) executaram a ponderação dos pesos de importância e a elaboração do mapa de susceptibilidade a erosão fuzzy.

Os dados da estatística de imagem por polígono (Tabela 6.10) e a observação da superfície contínua de distribuição da (Figuras 6.31) mostram uma predominância de ocorrência da classe de alta susceptibilidade. Os valores obtidos da medida de classes apresentadas no mapa temático (Anexo VIII) revelam que a bacia caracteriza-se por apresentar susceptibilidade a erosão alta a média.

Tabela 6.10 - Valores medida de classe temática e estatística de imagem por polígono.

Classes de Potencial ao escoamento	Área (km ²)	% de ocorrência na bacia
Baixo	115,80	6,90
Médio	639,34	38,11
Alto	781,58	46,59
Muito Alto	140,70	8,39
Valores de estatísticas de imagem		
Numero de <i>Pixels</i> analisados	1860717	
Mínimo	0,25	
Máximo	4,46	
Média	2,53	
Desvio Padrão	0,36	
Moda	2,12	

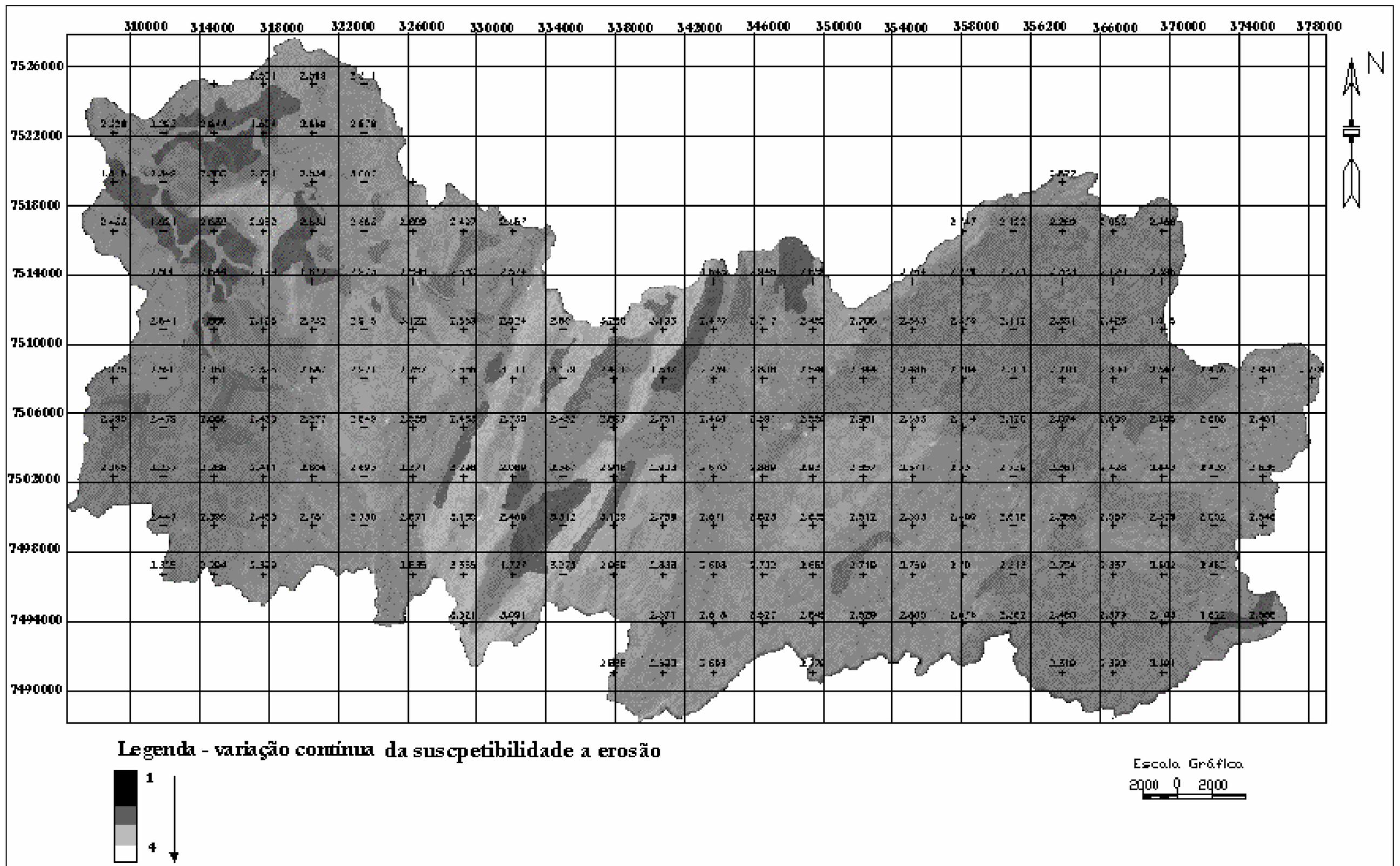


Figura 6.31 – Representação numérica fuzzy susceptibilidade a erosão da Bacia do Rio do Peixe.

6.4.4. Carta de Potencial Agrícola (ANEXO IX)

Para caracterização do potencial agrícola da bacia foram analisadas as seguintes informações do meio físico: susceptibilidade a erosão, materiais inconsolidados (textura, espessura e capacidade de troca catiônica) e declividade, conforme proposta de Zuquette *et al.* (1993).

A ordenação das informações e atributos selecionados por classe de influência no comportamento susceptibilidade a erosão, e a matriz de comparação pareada com pesos obtidos para cada informação são apresentadas na Tabelas 6.11 e 6.12, respectivamente. A razão de consistência obtida na operação de comparação par a par foi 0,07.

Tabela 6.11 – Ordenação das informações do meio físico e distribuição dos atributos em classes crescentes de influência.

Aumento do potencial agrícola ▶				
Informações do meio físico	Classes de potencial agrícola			
	Baixa 1	Média 2	Alta 3	Muito alta 4
Declividade	◀.....▶			
Susceptibilidade a erosão	◀.....▶			
Materiais inconsolidados Espessura (m)	<1,0	1,0 – 3,0	3,0-5,0	>5,0
Materiais inconsolidados Textura	Argilosos Arenosos	Argilo-arenosos Siltosos	Areno-argilosos	Areno-siltoso
Materiais inconsolidados CTC	<3	3 - 5	5 - 8	>8

.....▶ Atributos com variação contínua.

Tabela 6.12 – Matriz de comparação pareada e pesos de ponderação de cada informação.

	Declividade	Suscep. Erosão	MI espessura	MI textura gênese	MI-CTC	Peso ponderação
Declividade	1	2	2	4	3	0,45
Suscp. Erosão	1/2	1	3	3	2	0,20
MI-espessura	1/2	1/3	1	4	3	0,15
MI- textura gênese	1/4	1/3	1/4	1	3	0,10
MI-CTC	1/3	1/2	1/3	1/3	1	0,10

Na caracterização do comportamento de potencial agrícola da área a informação referente declividade do meio físico foi considerada como de maior importância, condicionando situações de potencial mínimo e máximo segundo sentido inverso ao aumento da mesma. A influência da declividade no desenvolvimento de atividades agrícolas de uma área é caracterizada, de forma geral, pelos valores mais baixos de declividade como mais favoráveis a prática destas atividades. De acordo com Zuquette *et al* (1993), valores de declividade percentuais abaixo de oito caracterizam condições de máxima favorabilidade, e acima de 20 já vêm a caracterizar condições restritivas ao desenvolvimento de práticas agrícolas.

A avaliação do comportamento de influência dos valores de declividade percentuais da área segundo maior ou menor favorabilidade ao desenvolvimento de práticas agrícolas obedeceu aos limites destacados por Zuquette *e al (op cit)*. A adoção destas faixas fez-se necessário a elaboração de um novo mapa de declividade *função*, o qual retratasse tais condições de restrição e favorabilidade ((Programa LEGAL 96, Apêndice A). Para este intervalo restritivo foi elaborada a equação linear (($f(x) = (x * -0,25) + 6$), a qual permitiu transformação e espacialização contínua da declividade percentual, contida neste intervalo, para o *range* “4”, “1” por meio da expressão a seguir:

$$MF_{declivida\ 4-1} = (valor\ declividade * -0.25) + 6 \text{ Se } ((valor\ declividade > 8 \text{ E } Valor\ declividade < 20))$$

Para garantir que fora da faixa adotada não ocorressem valores diferentes do *range* estabelecido, foram elaboradas e aplicadas as equações lineares ($f(x) = (x * 0) + 1$) e ($f(x) = (x * 0) + 4$), executadas na rotina de programação (Programa LEGAL X - Anexo XI) pelas expressões:

$$MF_{Declividade1} = (Valor\ declividade * 0) + 1 \text{ Se } (valor\ declividade \geq 20)$$

$$MF_{Declividade4} = (Valor\ declividade * 0) + 4 \text{ Se } (valor\ declividade \leq 8)$$

A informação de susceptibilidade a erosão foi considerada com a segunda com maior importância no condicionamento a situações de potencial agrícola mínimo e máximo. Para disposição do comportamento de susceptibilidade nas classes de influência ao potencial agrícola fez-se necessário a elaboração de uma nova superfície em formato *função*. Esta foi obtida a partir da inversão dos valores apresentados no mapa contínuo. A inversão do mapa foi executada por rotina de programação (Programa

LEGAL 97, Apêndice A), a partir da aplicação da função $f(x) = (\text{valorpixel} * -0,6369) + 4$, a qual transformou os valores de *pixels* representativos de susceptibilidade muito alta em baixa.

As unidades de matérias pouco espessas (<1,0 metro) caracterizam condições de baixos potencial ao desenvolvimento agrícola, limitam o desenvolvimento de culturas com raízes profundas. Já as unidades muito espessas (>5,0 metros) favorecem as situações de máximo potencial, pois não correspondem uma condição limitante. Com relação ao aspecto textura, as unidades argilosa e arenosa com percentuais das frações argila e areia correspondentes a mais de 60%, foram consideradas com condicionantes de baixo potencial; unidade com texturas areno-argilosas e areno-siltosas como condicionantes de potenciais alto e muito alto, e a classe de potencial e unidades com textura argilo-arenosa ou siltosa condicionantes de potenciais médios.

Os programas em LEGAL 98 a 118 (Apêndice A) executaram a ponderação dos pesos de importância e a elaboração do mapa de potencial agrícola *fuzzy*. A este documento foi, posteriormente, sobreposto as faixas de restrições legais estabelecidas pela Lei Federal 4.771, relativa ao código florestal de 1965, o qual estabelece:

1. Faixas de 30 metros dos cursos de drenagem – áreas de preservação permanente;
2. Faixas de declividades entre 25° – 45° - proibida derrubada de florestas para desenvolvimento de qualquer atividade de ocupação do meio;
3. Faixas de declividades > 45° - área de preservação natural, seja em encosta ou parte da mesma.

Com base nas condições restritivas acima expostas foram executadas rotinas (Programas LEGAL 119 e 120, Apêndice A) as quais permitiram a elaboração de superfícies contínuas, relativas aos aspectos de declividade em graus e distância dos cursos de drenagem, que funcionaram como máscaras. Nestas superfícies valor 0 às regiões com aspectos restritivos e 1, as regiões sem impedimento legal. Estas máscaras foram cruzadas com o mapa de potencial previamente elaborado, resultando em um novo documento, que caracterizou o potencial agrícola da bacia (Programa LEGAL 121, Anexo XI).

Os dados da estatística de imagem por polígono (Tabela 6.13) e a observação da superfície contínua de distribuição da (Figuras 6.32) mostram uma predominância de

ocorrência da classe de potencial alto. A operação de medida de classes executada para o mapa temático (Anexo IX) confirmam a predominância da classe de alto potencial agrícola.

Tabela 6.13 - Valores medida de classe temática e estatística de imagem por polígono.

Classes de Potencial agrícola	Área (km²)	% de ocorrência na bacia
Baixo	434,43	25,92
Médio	349,68	20,87
Alto	260,01	15,52
Muito Alto	471,89	28,16
Restritivo	159,84	9,54
Valores de estatísticas de imagem		
Numero de <i>Pixels</i> analisados	1860717	
Mínimo	0,35	
Máximo	3,91	
Média	2,52	
Desvio Padrão	0,06	
Moda	3,29	

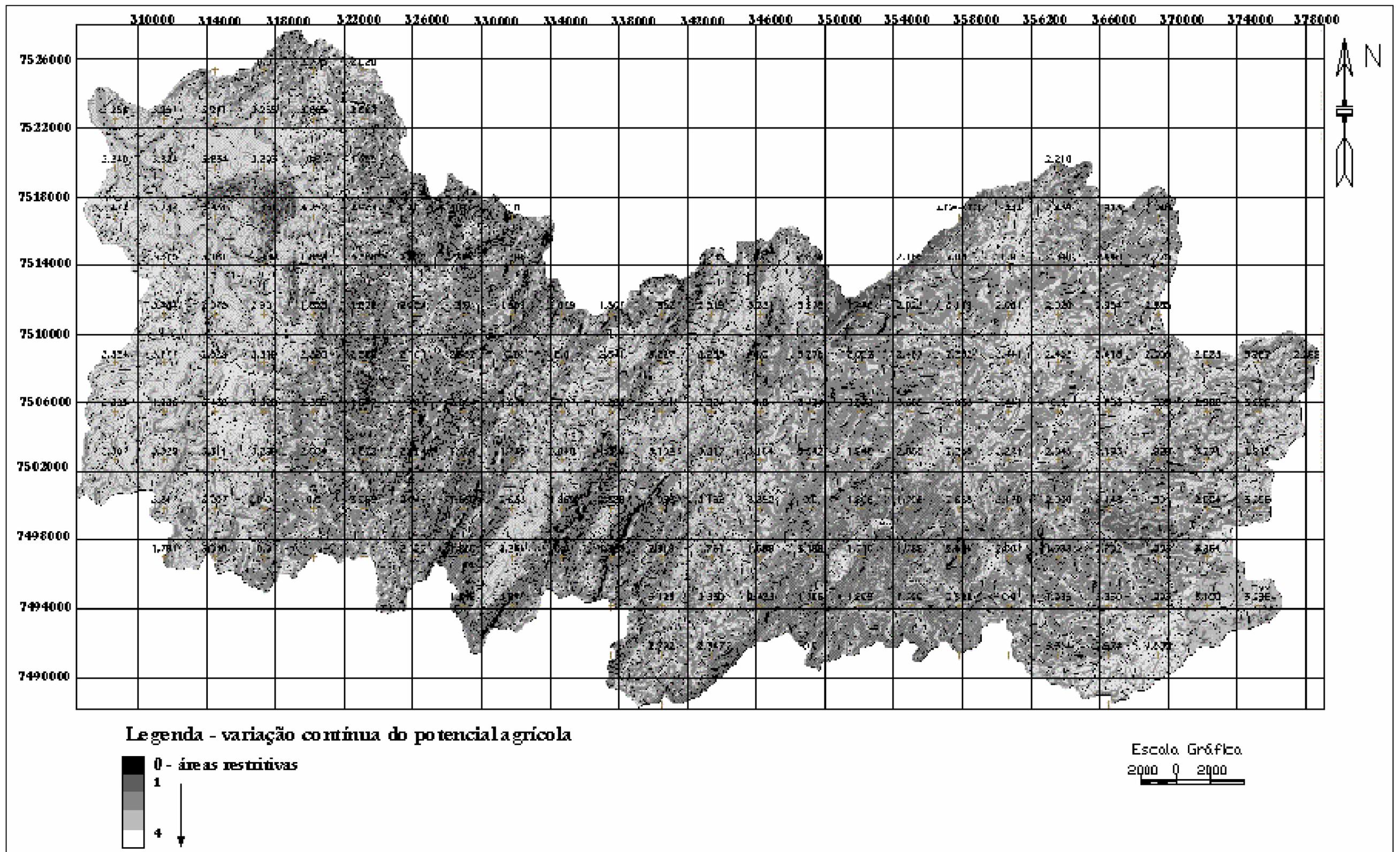


Figura 6.32 – Representação numérica *fuzzy* do potencial agrícola da Bacia do Rio do Peixe.

7. – CARACTERIZAÇÃO DE ALTERAÇÕES DO MEIO – PROPOSTAS DE UM NOVO GEOINDICADOR

O processo de avaliação de alterações do meio físico introduzidas por atividades transformadoras constitui um método de avaliação ambiental, o qual configura um instrumento do processo planejamento. Processos ou fenômenos do meio utilizados como forma de identificação e quantificação destas alterações recebem a denominação de geoindicadores ambientais.

Com objetivo de identificar e caracterizar alterações ambientais introduzidas no meio físico da bacia do Rio do Peixe devido a prática de atividades agrícolas é proposta a utilização do parâmetro resistência a penetração do solo como geoindicador ambiental.

7.1 - RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

No que se refere a estrutura física do solo, o processo de compactação modifica as condições naturais, implicando na modificação das condições de equilíbrio químico, físico e biológico, e dificultando a translocação de água e nutrientes (Davis e Zhang, 1991).

Vaz *et al* (2001) citam que a compactação do solo caracteriza-se pela diminuição do volume do mesmo, quando este é submetido a uma pressão externa.

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), solos com elevado grau de compactação, apresentam uma estruturação que dificulta a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, o que favorece a atuação do processo de erosão pela retirada da camada superficial do solo. Por outro lado, solos com baixo grau de compactação

apresentam melhor capacidade de infiltração, menor velocidade de escoamento superficial, conseqüentemente menor atuação da erosão.

De modo simplificado pode-se entender que solos compactados têm suas condições naturais de equilíbrio modificadas, o que pode acarretar em implicações no desenvolvimento e rendimento de culturas, além de influenciar na ocorrência de processos erosivos, devido a alteração das condições de infiltração e escoamento.

De uma maneira geral, qualquer modificação nas condições naturais de uso do solo, por exemplo, a remoção da cobertura original para o desenvolvimento de atividade agrícola, tende a alterar as condições primárias de compactação do mesmo, e modificar seu equilíbrio.

O método mais comum de quantificar o estado de compactação do solo é por meio de uso de penetrômetros de solo. Estes medem a resistência à penetração, como a força ou pressão necessária para inserir um cone de tamanho padrão no solo (Bradford, 1986). A inserção do cone no solo pode ser realizada de duas maneiras: 1) o operador força o conjunto contra o solo ou 2) o conjunto é inserido por meio de impactos produzidos pela queda de um peso fixo, em um curso constante (Stolf *et al.*, 1983).

O segundo método de cravação permite que a resistência a penetração de um solo seja inferida, a partir da relação entre o número de impactos executados e o valor de profundidade penetrado.

De acordo com Vaz & Hopmans (2001) a resistência à penetração é uma propriedade do solo de grande variabilidade espacial, e a técnica de medida de resistência do solo por penetrômetros pode apresentar dificuldade de interpretação e avaliação em termos de valores absolutos, se não forem devidamente considerados parâmetros como a densidade global do solo (ρ) e a umidade (θ). Os autores (*op cit*) ressaltam que a determinação destes parâmetros é relevante, pois são os que mais influenciam no comportamento de resistência a penetração do solo, sendo a resistência inversamente proporcional a umidade e diretamente proporcional a densidade do solo.

Vaz *et al* (2001), com o intuito de melhorar a técnica de penetrometria, desenvolveram um penetrômetro de cone combinado a uma sonda TDR que permite obter, de forma simultânea, medidas de resistência à penetração e umidade do solo, ao longo de um perfil de 60cm.

Para determinação dos parâmetros resistência a penetração e umidade do solo o equipamento desenvolvido utiliza a técnica de reflectometria no domínio do tempo.

7.1.1. Teoria da Técnica de Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR)

A reflectometria no domínio do tempo é uma técnica de medida de umidade, a qual se baseia na medida de velocidade ou no tempo de trânsito de uma onda eletromagnética ao longo de uma sonda metálica de comprimento conhecido inserida no solo (Or *et al.*, 2001). Baseada nas medidas do tempo de transito da onda eletromagnética calcula-se a constante dielétrica do solo que envolve a haste. O cálculo da constante dielétrica é realizado por meio da equação:

$$\epsilon_b = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{ct}{2L}\right)^2 \quad (\text{Eq.7 1})$$

onde: ϵ_b – constante dielétrica do meio

c – velocidade da onda eletromagnética no vácuo (3×10^8 m/s)

t – tempo de viagem do pulso eletromagnético (seg.)

L – comprimento da sonda (metros)

v – velocidade de propagação da onda

Com base no valor da constante obtida é estimado o valor de umidade do solo. O cálculo da umidade é realizado por meio da equação universal de Topp (Topp *et al.*, 1980), a qual corresponde a uma equação empírica polinomial de grau 3, e estabelece a relação entre ϵ_b e θ . A equação de Topp é apresentada abaixo:

$$\theta = 5.3 \times 10^{-2} + 2.92 \times 10^{-2} \epsilon_b + 5.5 \times 10^{-4} \epsilon_b^2 + 4.3 \times 10^{-6} \epsilon_b^3 \quad (\text{Eq 7.2})$$

onde: θ - teor de umidade volumétrica

7.2 EQUIPAMENTO – PENETRÔMETRO/SONDA-TDR

Para obtenção dos parâmetros ϵ_b e θ , em conjunto as medidas de resistência a penetração, utilizou-se a sonda desenvolvida por Vaz *et al.* (2001). A mesma consiste de um penetrômetro de solo, com uma sonda TDR de geometria espiral, localizada na base do mesmo, imediatamente acima do cone de penetração. A sonda espiral TDR consiste de dois fios de aço, um condutor e um terra, com comprimento de 26 cm, disposto de forma espiralada em 5 cm. (Figura 7.1 A e B).

Os fios são envoltos por um material plástico duro (Kevlar-Nylon), com espaço de 2 mm entre os mesmos (Vaz e Hopmans, 2001) (Figura 7.2). As medidas do cone de penetração satisfazem aos padrões da Sociedade Americana de Engenharia de Agronomia (ASAE, 1994 *apud* Vaz e Hopmans, 2001).

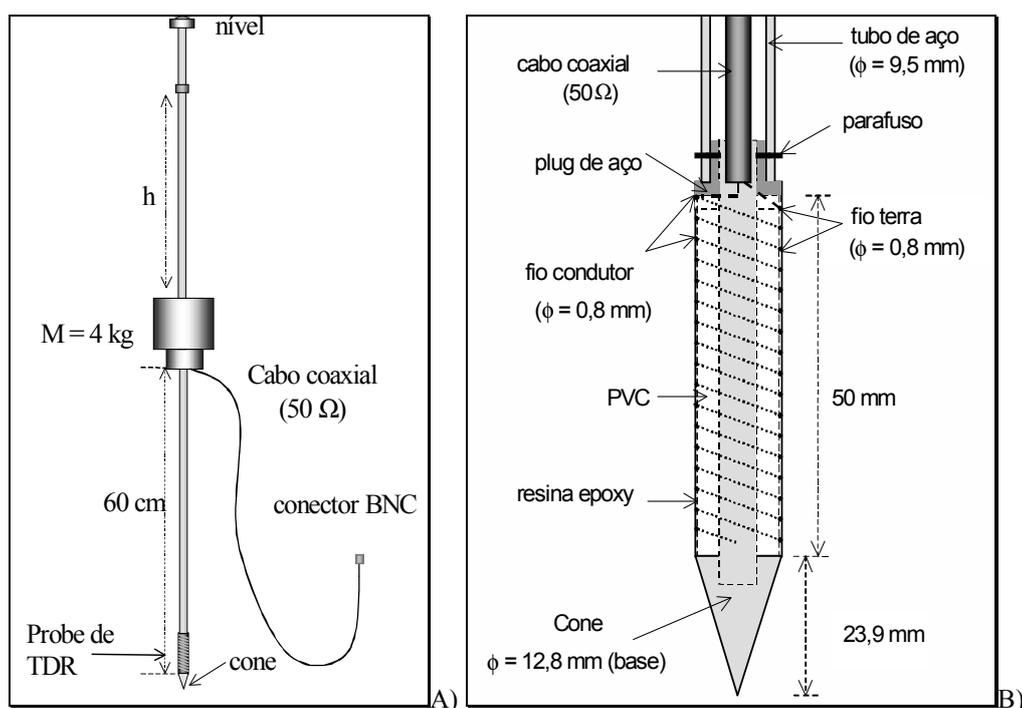


Figura 7.1 – A) Penetrômetro de impacto com sonda espiral de TDR. B) Esquema da haste do penetrômetro de impacto com sonda espiral TDR (Vaz & Hopmans, 2001).



Figura 7.2 – Detalhe da sonda espiral de TDR. Fios metálicos envoltos em um material plástico duro (Kevlar-Nylon).

A sonda desenvolvida por Vaz *et al* (2001) utiliza um programa para aquisição das medidas de ϵ_b e θ , por meio de processamento em um computador portátil conectado ao penetrômetro e ao TDR (Figura 7.3). O aparelho de TDR utilizado é um Tektronix 1502B, e o programa WinTDR 6.0, o qual é fornecido gratuitamente pelo grupo de Física do solo, Utha University, EUA..

O modelo do penetrômetro utilizado é de impacto (modelo – IAA/Planalsucar – Stolf) desenvolvido para fins de medida de resistência a penetração do solo em áreas destinadas ao desenvolvimento de práticas agrícola.



Figura 7.3 – Equipamentos utilizados para aquisição de medidas de ϵ_b e θ em campo.

7.2.1 WinTDR 6.0

O princípio básico de determinação dos valores de ϵ_b e θ , utilizado pelo WinTDR 6.0, fundamenta-se na análise dos comprimentos de onda eletromagnética que transitam na sonda inserida no solo. A análise das formas de onda geradas permite determinar a distância percorrida pela mesma, a partir de medidas das inflexões apresentadas pela forma de onda visualizada na tela do computador portátil (Figura 7.4).

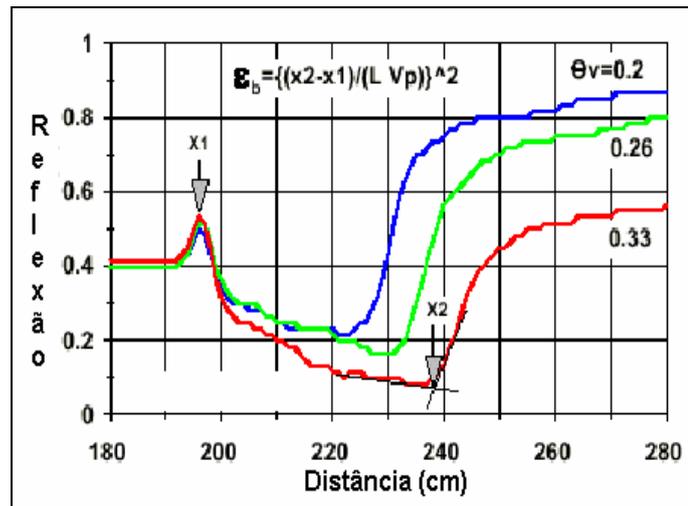


Figura 7.4 – Exemplo de formas de ondas geradas pelo TDR e analisada pelo programa WinTDR 6.0 (Or *et al*, 2001).

O programa calcula as posições das inflexões x_1 (denominada de 1^o pico) e x_2 (2^o pico ou 2^a inflexão) e a partir da equação abaixo determina a constante dielétrica do meio.

$$\epsilon_b = \left[\frac{(x_2 - x_1)}{Lv} \right]^2 \quad (\text{Eq.7. 3})$$

onde: x_1 e x_2 - Picos de inflexão apresentados na forma de onda eletromagnética

ϵ_b – constante dielétrica do meio

L – comprimento da sonda (metros)

v – velocidade relativa de propagação da onda

A Eq 7.3 é similar a Eq 7.1, utilizada na técnica de reflectometria. Dos valores das constantes dielétricas calculados são obtidos os valores de umidade do solo, por meio da equação universal de Topp (Eq. 7.2).

7.3. MEDIDAS DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

A determinação da resistência a penetração do solo, por ensaios de penetrometria pode ser realizada de duas formas: 1) por meio do cálculo do índice de resistência a penetração (IRP) e 2) por meio da quantificação do número total de golpes executados (NTG) para penetrar um valor de profundidade fixo (Stolf *et al*, 1983).

O IRP é calculado para diferentes profundidades do perfil ensaiado, e permite caracterizar o comportamento da resistência a penetração de um solo ao longo de um perfil de penetração.

O NTG informa o comportamento de resistência a penetração de um local ensaiado e permite que seja verificado o comportamento da resistência a penetração de um solo frente a diferentes atividades de uso vigentes, por meio da comparação de medidas. O valor de NTG é calculado pela equação abaixo:

$$NTG = \frac{NG}{x} \quad (\text{Eq 7.4})$$

onde: NTG – índice de resistência a penetração (número impactos/profundidade).

NG – número total de golpes executados

x. – profundidade do perfil ensaiado (60 cm)

7.4 PROCEDIMENTOS EMPREGADOS

Para utilização do parâmetro resistência a penetração como indicador de alterações ambientais do meio físico foram executadas primeiramente experimentos de calibração da sonda-TDR em laboratório, para então serem executadas medidas de resistência em campo.

7.4.1 Experimentos em laboratório

Consistiu da calibração da sonda-TDR combinada e obtenção de curvas de umidade padrão para os tipos de solos existentes na área.

A obtenção das curvas de calibração compreendeu a execução de medidas de diferentes valores de umidade com a sonda-TDR em três tipos de solos residuais da bacia: 1) Gnaisses intercalados com Rochas Básicas, 2) Gnaisses intercalados com Quartzitos e 3) Migmatitos. Além das curvas obtidas em laboratório foram utilizados também resultados de calibrações executados por Manieri & Vaz (2003), no laboratório de pesquisa de solos, da unidade da EMBRAPA de São Carlos.

Os resultados de Manieri & Vaz (2003), referem-se a solos com grande ocorrência no Estado de São Paulo: Neossolo Quartzarênico órtico (NQo), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd) e Nitossolo Vermelho eutroférico (Nvef).

As medidas de calibração executadas, tanto para as amostras de solos da bacia como as executadas por Manieri & Vaz (2003), resultaram na obtenção de curvas padrões de umidade para os solo da bacia.

Para obtenção das curvas foram realizadas medidas em dez pontos diferentes de umidade por solo. Os pontos de umidade foram obtidos a partir do preenchimento de colunas de PVC com amostras de solo de forma que se obtivesse um gradiente de umidade, desde solo seco a totalmente saturado. Preparadas as colunas com o gradiente de umidade, foram executadas medidas com a sonda/TDR combinada a partir da inserção da mesma cuidadosamente no centro do cilindro, para garantir um contato perfeito sonda/solo. Este procedimento permitiu obtenção e correlação de valores de umidade volumétrica (θ) e constante dielétrica (ϵ) para cada ponto de umidade.

Após a realização das medidas, amostras de solo das colunas foram retiradas, pesadas em cápsulas de alumínio e colocadas em estufa a 60°C por 24 horas, para nova pesagem e execução do cálculo de umidade gravimétrica. Isto permitiu que os valores das umidades volumétricas medidas com a sonda fossem correlacionadas aos valores de umidades gravimétricas obtidos em estufa, e aos valores das constantes dielétricas, por meio da interpolação de uma função polinomial de terceiro grau ($\theta = a + b\epsilon + c\epsilon^2 + d\epsilon^3$), tal como realizado por Topp *et al.* (1980).

Como resultado foram obtidos os coeficientes de ajuste polinomial para os solos ensaiados, os quais foram divididos em dois grupos de textura: A) solos arenosos e B) solos argilosos (Tabela 7.1).

Tabela 7.1. Coeficientes de determinação (r^2) e coeficiente de ajuste polinomial de 3º grau ($\theta = a + b\epsilon + c\epsilon^2 + d\epsilon^3$) para solos arenosos e argilosos.

Textura do Solo	a	b	c	d	r²
Arenosos	-1,1769	0,5602	-0,0762	0,0036	0,968
Argilosos	-1,2510	0,5367	-0,6023	0,0024	0,905

Os valores dos coeficientes obtidos são utilizados na estimativa da umidade a partir da constante dielétrica medida no meio. Os mesmos devem ser inseridos no *software* WinTDR 6.0 antes da execução de medidas, segundo a textura do solo a ser ensaiados. Em campo, a identificação da textura pode ser feita por avaliação visual/tátil.

7.4.2 Experimentos em Campo

Consistiu da execução de 87 medidas *in situ* com a sonda-TDR combinada. As medidas executadas recobriram seis tipos de solo e cinco tipos de uso e ocupação do terreno vigentes na bacia. A Figura 7.5 apresenta a alocação dos pontos ensaiados e a Tabela 7.2 a relação entre o tipo de solo e o uso do terreno vigente no ponto.

Em cada ponto investigado foram registrados: 1) valores de umidade e profundidade de penetração alcançada a cada dois golpes executados e 2) número total de golpes executados e a umidade média do ponto.

Na execução do ensaio a profundidade de penetração é lida na própria haste do penetrômetro, a qual é graduada em centímetros (Figura 7. 6). As Figuras 7.7 e 7.8 apresentam exemplos de execuções de ensaios em campo

Em função dos primeiros centímetros de solo formarem uma zona de maior distúrbio e da sonda TDR localizar-se imediatamente após o cone de penetração, a primeira leitura de profundidade foi realizada após a penetração total do conjunto cone/sonda-TDR no solo, por meio da execução de número variável de golpes. As demais leituras foram executadas de forma regular após um número fixo de impactos, dois golpes, até atingir a profundidade de 60 cm.

Dos 87 pontos de medidas ensaiados cinco não foram considerados na análise dos resultados. Em dois, durante o processo de amostragem do perfil de solo ocorreu a perda da sonda-TDR, o que impossibilitou o registro de medidas. Em outros três, devido a valores muito elevados ou muito baixos de umidade do solo as características de resistência a penetração foram anômalas, o que inviabilizou a utilização dos mesmos.

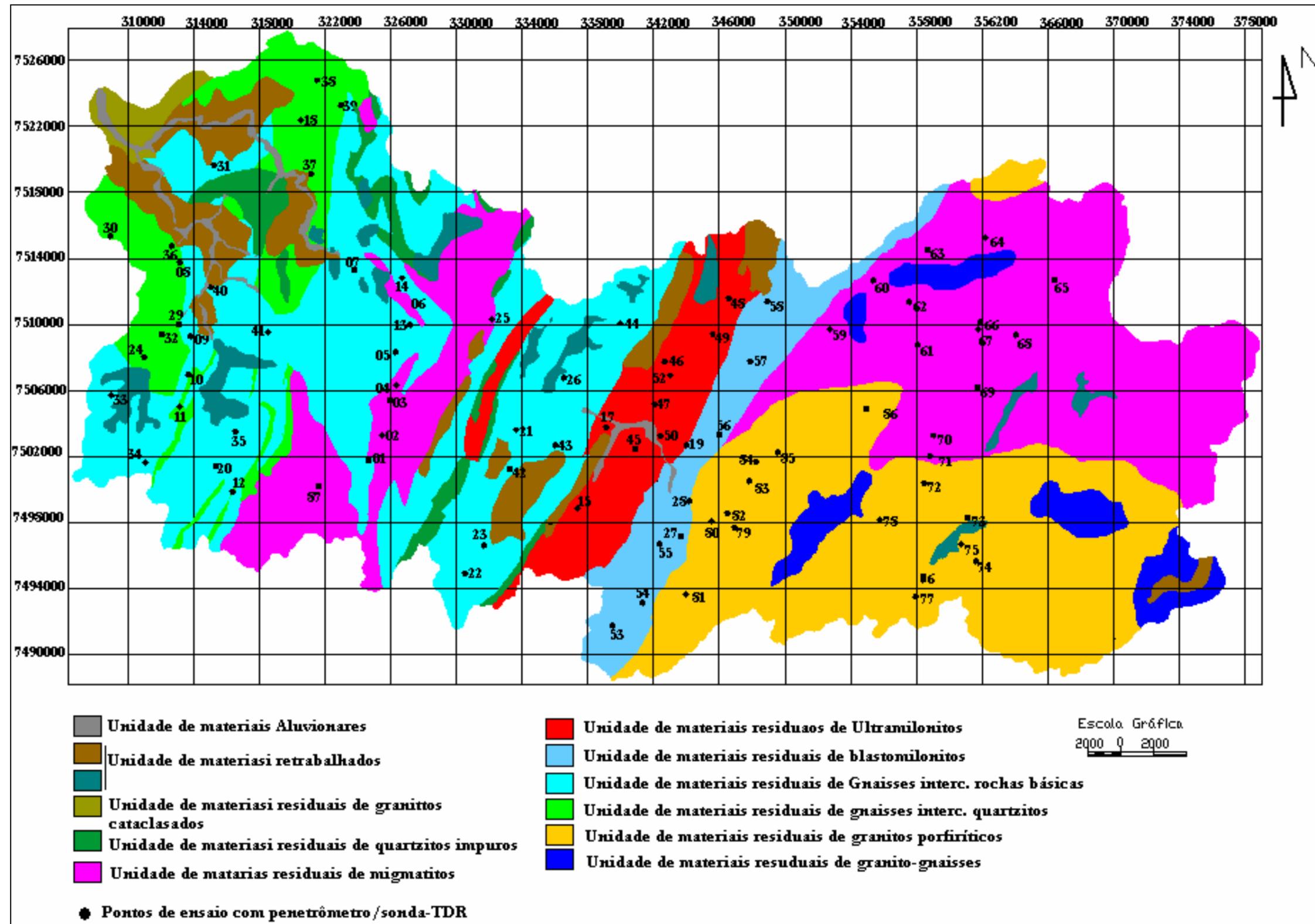


Figura 7.5 – Localização dos pontos de ensaio de resistência a penetração nos solos presentes na Bacia do Rio do Peixe.

Tabela 7.2 – Relação dos pontos ensaiados por tipo de solo e uso de terreno vigente

Tipo de Solo	Uso da Terra				
	Mata Nativa	Pastagem	Café	Cana-de-açúcar	Outras culturas
ReGnB	13, 14	05, 07, 21, 43	23, 31, 34, 41, 42	09, 20, 35, 40	22, 26, 33, 44
ReGnQ	11	08, 12, 36, 38	29, 37	10, 24, 30, 32	18, 39
ReMig	02, 03	01, 04, 06, 25, 59, 63, 66, 69, 71	60, 61, 62, 62, 87	--	64, 67, 68
ReBtm	--	53, 55, 56, 57	28, 54	--	19, 27, 58
ReUtm	--	15, 51, 52	16, 45, 49, 50	--	17, 46, 47, 48
ReGrP		74, 75, 78, 79, 80, 85	76, 81, 82, 83, 84, 86		72, 73, 77

ReGrP – residuais de Granitos Perfiríticos; ReGnB – residuais de Gnaisses intercalados com rochas Básicas; ReGnQ – residuais de Gnaisses intercalados com Quartzitos; ReMig – residuais de Migmatitos; ReUtm – Residuais de Ultramilonitos; ReBtm – Residuais de Blastomilonitos.

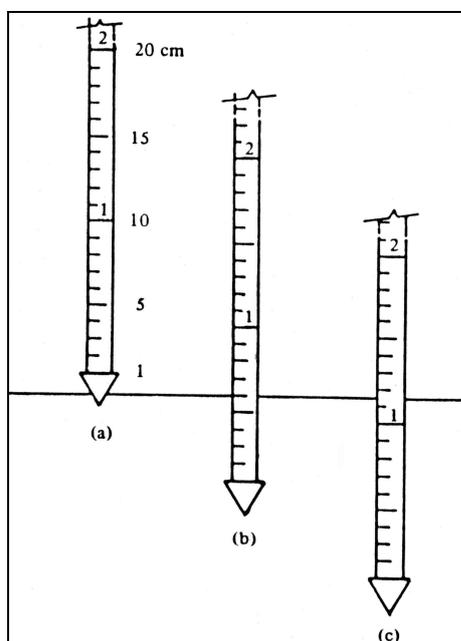


Figura 7.6 – Exemplo de medida de penetração lida na haste do penetrômetro. a) posição inicial; b) posição final da primeira leitura, correspondente a penetração de 0-6 cm; c) posição final da segunda leitura, correspondente a penetração de 6-11,5 cm (Stolf *et al*, 1983).



Figura 7.7 – Ensaio de medida de resistência a penetração realizada em campo.



Figura 7.8 – Detalhe cravação do penetrômetro em ensaios de campo.

7.4.3 – Uso e ocupação do terreno e solos ensaiados

Os pontos da bacia onde foram realizadas as medidas de resistência a penetração do solo caracterizam regiões que ainda conservam suas condições naturais, áreas de mata nativa, e regiões com diferentes tipos de uso e ocupação do terreno voltados, principalmente, para o desenvolvimento de práticas agrícolas e atividades de pastagem. As atividades de práticas agrícolas consistem do cultivo de café, cana-de-açúcar, cultura de hortaliças, aqui denominado de outras culturas.

As amostragens foram planejadas de forma a tentar recobrir todos os tipos de solos existentes e as atividades de ocupação do terreno registradas nos mesmos. Porém, dos cinco tipos de uso e ocupação do terreno aqui em destaque, apenas as atividades de pastagem café e outras culturas apresentam registro de ocorrência em todos os solos ensaiados. Isto se deve ao fato da primeira atividade caracterizar a classe de ocupação do terreno com maior ocorrência na bacia, e as demais exibirem uma distribuição mais regular na área. A prática de cana-de-açúcar caracteriza-se por apresentar irregularidade de ocorrência na bacia, estando associada apenas aos solos residuais de gnaisses presentes na parte da baixa bacia.

As regiões com ocorrência de mata nativa acabaram por caracterizar áreas inadequadas a execução dos ensaios de resistência a penetração dos solos, em função da fragilidade da sonda-TDR que foi perdida em dois perfis de medida realizados em regiões com esse tipo de atividade vigente. A fragilidade da sonda é devido ao fato da mesma não apresentar superfície protetora disposta na interface sonda/solo, e como as regiões de mata nativa, caracterizam-se por apresentar grande concentração de raízes, assim como a ocorrência eventual de fragmentos de rochas, na execução de ensaios nestas áreas houve perda dos fios que constituem a sonda TDR pelo atrito com as raízes e fragmentos de rocha.

Os solos ensaiados constituem, solos residuais de Granitos Porfíricos - ReGrP, Gnaisses intercalados com Quartzitos -ReGnQ, Gnaisses intercalados com Rochas Básicas -ReGnB, Migmatitos -ReMig, Ultramilonitos -ReUtm e Blastomilonitos -ReBtm (Figura 7.5). As principais características dos solos ensaiados são apresentadas na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Caracterização geral dos solos com registro de ensaio de resistência a penetração.

Solo	Gênese	Espes. (m)	Textura				ρ_{dcam} p (g/cm ³)	ρ_s (g/cm ³)	n (%)	e_o	Erodibilidade E40	CTC cmol ⁺ /kg	SE m ² /g
			% Areia Grossa	% Areia Fina	% Silte	% Argila							
ReGrP	Residual	1-4	11-18	30-48	15-28	12-36	1,19- 1,42	2,58- 2,63	45-54	0,84- 1,20	5,37-173,84	2,85-6,49	16,84- 30,36
ReGnb	Residual	0,5-6	05-15	10-52	11-48	08-63	1,09- 1,34	2,61- 2,6	49-58	0,96- 1,41	0,67-38,12	3,15-6,95	24,65- 45,71
ReGnq	Residual	0,5-3	12-16	42-49	10-14	25-32	1,26- 1,40	2,61- 2,62	46-52	0,87- 1,07	13,84-17,6	3,55-5,52	39,52- 44,01
ReMig	Residual	0,5-10	04-16	16-44	07-52	12-58	1,28- 1,52	2,58- 2,63	41-55	0,69- 1,24	4,98-93,77	5,19-9,89	21,17- 47,21
ReUtm	Residual	1-8	14-25	16-46	28-52	08-18	1,39- 1,53	2,63- 2,65	45-48	0,74- 0,89	0,43-0,99	7,86-8,4	53,45- 68,25
ReBtm	Residual	1-4	08-10	23-42	45-52	13-17	1,41- 1,56	2,62- 2,63	43-55	0,73- 0,86	0,83-0,94	2,31-4,43	17,24- 35,28

7.5 CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

A análise das medidas de resistência a penetração executadas foi feita por tipo de materiais inconsolidados ensaiado, com verificação do comportamento de variação da resistência frente aos diferentes tipos de usos vigentes. Foram considerados os parâmetros NTG e valor de umidade média dos perfis ensaiados na caracterização do comportamento de resistência a penetração dos materiais (Tabela 7.4).

Tabela 7. 4 – Relação de Valores NTG x Umidade volumétrica média, para os diferentes tipos de materiais inconsolidados, e atividades de ocupação do terreno.

Tipo de Mat. Inconsolidado	Uso da Terra									
	Mata Nativa		Pastagem		Café		Cana-de-açúcar		Outras culturas	
	NTG	θ méd.	NTG	θ méd.	NTG	θ méd.	NTG	θ méd.	NTG	θ méd.
ReGnB	26	23	53	17	69	17	25	23	40	19
	29	22	56	16	63	19	48	17	39	21
			65	13	63	19	45	17	41	18
			59	15	69	16	40	19		
					63	18				
ReGnQ	83	17	60	12	30	17	45	20		
			61	13	32	15	81	11	29	17
			59	15			69	17	25	18
			60	15						
ReMig			39	15	66	15			24	17
			26	19	60	19			25	16
			34	16	61	19			24	17
			27	19	62	17	--	--		
	59	11	46	13						
			35	16						
			34	16						
		33	17							
		35	17							
ReBtm	--	--	49	12	34	18	--	--	40	13
			48	12	36	17	--	--	43	13
			50	11					36	19
			51	10						
ReUtm	--	--	44	19	48	17	--	--	65	11
			42	21	47	17	--	--	63	15
			41	21	42	19			60	17
					41	20			64	11
ReGrP	--	--	60	17	71	14			31	19
			66	12	64	18			36	14
			58	19	60	20	--	--	33	16
			62	15	73	14				
			63	16	68	18				
		60		70	16					

θ méd – Umidade volumétrica média; NTG – número total de golpes em 60 cm

Para uma melhor interpretação do comportamento da resistência a penetração, os dados foram plotados em gráficos, os quais representam as variações do NTG e da umidade frente as diferentes atividades de ocupação de um mesmo material (Figuras 7.9 a 7.14).

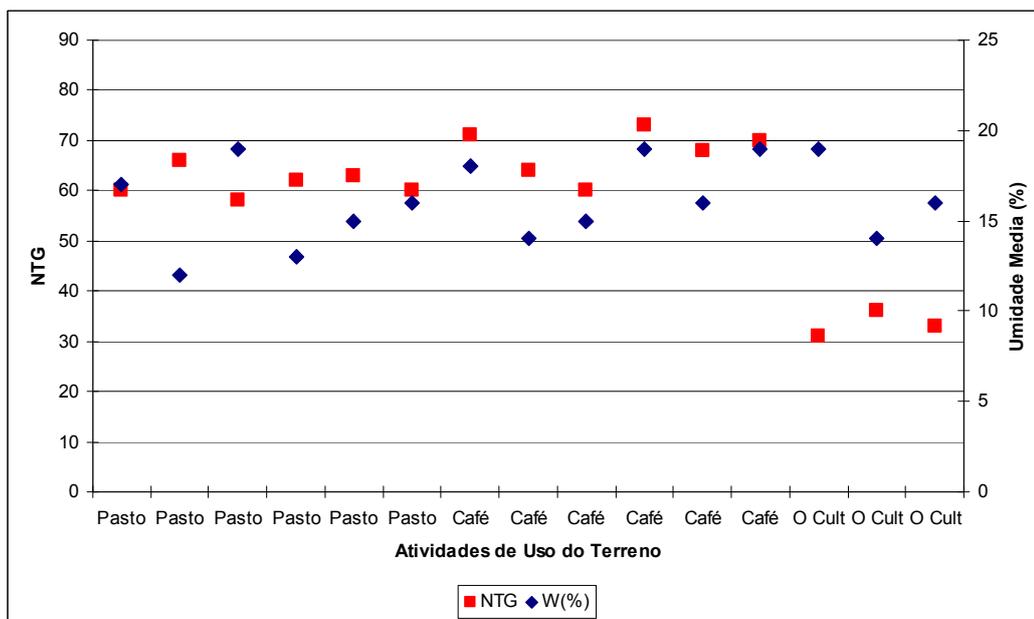


Figura 7.9 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de granitos porfíricos (ReGrP).

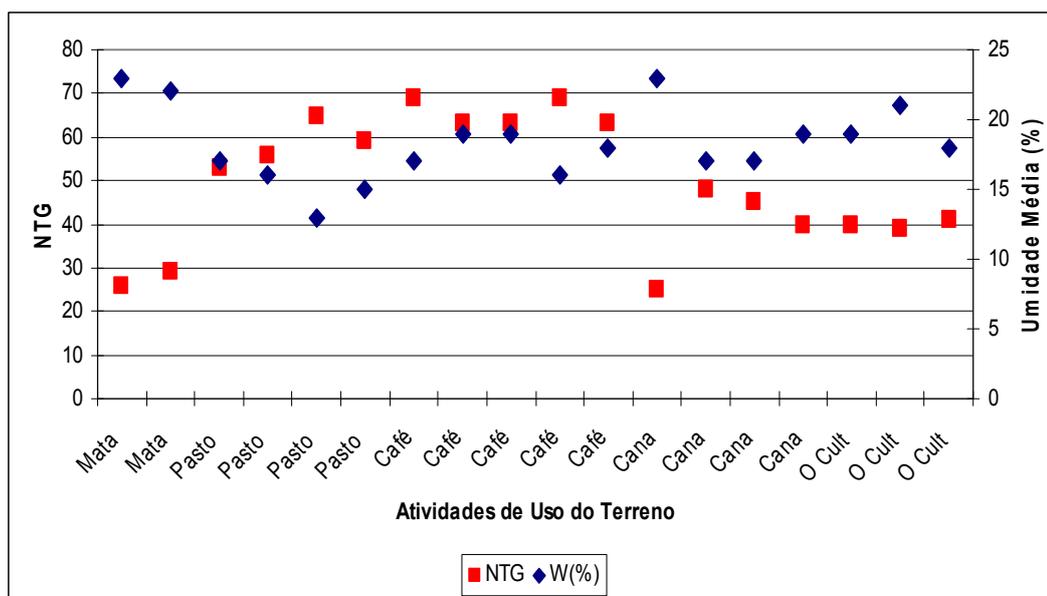


Figura 7.10 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (ReGnB).

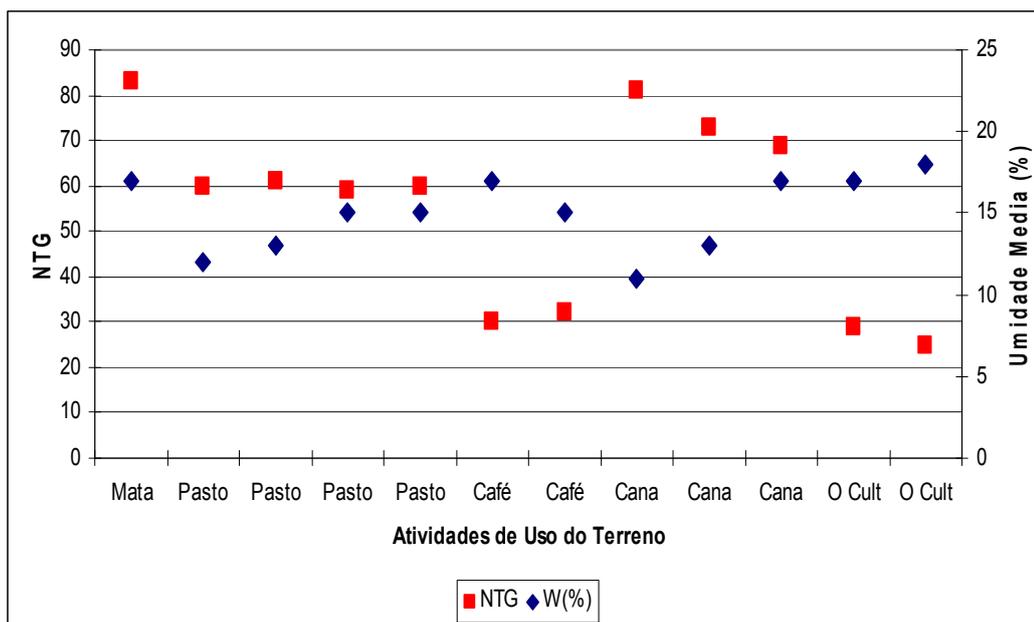


Figura 7.11 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais intercalados com quartzitos (ReGnQ).

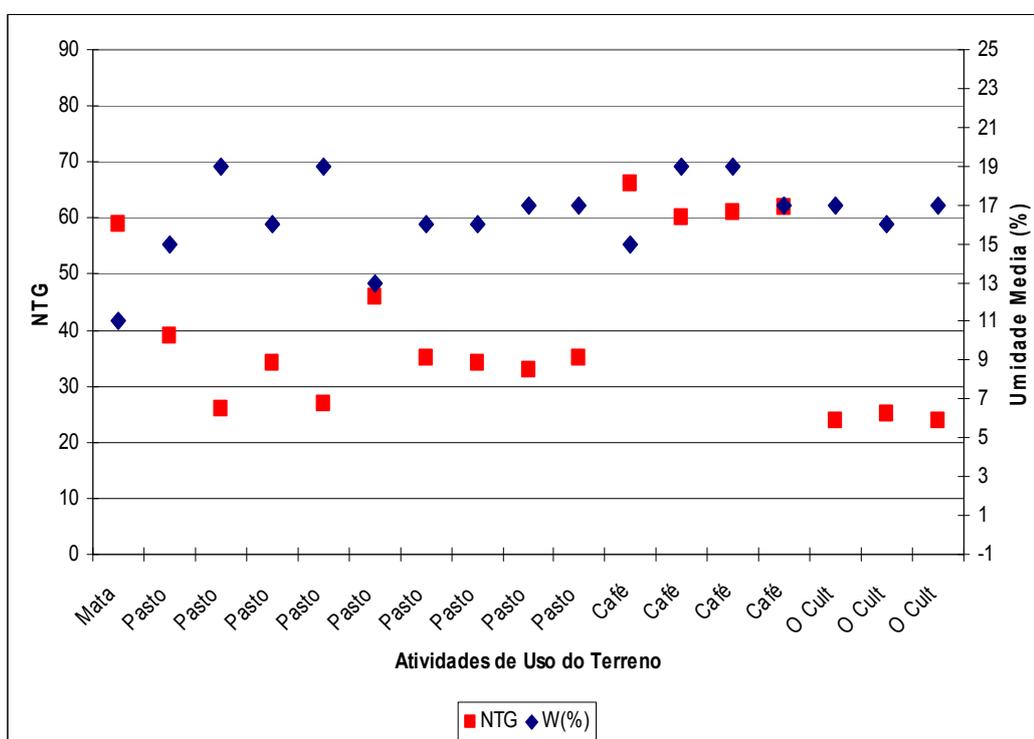


Figura 7.12 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de migmatitos (ReMig).

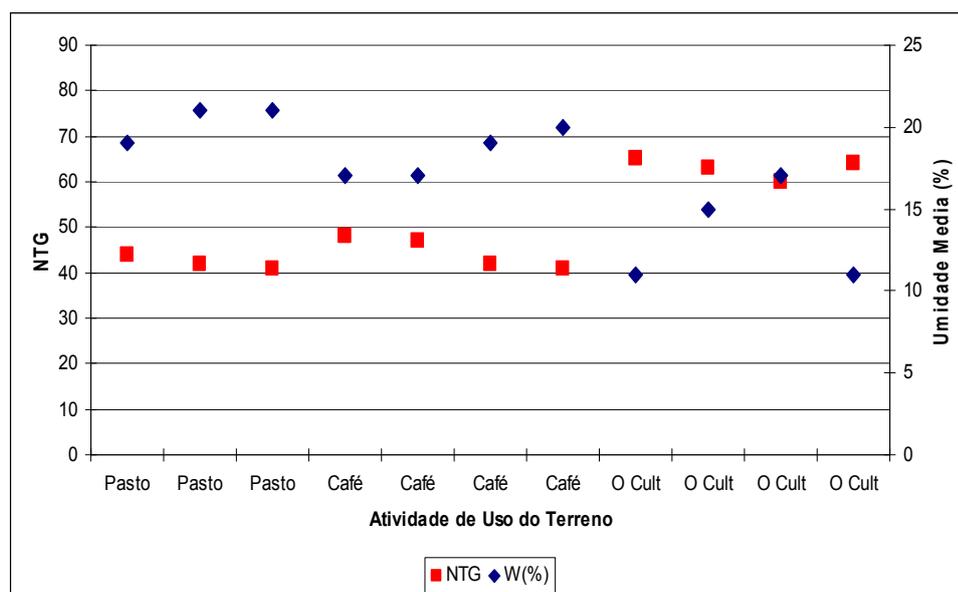


Figura 7.13 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de ultramilonitos (ReUtm).

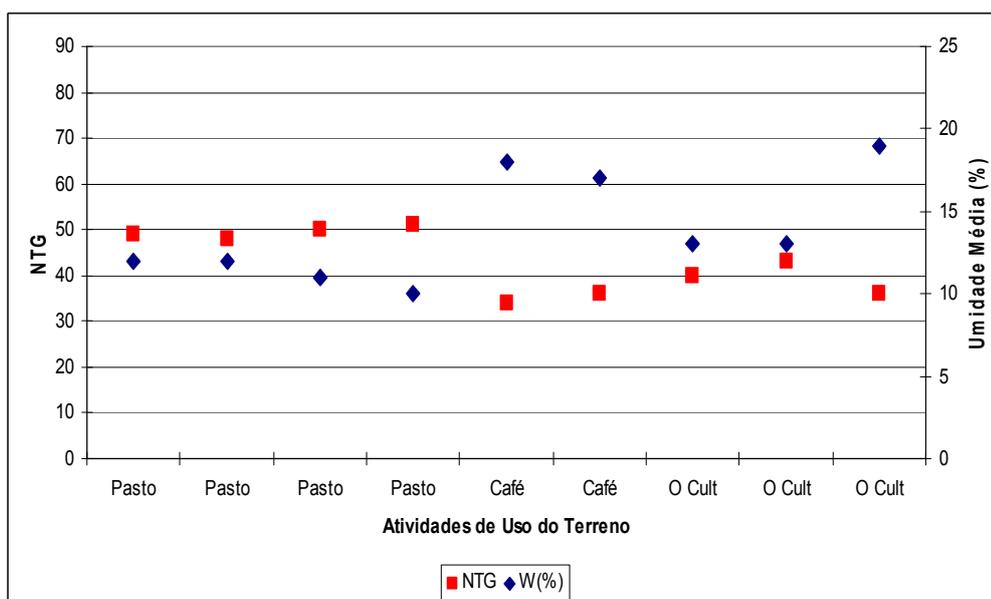


Figura 7.14 – Valores de NTG e umidade média X tipos de ocupação dos materiais residuais de blastomilonitos (ReBtm).

A análise das Figuras 7.9 a 7.14 permitiu constatar que independente do tipo de material inconsolidado e do uso vigente, o NTG varia de forma inversamente proporcional aos teores médios de umidade do material.

Avaliando-se em separado os tipos de materiais, observa-se que o NTG também varia frente as diferentes atividades de uso. Nota-se, para algumas práticas como as atividades de pastagem e o cultivo de café, um comportamento de distribuição dos

valores de NTG e umidade média mais homogêneos. Isto é bem representado nos materiais ReGnB, ReGnQ ReUtm e ReBtm. Já as práticas de cana-de-açúcar e outras culturas caracterizam-se por um comportamento com maior variabilidade de distribuição dos valores de NTG e umidade média.

Com objetivo de verificar existência de correlação entre o NTG e as medidas de umidade média, foram plotados os valores os valores representativos destes parâmetros por tipo de materiais, sem discriminação dos usos vigentes (Figuras 7.15 a 7.20).

Boas correlações foram obtidas apenas para os materiais ReUtm e ReBtm, nos quais foram verificados coeficientes de determinação 0,82 e 0,87, respectivamente. Nos demais materiais os coeficientes obtidos não indicaram boas correlações. Uma possível causa para má correlação encontrada, pode ser creditada a influência dos diferentes tipos de uso no comportamento da resistência a penetração para um mesmo material inconsolidado. Isto é bem caracterizado nos materiais ReGnB e ReGnQ, os quais apresentam registros de ensaios em todos os tipos de ocupação do terreno presentes na área. Nestes materiais inconsolidados os valores de R^2 são muito baixos, menores que 0,5.

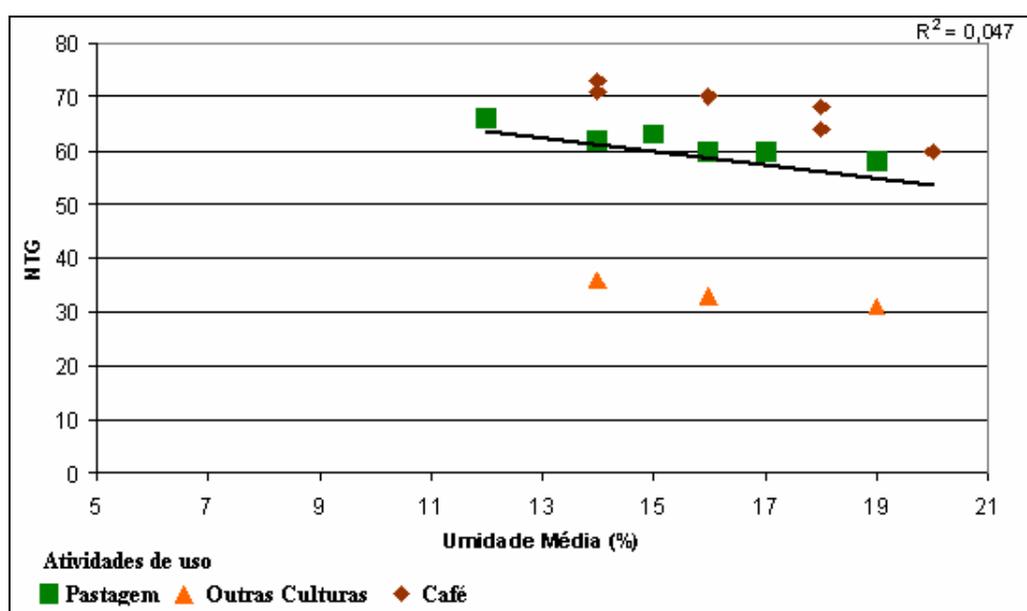


Figura 7.15 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de granitos porfíricos (ReGrP).

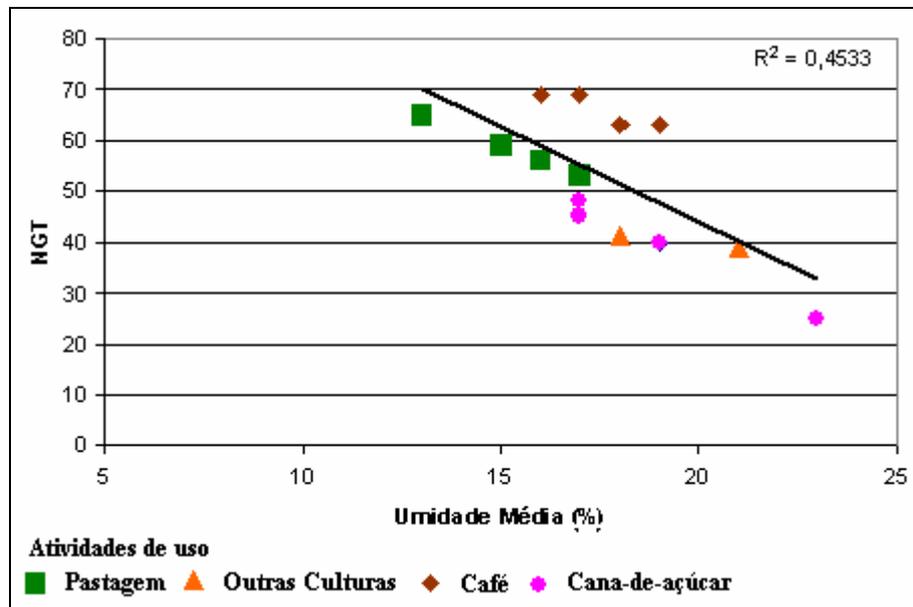


Figura 7.16 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (ReGnB).

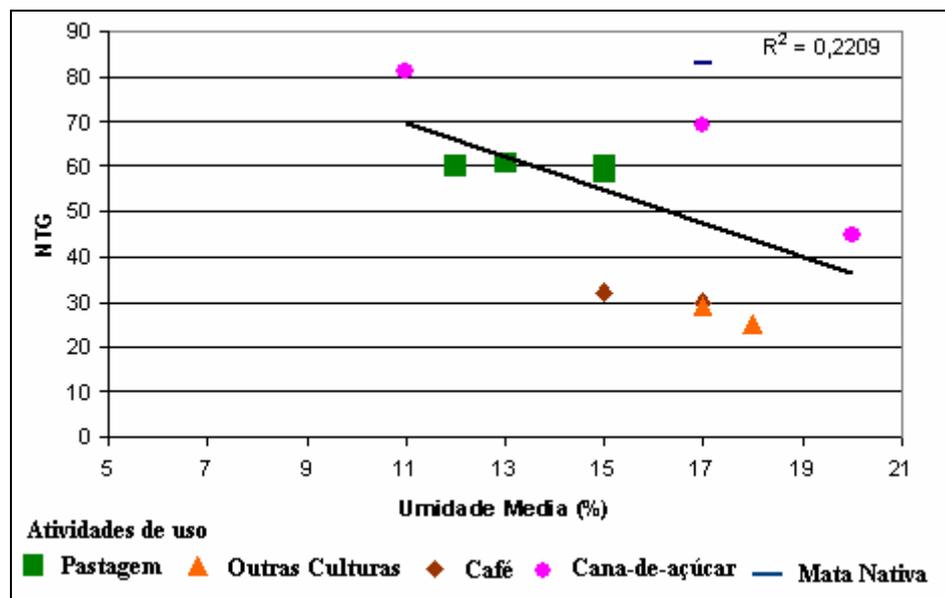


Figura 7.17 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de gnaisses intercalados com quartzitos (ReGnQ).

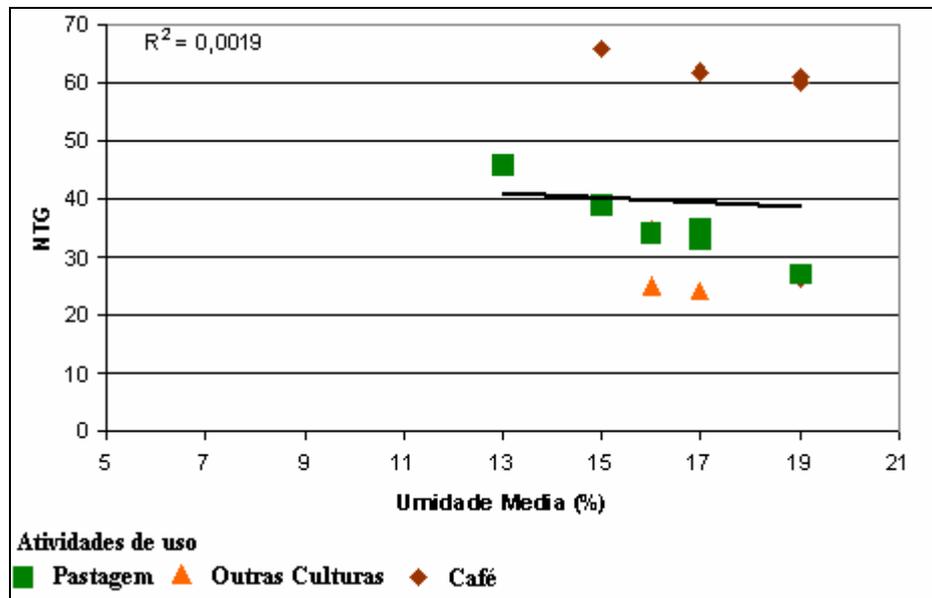


Figura 7.18 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de migmatitos (ReMig).

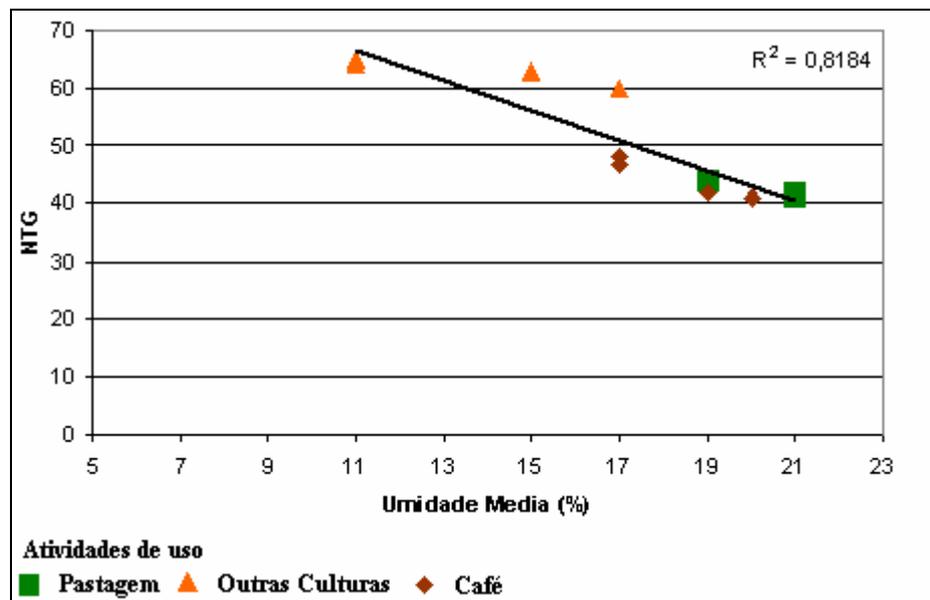


Figura 7.19 – Correlação NGT X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de ultramilonitos (ReUtm).

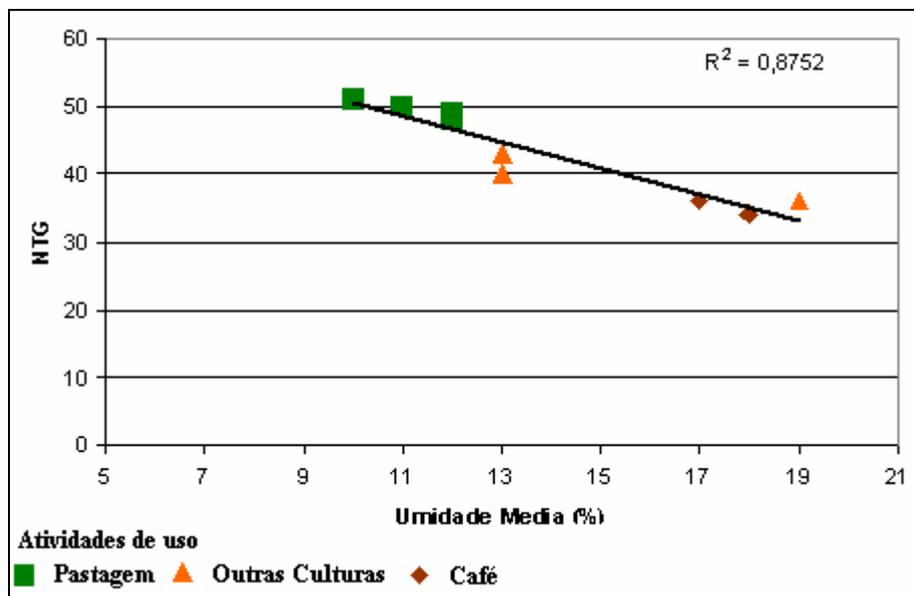


Figura 7.20 – Correlação NTG X Umidade média para os materiais inconsolidados residuais de blastomilonitos (ReBtm).

Com objetivo de verificar a influência dos diferentes tipos de uso do terreno no comportamento NTG x Umidade média, por tipo de material, foram calculados coeficientes de correlação destes parâmetros, para cada prática de ocupação do solo. Para os casos das práticas com registro inferior a três pontos ensaiados, como mata nativa nos materiais inconsolidados ReGnB, ReGnQ e ReMig; e café nos materiais ReGnQ, os coeficientes de determinação foram obtidos a partir combinação de dados de práticas diferentes como: mata nativa/outras culturas e pastagem/café. Os valores dos R^2 obtidos são apresentados na Tabela 7.5.

Este procedimento resultou na obtenção de coeficientes de correlação (R^2) os quais exibem melhora significativa das relações NTG x Umidade média do perfil.

Os valores dos coeficientes mostram que todos os materiais ensaiados, a exceção dos ReGnQ, apresentam bons resultados de correlação dos parâmetros NTG x Umidade média, o que vem a confirmar a influência dos tipos de uso no comportamento de resistência a penetração dos materiais inconsolidados.

Tabela 7.5 – Valores de correlação NTG x Umidade por tipo de ocupação do terreno.

Material incosolidados	Prática de Uso	Nº pontos ensaiados	Coef. R ²	Equações de correlação
ReGnB	Mata/O Culturas	4	0,81	NTG = -3,7143*(umidade)+112,43
	Pastagem	4	1	NTG = -3*(umidade)+104
	Café	5	0,82	NTG = -2,2941*(umidade)+106,24
	Cana-de-açúcar	3	0,98	NTG = -3,5833*(umidade)+107,42
ReGrP	Pastagem	6	0,90	NTG = -1,017*(umidade)+78,57
	Café	6	0,87	NTG = -1,8636*(umidade)+98,73
	Outras Culturas	3	0,95	NTG = -0,9737*(umidade)+49,24
ReGnQ	Mata/°OCulturas	3	0,30	NTG = -31*(umidade)+583
	Pastagem/Café	6	0,48	NTG = -5,9032*(umidade)+135,76
	Cana-de-açúcar	3	0,94	NTG = -3,2308*(umidade)+118,85
ReMig	Mata/O Culturas	9	0,98	NTG = -5,9798*(umidade)+124,19
	Pastagem	5	0,95	NTG = -3,0945*(umidade)+85,22
	Café	5	0,92	NTG = -1,3182*(umidade)+85,32
ReUtm	Pastagem	3	0,89	NTG = -1,25*(umidade)+67,75
	Café	4	0,96	NTG = -2,2963*(umidade)+86,407
	Outras Culturas	4	0,85	NTG = -0,6667*(umidade)+72
ReBtm	Pastagem/Café	5	0,99	NTG = -2,381*(umidade)+76,733
	Outras Culturas	3	0,81	NTG = -0,9167*(umidade)+53,47

Constatada a influência das diferentes atividades de ocupação do terreno no comportamento de resistência a penetração de um mesmo material, foi realizada análise para verificação dentre as práticas vigentes, e com registro de ensaio, quais são responsáveis pelos valores mais elevados de resistência nos tipos de materiais incosolidados ensaiados.

Em função das atividades de cultivo de café, outras culturas e pastagem apresentarem melhores regularidades de ocorrência na área da bacia, estas foram adotadas para determinação, dentre as classes de ocupação com maiores registros de ocorrência na área, quais acarretam maior alteração no comportamento de resistência a penetração nos materiais em análises. Para isto foram analisados os valores de NTG a partir do estabelecimento de quatro teores de umidades comuns a estas práticas (Tabela 7.6), de forma a caracterizar o comportamento da resistência, sem a influência da variabilidade da umidade.

Os valores de umidade fixados correspondem aos teores máximos, mínimos e intermediários registrados nos ensaios. Quando os valores de NTG para estas umidades não foram obtidos diretamente dos ensaios, os mesmos foram calculados a partir das equações de correlação obtidas (Tabela 7.5).

Tabela 7.6 – Valores de correlação NTG x Umidade por tipo de materiais inconsolidados e atividade de ocupação do terreno.

Material/Atividade de Uso	θ Média 11%	θ Média 15%	θ Média 19%	θ Média 21%
	NTG	NTG	NTG	NTG
ReGnB-Pastagem	71	59	47	41
ReGnB-Café	81,0	71,8	62,7	58,1
ReGnB-O Culturas	71,6	56,7	41,9	34,4
ReGrP-Pastagem	67,6	63,5	59,4	57,4
ReGrP-Café	78,2	70,8	63,3	59,6
ReGrP-O. Culturas	38,5	34,6	30,7	28,7
ReMig-Pastagem	70,8	65,5	60,3	57,6
ReMig-Café	38,5	34,6	30,7	28,8
ReMig-O.Culturas	58,4	34,5	10,6	-1,4
ReUtm-Pastagem	54	49	44	41,5
ReUtm-Café	61,1	52,0	42,8	38,2
ReUtm-O.Culturas	64,7	62,0	59,3	58,0
ReBtm Pastagem/Café	51	41	31	22
RebBtrm O Culturas	43	40	36	34

Materiais inconsolidados residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (ReGnB)

Nos materiais inconsolidados ReGnb foi verificado que a atividade de café apresenta os valores mais elevados de resistência a penetração (Figura 7. 21), e as atividades de pastagem e outras culturas são responsáveis pelos menores valores de resistência a penetração. Estas apresentam um comportamento semelhante para os teores mais baixos de umidade média, não sofrendo grandes variações para os valores de umidade média mais altos.

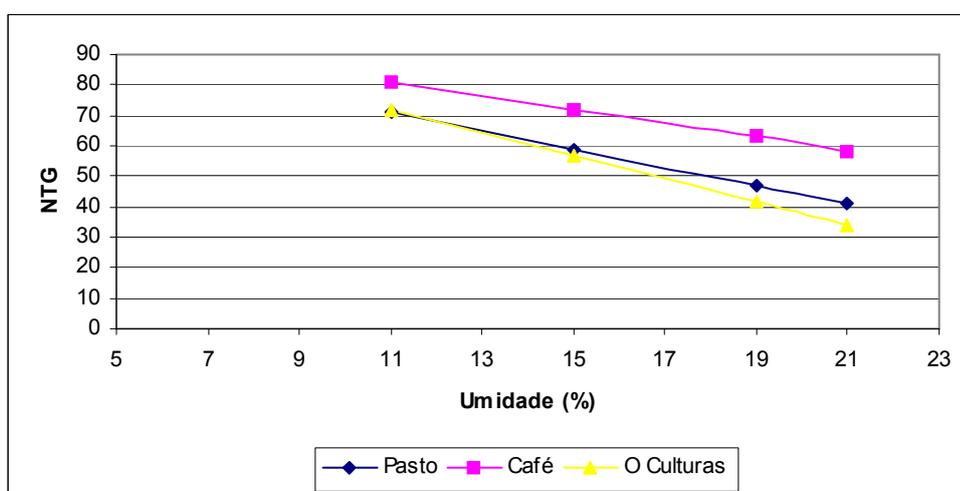


Figura 7.21 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (ReGnB).

Materiais inconsolidados residuais de granitos porfíricos (ReGrP)

Nestes materiais foi verificado, assim como nos ReGnB, que as atividades de cultivo de café são responsáveis pelos maiores valores de resistência a penetração, e que as atividades de cultivo de outras culturas conferem os valores mais baixos de resistência a penetração (Figura 7.22). Observa-se também que para os intervalos de umidade média estabelecidos, as atividades de ocupação do solo por cultivo de café e desenvolvimento de pastagem conferem comportamentos de resistência semelhantes, quando avaliados com relação aos teores mais elevados de umidade.

Materiais inconsolidados residuais de migmatitos (ReMig)

Para estes foi verificado que as atividades de ocupação por desenvolvimento de pastagens conferem o comportamento de maior resistência a penetração. A atividade de desenvolvimento de outras culturas apresenta um comportamento de resistência particular, com valor de resistência intermediário para os menores teores de umidade, e valor muito baixo, tendendo a um NTG nulo para os teores de umidade mais elevados (Figura 7.23). Este comportamento é verificado em campo pela penetração da sonda combinada devido ao peso do equipamento, ou seja, sem que haja necessidade de execução de golpes iniciais para penetrar a sonda por completo no material.

A atividade de ocupação do terreno por cultivo de café confere aos materiais ReMig um comportamento de resistência a penetração homogêneo, com variação de valores mínimos e máximos de NTG igual a 10.

Materiais inconsolidados residuais de ultramilonitos (ReUtm)

Os materiais ReUtm apresentaram um comportamento de resistência a penetração inverso aos anteriormente descritos. Nestes materiais, a atividade responsável pelos valores mais elevados de resistência a penetração é a ocupação por desenvolvimento de cultivo de outras culturas (Figura 7.24). Verificou-se que para os teores mais baixos de umidade, as atividades de outras culturas e café apresentam valores de resistência próximos, entretanto, com o aumento dos teores de umidade no perfil de solo as atividades de café e pastagem passam a conferir ao material os valores

mais baixos de resistência. Observou-se também que a atividade de ocupação por outras culturas exibe um comportamento homogêneo com variações entre valores máximos e mínimos de resistência não superior a NTG igual a 10.

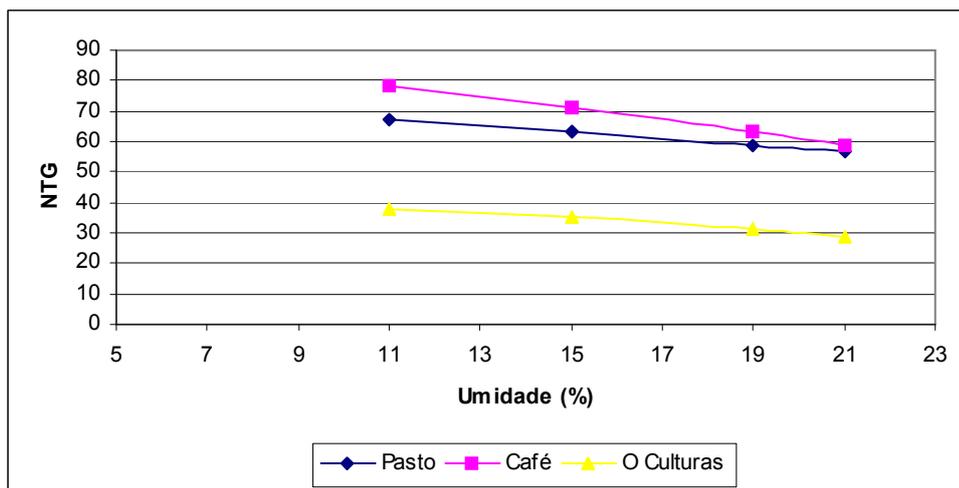


Figura 7.22 – Comportamento da resistência a penetração frente às práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de granitos porfíricos (ReGrP).

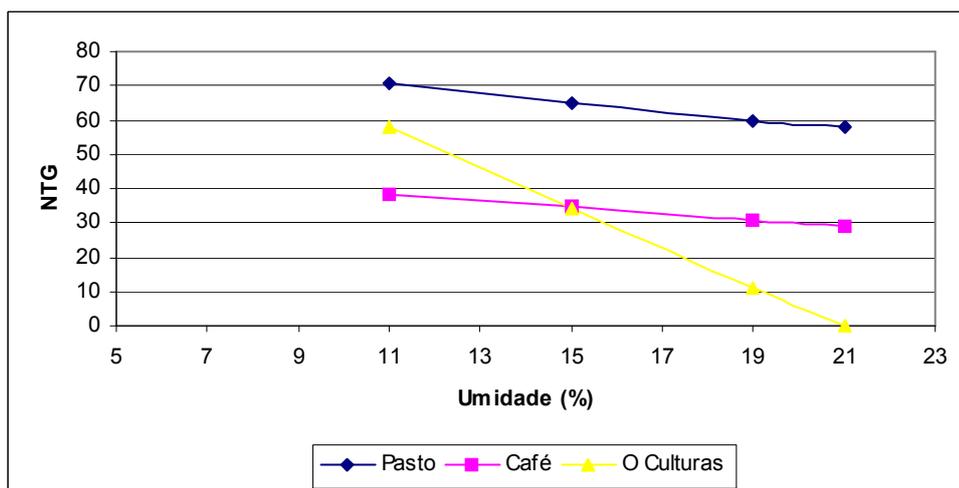


Figura 7.23 – Comportamento da resistência a penetração frente às práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de migmatitos (ReMig).

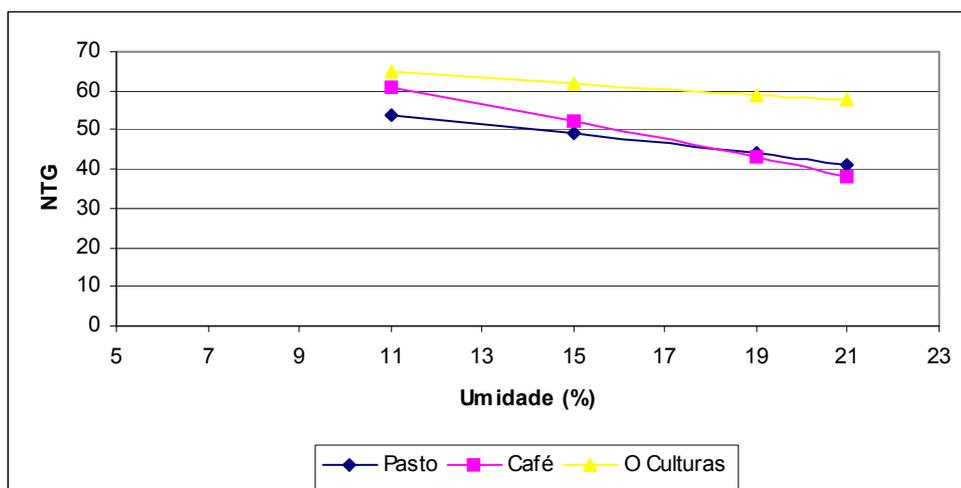


Figura 7.24 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de ultramilonitos (ReUtm).

Materiais inconsolidados residuais de blastomilonitos (ReBtm)

Nos materiais ReBtm foi verificado que para os teores mais baixos de unidade as atividades de pastagem e café são responsáveis pelos valores mais elevados de resistência a penetração (Figura 7.25). Já para teores mais altos de umidade ocorre uma inversão, passando a atividade de outras culturas a imprimir valores de resistência mais elevados.

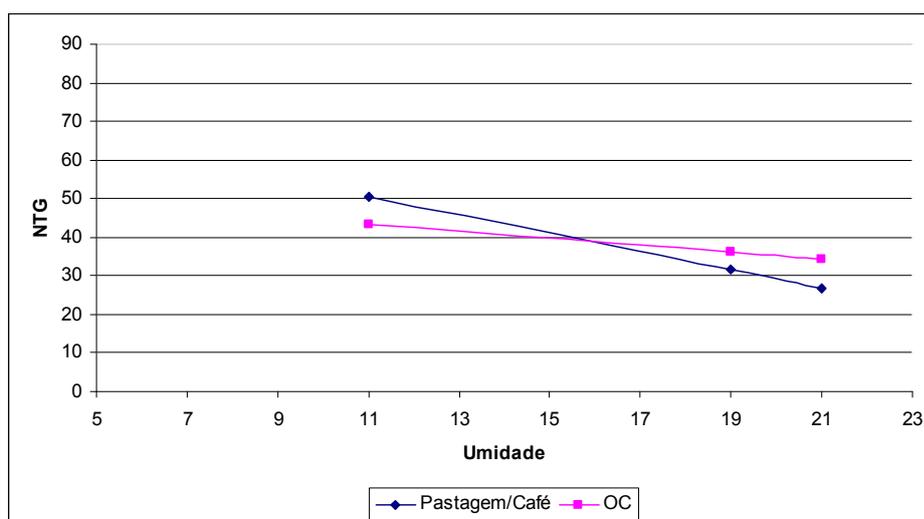


Figura 7.25 – Comportamento da resistência a penetração frente as práticas de pastagem, café e outras culturas nos materiais residuais de blastomilonitos (ReBtm).

As análises realizadas mostram que as atividades de ocupação do terreno por cultivo de café e desenvolvimento de pastagens são responsáveis pelo comportamento de maiores resistências a penetração para três dos cinco materiais incosolidados analisados, o que permite caracterizá-las como as classes de uso responsáveis pelas maiores alterações no comportamento de resistência a penetração dos materiais da bacia.

Os valores mais altos de resistência a penetração encontrados nas práticas de cultivo de café e atividades de pastagem podem ser atribuídos ao fato das mesmas apresentarem baixa rotatividade com atuação de maquinário para aragem e revolvimento do solo em menor frequência que nas práticas de outras culturas.

8. – ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO DO PEIXE

A execução de um zoneamento geoambiental visa caracterizar uma dada região quanto às suas aptidões e restrições frente a atividades em desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas. Neste processo, as potencialidades e vulnerabilidades do meio quanto ao uso e ocupação são identificadas tomadas como base para análises e diagnósticos das condições do meio físico, de forma a resultar em um plano orientativo a preservação, conservação e desenvolvimento futuro da área. A orientação e a adequação de uso da área, é estabelecida a partir de unidades ambientais que consistem de porções cartográficas do terreno as quais retratam as condições de maior ou menor qualidade ambiental frente a uma determinada solicitação.

Para a bacia do Rio do Peixe foram adotadas para estabelecimento do zoneamento as unidades cartográficas de *landform – unidade de terreno (land unit)*, que caracterizam porções dotadas de uniformidade e significado com relação aos diferentes atributos do meio. Trabalhos anteriores, como os de Grecchi (1998), Lopes (2000); Amorim (2003), demonstraram que as unidades de *landforms* podem ser usadas como base para o zoneamento geoambiental.

Como resultado foi obtido o zoneamento da área em 42 unidades geoambientais, as quais constituem porções individualizadas que reportam os aspectos de potencialidade e susceptibilidade naturais do meio, condicionados pelos atributos presentes, os percentuais de restrições ao uso e ocupação estabelecidas por leis ambientais (Código Florestal – Lei N° 4.771) e as atividades de uso do solo vigentes.

8.1 – UNIDADES GEOAMBIENTAIS

Unidade I

Corresponde a unidade de terreno A1. Apresenta baixo potencial ao escoamento, o qual corresponde a 60% da unidade e é caracterizado pelo valor médio dos *pixels* de 1,95, na superfície contínua *fluxo*. Em termos dos aspectos de susceptibilidade a erosão e potencial agrícola, apresenta 95% e 78 % de sua área compreendida na classe alta, respectivamente. A susceptibilidade a erosão exibe valores mínimos dos *pixels* enquadrados na classe média, e valores de distribuição média na classe alta. O potencial agrícola mostra valores médios de distribuição de 2,19 (Tabela 8.1).

A predominância de valores muito baixos de declividade e a textura muito arenosa do material inconsolidado que constitui esta unidade são os fatores condicionantes do médio potencial ao escoamento (Tabela 8.2). A textura do material e o médio potencial ao escoamento condicionam a alta susceptibilidade erosão. O alto potencial agrícola apresentado por esta unidade é devido a predominância dos valores de declividade, que caracterizam condições de favorabilidade ao desenvolvimento de atividade agrícolas.

Tabela 8.1 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade I

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	10,80	59,72	6,01	Mín – 1,38
Média	7,14	39,48	1,10	Máx -3, 19
Alta	0,12	0,68	0,02	Média -1,95
Muito Alta	0,02	0,09	0,01	Desv Padrão – 0,15 Moda – 2,01
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín – 2,37
Média	0,77	4,23	0,12	Máx -3,15
Alta	17,28	95,55	2,21	Média -2,62
Muito Alta	0,03	0,16	0,02	Desvio Padrão – 0,06 Moda – 2.64
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,59	3,26	0,14	Mín – 1,40
Média	0,35	1,93	0,10	Máx – 3,44
Alta	14,11	78,05	5,43	Média – 2,19
Muito Alta	0,32	1,79	0,07	Desv Padrão – 094
Restritiva	2,68	14,79	1,67	Moda – 2,61

Apesar do alto potencial agrícola apresentado, as classes de uso do solo vigentes que exibem maior percentual de ocorrência são atividade de pastagem, classe de mata nativa e cidades. Atividades correspondentes ao uso voltado ao desenvolvimento agrícola, cultivo de café e outras culturas, têm percentual de ocorrência inferior ao apresentados pela classe de mata nativa (Figura 8.1). Aproximadamente 15% da unidade constituem regiões com restrições a ocupação. Correspondem a faixas de preservação permanente ao longo do curso do Rio do Peixe.

Tabela 8.2- Atributos do meio físico da unidade I

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	16,33	90,30	6,21
2-10	0,79	4,38	0,28
10-20	0,75	4,16	0,14
20-30	0,14	0,79	0,04
30-45	0,06	0,35	0,03
>45	0,00	0,02	0,01
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Granito Cataclasado	3,37	18,63	2,41
Gn Quartzitos	5,73	31,69	1,31
Gn Básicas	8,30	45,90	18,06
Quartzitos	0,54	3,00	0,13
Migmatitos	0,14	0,77	0,14
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Aluvião	18,08	100,00	139,47
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Área Várzea	2,04	11,26	37,51
Café	1,80	9,98	1,68
Cidades	2,06	11,37	6,51
Corpos d'água	0,14	0,79	3,38
Mata Nativa	3,06	16,93	0,85
Outras Culturas	1,05	5,81	1,42
Cana-de-açúcar	1,59	8,79	2,70
Pastagem	6,34	35,07	0,64

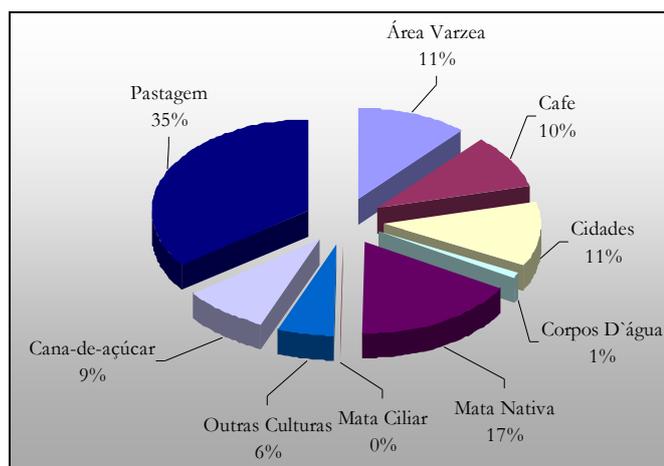


Figura 8.1 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental I.

Unidade II

Corresponde a unidade de terreno A2, e caracteriza-se por apresentar 54% de sua área com médio potencial ao escoamento e 34% com potencial alto. Os *pixels* da superfície *fuzzy* exibem valores médio de 2,45, o que confirma a predominância de médio potencial. Com relação a susceptibilidade a erosão, 58% da área é enquadrada na classe alta e os valores médios superfície contínua são de 2,92. O potencial agrícola varia entre baixo e alto, com predomínio de 48% da área correspondendo a classe baixa, e 23% a classe alta. Os valores médios de distribuição da superfície contínua são de 2,0. (Tabela 8.3).

A condição de potencial ao escoamento médio a alto é condicionada pela predominância das classes de declividade medianamente moderada a moderada. A alta susceptibilidade a erosão é favorecida pelas condições de elevado potencial ao escoamento e pelas características dos materiais inconsolidados, residuais de quartzitos impuros, que corresponde a quase totalidade da unidade (Tabela 8.4). Estes apresentam textura arenosa e espessuras não superiores a três metros, características altamente favoráveis ao condicionamento de elevada susceptibilidade a erosão.

As características de declividade moderadas a alta, e a predominância de alta susceptibilidade a erosão vem a caracterizar fator preponderante para ocorrência de classes do baixo potencial agrícola.

Tabela 8.3 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade II.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,79	5,31	0,44	Mín – 1,63
Média	8,00	54,00	1,23	Máx – 3,5
Alta	5,10	34,43	0,77	Média – 2,45
Muito Alta	0,93	6,25	0,49	Desv Padrão – 0,32 Moda – 2,22
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,55	3,7	0,47	Mín – 1,55
Média	0,02	0,14	0,00	Máx – 3,94
Alta	8,58	57,86	1,10	Média – 2,92
Muito Alta	5,67	38,25	4,03	Desv Padrão – 0,27 Moda – 2,90
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	7,15	48,25	1,65	Mín – 1,31
Média	2,24	15,11	0,64	Máx – 3,38
Alta	3,46	23,36	1,33	Média - 2,0
Muito Alta	0,43	2,88	0,09	Desv Padrão – 0,59
Restritiva	1,17	7,92	0,73	Moda – 2,73

Tabela 8.4- Atributos do meio físico da unidade II.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,52	10,24	0,58
2-10	2,60	17,57	0,94
10-20	5,38	36,27	1,03
20-30	3,27	22,04	0,94
30-45	1,75	11,83	0,82
>45	0,31	2,07	0,59
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Quartzitos	0,0774	0,52	0,06
Qtz	14,74	99,48	3,43
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	0,56	3,78	1,12
Qtz1	14,26	96,22	82,15
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	1,58	10,66	1,47
Cidades	0,47	3,14	1,47
Corpos D`água	0,02	0,10	0,36
Mata Nativa	3,22	21,73	0,90
Outras Culturas	0,70	4,74	0,95
Pastagem	8,84	59,64	0,89

As principais classes de uso do solo presentes correspondem a atividade de pastagem, presente em mais de 50% da área, e mata nativa que ocupa 22% da unidade (Figura 8.2). Os baixos percentuais de ocorrência das atividades de cultivo de café e outras culturas, se adequam as condições naturais do meio que pouco favorecem ao desenvolvimento de atividades agrícolas.

Áreas com restrições a ocupação compreendem apenas 7% da unidade e correspondem, principalmente, às faixas de preservação junto aos cursos de drenagem.

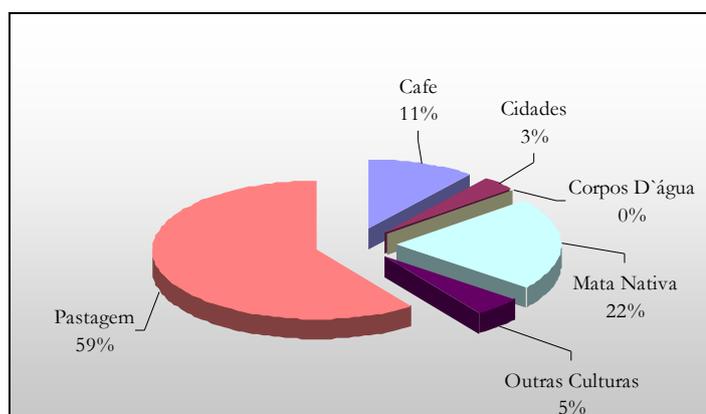


Figura 8.2 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental II.

Unidade III

Corresponde a unidade de terreno A3 e caracteriza-se por apresentar 66% da área com médio potencial ao escoamento e *pixels* com valor médio de 2,29. Em termos do aspecto de susceptibilidade a erosão 51% da área corresponde a classe alta e 48% caracterizam classes de susceptibilidade média a baixa. O valor médio dos *pixels* da superfície contínua é de 2,31. Caracteriza-se por exibir 80% da área com elevado potencial agrícola, predominando a classe muito alta, a qual corresponde a 62% da unidade. O valor médio de distribuição dos *pixels* na superfície contínua é de 3,95 (Tabela 8.4).

Áreas com restrições a ocupação apresentam baixo percentual de ocorrência, 7% da unidade, e são restritas a faixas de preservação junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.5 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade III.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,8	14,01	2,14	Mín – 1,18
Média	18,1	66,08	2,79	Máx – 3,39
Alta	5,36	19,53	8,12	Média – 2,29
Muito Alta	0,1	0,39	0,06	Desv Padrão – 0,26 Moda – 2,37
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	7,4	27,03	6,41	Mín – 1,27
Média	5,8	21,03	0,90	Máx – 3,55
Alta	14,3	51,92	1,82	Média – 2,31
Muito Alta	0,0	0,02	0,00	Desv Padrão – 0,39 Moda – 2,56
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,3	0,94	0,06	Mín – 1,84
Média	3,1	11,20	0,88	Máx – 3,71
Alta	4,9	17,92	1,89	Média – 3,095
Muito Alta	17,1	62,35	3,63	Desv Padrão – 0,43
Restritiva	2,1	7,64	1,31	Moda – 3,47

A ocorrência de valores percentuais de declividade menores que 20% (Tabela 8.6) juntamente com as características das matérias inconsolidados presentes, residuais de textura intermediária e retrabalhados de textura arenosa, condicionam a predominância de médio potencial ao escoamento superficial. A ocorrência da classe de alta susceptibilidade a erosão em 50% da unidade é condicionada pela textura intermediária dos materiais residuais presentes. Esta característica, juntamente com a predominância de declividades inferiores a 20% constituem fator preponderante a ocorrência do elevado potencial agrícola.

As atividades de pastagem, cultivo de café e cana-de-açúcar, constituem as principais classes de uso dos solos presente, com a primeira correspondendo 33% da área (Figura 8.3). As classes de café, cana-de-açúcar e outras culturas compreendem 46% da unidade, o que caracteriza uma condição de adequado aproveitamento do elevado potencial natural ao desenvolvimento agrícola apresentado.

Tabela 8.6- Atributos do meio físico da unidade III

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	7,99	29,11	3,04
2-10	8,45	30,78	3,04
10-20	9,60	34,98	1,84
20-30	1,20	4,37	0,34
30-45	0,14	0,49	0,06
>45	0,00	0,00	0,00
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Granito Cataclasado	2,1231	7,73	1,52
Gn Quartzitos	25,34	92,27	5,78
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	6,84	24,90	13,73
Gnq1	20,62	75,10	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	5,87	21,37	5,48
Cidades	2,23	8,13	7,06
Corpos D'água	0,03	0,10	0,68
Mata Nativa	2,12	7,72	0,59
Pastagem	8,95	32,59	0,91
Outras Culturas	1,81	6,59	2,45
Cana-de-açúcar	5,26	19,15	8,95

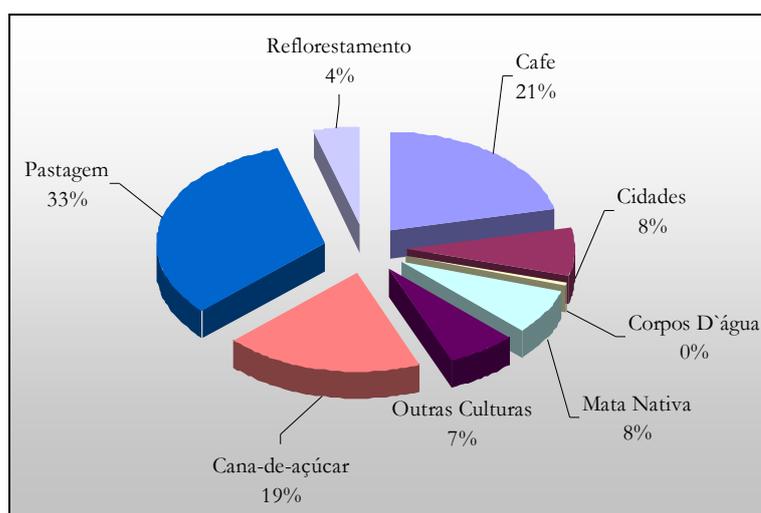


Figura 8.3 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental III.

Unidade IV

Corresponde a unidade de terreno A4. Apresenta 85% de sua área com médio potencial ao escoamento, e valor médio dos *pixels* de 2,22. Com relação ao aspecto de susceptibilidade a erosão, 42% da área compreende a classe média e 47% a classe alta. O valor médio dos *pixels* é de 2,41. Exibe elevado potencial ao desenvolvimento agrícola, com 63% da área representada pela faixa de potencial muito alto. A superfície contínua representativa deste aspecto apresenta valor médio para a unidade de 3,05 (Tabela 8.7).

Nesta unidade, regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 5% da mesma, e são restritas a faixas de preservação junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.7 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade IV.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,16	0,80	0,09	Mín – 1,18
Média	16,93	85,28	2,61	Máx – 3,39
Alta	2,72	13,70	0,41	Média – 2,22
Muito Alta	0,01	0,07	0,01	Desv Padrão – 0,27 Moda – 1,78

Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,91	9,62	1,65	Mín – 1,27
Média	8,47	42,67	1,33	Máx – 3,23
Alta	9,47	47,70	1,21	Média – 2,41
Muito Alta	0,00	0,02	0,00	Desv Padrão – 0,26 Moda – 2,31

Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,78	3,94	0,18	Mín – 1,80
Média	1,78	8,98	0,51	Máx – 3,66
Alta	3,59	18,11	1,38	Média – 3,05
Muito Alta	12,57	63,30	2,66	Desv Padrão – 0,4
Restritiva	1,10	5,52	0,69	Moda – 3,35

As características apresentadas pelo meio, predominância de declividades inferiores a 20%, materiais inconsolidados residuais de textura intermediária e 42% da área com média susceptibilidade a erosão constituem fatores que atuam favoravelmente a situação de elevado potencial agrícola.

A atividade de cultivo de cana-de-açúcar caracteriza a classe de ocupação do solo com maior percentual de ocorrência em área na unidade (Tabela 8.8, Figura 8.4). De forma secundária destacam-se a classe de mata nativa e a ocupação por cidades.

Tabela 8.8- Atributos do meio físico da unidade IV.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	6,64	33,47	2,53
2-10	6,12	30,84	2,20
10-20	6,33	31,88	1,21
20-30	0,65	3,29	0,19
30-45	0,07	0,34	0,03
>45	0,02	0,09	0,03
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Quartzitos	19,7487	99,48	4,50
Gn Básicas	0,10	0,52	0,23
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	1,7541	8,84	3,52
Gnq 2	18,10	91,16	133,93
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,77	3,86	0,71
Cidades	1,97	9,93	6,24
Corpos D'água	0,09	0,44	2,04
Mata Nativa	2,18	10,98	0,61
Outras Culturas	0,38	1,92	0,52
Cana-de-açúcar	13,32	67,07	22,66

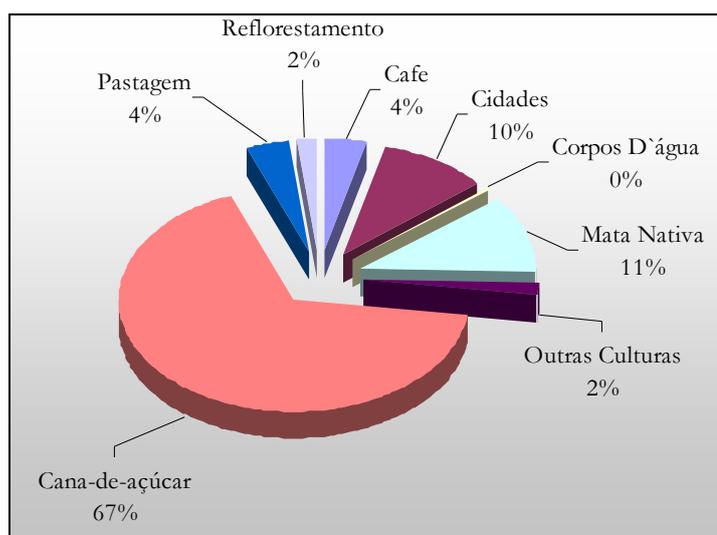


Figura 8.4 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental IV.

Juntas, as atividades de cultivo de cana-de-açúcar, café e outras culturas ocupam 73% da unidade, se adequando a condição natural de elevado potencial agrícola apresentada pelo meio físico.

Unidade V

Corresponde a unidade de terreno A5. Esta unidade geoambiental apresenta condições naturais de médio potencial ao escoamento superficial, com 58% da sua área representada pela classe média. O valor médio dos *pixels* da superfície contínua fuzzy é 2,28. A susceptibilidade a erosão é caracterizada pela ocorrência de 42 % da unidade com valores médios e 41% baixos. A distribuição dos *pixels* em superfície contínua exibe valor médio de 2,11. As condições de potencial agrícola são predominantemente elevadas, 75% da área exibe potencial ao desenvolvimento agrícola entre alto e muito alto. Os valores médios de distribuição dos *pixels* em superfície contínua confirmam a predominância da classe alta (Tabela 8.9)

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 5% da unidade, e são restritas a faixas de preservação junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.9 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade V.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	17,85	19,43	9,93	Mín – 0,70
Média	53,56	58,30	8,25	Máx – 3,27
Alta	19,21	20,90	2,91	Média – 2,28
Muito Alta	1,26	1,37	0,67	Desv Padrão – 0,29 Moda – 1,89
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos Parâmetros estatísticos
Baixa	37,78	41,12	32,63	Mín – 0,30
Média	38,97	42,42	6,10	Máx – 4,27
Alta	14,32	15,59	1,83	Média – 2,11
Muito Alta	0,80	0,87	0,57	Desv Padrão – 0,40 Moda – 2,12
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	7,51	8,18	1,73	Mín – 1,32
Média	9,99	10,87	2,86	Máx – 3,58
Alta	15,36	16,71	5,91	Média – 2,94
Muito Alta	53,77	58,52	11,39	Desv Padrão - 0,48
Restritiva	5,26	5,72	3,29	Moda – 3,32

A situação de médio potencial ao escoamento é condicionada, principalmente, pela predominância de declividade com valores inferiores a 20% (Tabela 8.10), pela baixa densidade de drenagem, e pela ocorrência em área de apenas 41% de materiais inconsolidados com características de gênese e textura, retrabalhados argilosos, que influencia favoravelmente a esta condição.

A condição de média a baixa susceptibilidade a erosão é favorecida pelo médio potencial ao escoamento, e pela característica de textura arenosa dos materiais residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas presentes em 42% da unidade.

O elevado potencial agrícola é condicionado de forma preponderante pelas características de baixos valores de declividade, textura dos materiais retrabalhados e capacidade de troca catiônica deste e dos residuais de gnaisses.

Tabela 8.10- Atributos do meio físico da unidade V.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	30,58	33,29	11,64
2-10	25,33	27,57	9,11
10-20	28,15	30,64	5,39
20-30	5,50	5,99	1,58
30-45	1,93	2,10	0,90
>45	0,37	0,41	0,72
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Quartzitos	29,21	31,79	6,66
Gn Básicas	60,05	65,36	130,67
Qartzitos	2,62	2,85	0,61
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	38,00	41,36	76,31
Gnq 3	3,73	4,06	8,73
Gnq 4	9,96	10,84	67,99
Gnb 1	38,75	42,18	48,19
Qtz1	1,43	1,56	8,25
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Área Varzea	0,71	0,77	13,09
Café	16,10	17,53	15,03
Cidades	6,44	7,01	20,37
Corpos D'água	0,44	0,48	10,47
Mata Nativa	28,29	30,79	7,88
Outras Culturas	5,01	5,45	6,77
Cana-de-açúcar	4,88	5,31	8,31
Pastagem	29,64	32,26	3,00
Solo Exposto	0,37	0,40	4,59

As classes de ocupação do solo por pastagem e mata nativa apresentam os maiores percentuais de ocorrência em área, 33% e 31% respectivamente (Figura 8.5). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola ocupam apenas 28% da unidade, com destaque para o cultivo de café. Esta situação caracteriza um aproveitamento inadequado das condições naturais de alto potencial agrícola apresentada pelo meio físico.

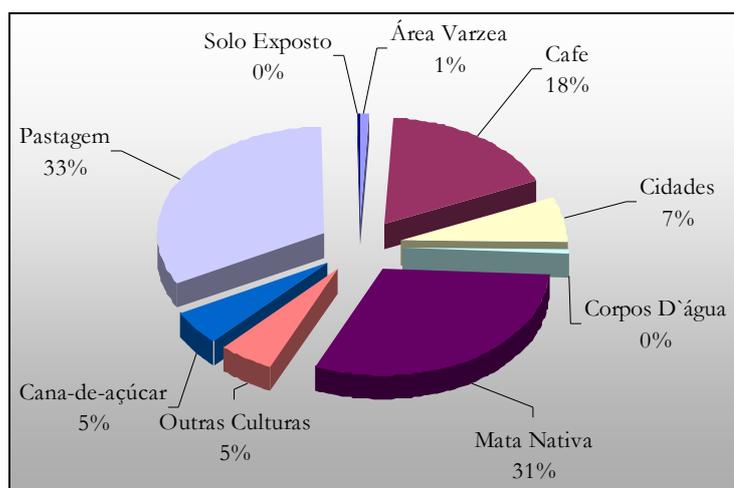


Figura 8.5 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental V.

Unidade VI

Corresponde a unidade de terreno A6. Apresenta condição de potencial ao escoamento médio a alto, com 41% da área correspondendo a primeira classe e 43% a segunda. Os valores médios dos *pixels* na superfície contínua são de 2,5. A susceptibilidade a erosão caracteriza-se pela predominância da classe média a qual corresponde a 65% da área. Os valores médios de distribuição dos *pixels* são de 2,44. O potencial agrícola é caracterizado pela ocorrência de 30% da área representada pela classe muito alta e 31% pela classe baixa. O valor médio dos *pixels* em superfície contínua é de 2,44 (Tabela 8.11).

Áreas com restrições a ocupação correspondem a 6% da unidade, e constituem áreas com declividade superiores a 25°.

A condição de potencial ao escoamento médio a alto é favorecida pela ocorrência de 38% em área de declividades medianamente moderadas a muito altas, e

pela alta influência das características de textura intermediária e gênese residual dos materiais inconsolidados presentes (Tabela 8.12).

Tabela 8.11 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade VI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,04	7,00	0,58	Mín - 1,24
Média	6,07	40,87	0,93	Máx - 3,24
Alta	6,48	43,67	0,98	Média - 2,5
Muito Alta	1,06	7,14	0,56	Desv Padrã - 0,32o Moda - 2,5
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,06	0,38	0,05	Mín - 1,22
Média	9,64	64,90	1,51	Máx - 3,63
Alta	4,94	33,25	0,63	Média - 2,44
Muito Alta	0,02	0,15	0,02	Desv Padrão - 0,15 Moda - 2,44
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	4,60	30,96	1,06	Mín - 1,62
Média	2,49	16,79	0,71	Máx - 3,48
Alta	2,35	15,86	0,91	Média - 2,44
Muito Alta	4,33	29,20	0,92	Desv Padrão - 0,57
Restritiva	0,86	5,80	0,54	Moda - 3,03

Tabela 8.12- Atributos do meio físico da unidade VI.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	2,11	14,38	0,80
2-10	3,35	22,88	1,21
10-20	5,45	37,22	1,04
20-30	2,78	18,96	0,80
30-45	0,88	6,01	0,41
>45	2,11	14,38	0,80
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	14,85	100,00	3,38
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gnb 5	14,85	100,00	53,40
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Café	1,39	9,34	1,29
Cidades	0,00	0,00	0,00
Corpos D'água	0,00	0,00	0,00
Mata Nativa	3,94	26,54	1,10
Outras Culturas	0,39	2,61	0,52
Cana-de-açúcar	2,32	15,64	3,95
Pastagem	6,04	40,71	0,61
Reflorestamento	0,57	3,83	11,07

A susceptibilidade a erosão média a alta apresentada é condicionada pelos aspectos de potencial ao escoamento e pelas características de textura e espessura dos materiais inconsolidados. As condições variáveis de potencial agrícola entre as classes baixa e muito alta são controladas pela distribuição dos valores de declividade, que apesar de apresentarem predominância das faixas que favorecem ao desenvolvimento de atividade agrícola, exibem também percentual significativo de classe com severas restrições a implantação das mesmas.

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como as principais atividades de ocupação do solo, com 41% e 27% de ocorrência em área respectivamente (Figura 8.6). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola correspondem a 28% da área, o que caracteriza um aproveitamento pouco adequado das boas condições naturais de potencial agrícola apresentada por 45% da unidade.

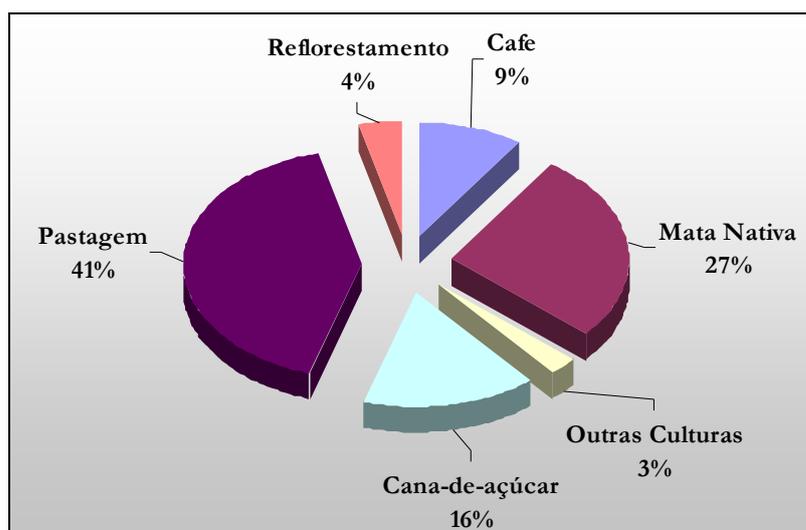


Figura 8.6 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental VI.

Unidade VII

Corresponde a unidade de terreno A7 e caracteriza-se por apresentar 47% de sua área com médio potencial ao escoamento, e valores médios de *pixels* de 2,26. Com relação as condições de susceptibilidade a erosão, 86% da área constituem a classe média, e a distribuição dos *pixels* em superfície contínua apresenta valores médio de 2,27. O potencial agrícola é caracterizado pela predominância da classe muito alta, a

qual corresponde a 54,5% da unidade. O valor médio de distribuição dos *pixels* em superfície contínua é de 2,94 (Tabela 8.13).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio constituem 6% da unidade, e caracterizam faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.13 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade VII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	23,36	24,32	13,00	Mín - 1,17
Média	45,54	47,41	7,01	Máx - 3,63
Alta	26,07	27,14	3,95	Média - 2,26
Muito Alta	1,10	1,14	0,58	Desv Padrão - 0,37 Moda - 2,48
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	7,59	7,90	6,55	Mín - 1,18
Média	82,67	86,06	12,93	Máx - 3,47
Alta	5,79	6,03	0,74	Média - 2,27
Muito Alta	0,01	0,01	0,00	Desv Padrão - 0,19 Moda - 2,37
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	8,94	9,31	2,06	Mín - 1,54
Média	11,41	11,88	3,26	Máx - 3,48
Alta	17,33	18,04	6,66	Média - 2,94
Muito Alta	52,36	54,51	11,10	Desv Padrão - 0,49
Restritiva	5,89	6,13	3,69	Moda - 3,29

O médio potencial ao escoamento é condicionado pela predominância de valores percentuais de declividade inferiores a 20%, e pela baixa influência da textura arenosa das matérias residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas presentes em 83% da unidade (Tabela 8.14). A condição de médio potencial ao escoamento controla, de forma preponderante, a média susceptibilidade a erosão apresentada pela unidade. O elevado potencial agrícola é favorecido pelas características de declividade da área e pelas condições de média susceptibilidade a erosão e elevadas espessuras dos materiais inconsolidados.

A principal classe de ocupação do solo presente nesta unidade é a atividade de pastagem, com ocorrência em 33% da área (Figura 8.7).

Tabela 8.14- Atributos do meio físico da unidade VII.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	27,58	28,71	10,49
2-10	26,72	27,82	9,61
10-20	33,18	34,54	6,36
20-30	7,09	7,38	2,04
30-45	1,42	1,48	0,66
>45	0,05	0,06	0,10
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Quartzitos	1,7136	1,78	0,39
Gn Básicas	94,3434	98,22	205,28
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	0,83	0,86	1,66
Retrab 2	14,30	14,89	62,87
Gnq 5	0,51	0,53	1,32
Gnb 2	80,42	83,72	690,08
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	15,90	16,55	14,84
Corpos D'água	0,08	0,08	1,79
Mata Nativa	13,06	13,59	3,64
Mata Ciliar	0,45	0,47	1,34
Outras Culturas	3,23	3,37	4,37
Cana-de-açúcar	27,13	28,24	46,16
Pastagem	31,82	33,13	3,22
Reflorestamento	0,86	0,89	16,72
Solo Exposto	3,54	3,68	44,03

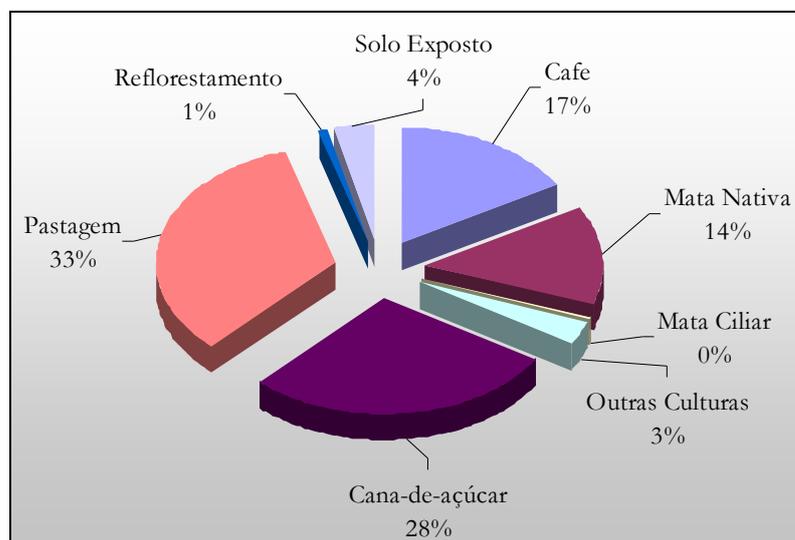


Figura 8.7 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental VII.

A Figura 8.7 mostra que as classes voltadas ao desenvolvimento agrícola ocupam 48% da unidade, com predominância das atividades de cultivo de cana-de-açúcar e café.

A elevada ocorrência destas atividades na área vem a caracterizar um bom aproveitamento das condições naturais oferecidas pelo meio físico.

Unidade VIII

Corresponde a unidade de terreno A8. Apresenta 51% da área com médio potencial ao escoamento superficial e 41% baixo. Os valores médios de *pixels* de 2,08. A condição de susceptibilidade a erosão é média a alta, caracterizada por 94% da área, com predomínio da classe média, 61%. Os valores médios dos *pixels* são de 2,4. O potencial agrícola é predominantemente elevado, compreendendo a classe muito alta 60% da unidade. Os valores médios de distribuição dos *pixels* são de 2,9 (Tabela 8.15)

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 3% da unidade. Caracterizam, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.15 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade VIII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	5,33	41,10	2,97	Mín – 1,15
Média	6,67	51,43	1,03	Máx – 3,38
Alta	0,88	6,81	0,13	Média – 2,08
Muito Alta	0,09	0,67	0,05	Desv Padrão – 0,30 Moda – 1,73
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,81	6,23	0,70	Mín – 1,26
Média	7,98	61,52	1,25	Máx – 3,00
Alta	4,18	32,24	0,53	Média – 2,40
Muito Alta	0,00	0,01	0,00	Desv Padrão – 0,22 Moda – 2,29
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,17	9,02	0,27	Mín – 1,51
Média	1,43	10,99	0,41	Máx – 3,32
Alta	2,20	17,00	0,85	Média – 2,90
Muito Alta	7,71	59,50	1,63	Desv Padrão – 0,46
Restritiva	0,45	3,43	0,28	Moda – 3,25

A ocorrência de valores de declividade inferiores a 20% constitui fator preponderante a condição de médio potencial ao escoamento superficial, e esta vem a controlar situação de média susceptibilidade a erosão. O elevado potencial agrícola é

favorecido pelas características de declividade além da condição média susceptibilidade a erosão, da forte influência de espessura, entre 1,5 e 2,0 metros, e da textura areno-siltosa dos materiais residuais de granitos cataclados, que constituem 100% da unidade (Tabela 8.16).

Trinta e nove por cento da área é ocupada por atividades de uso do solo voltadas ao desenvolvimento agrícola, com destaque para atividade de cultivo de cana-de-açúcar que ocorre em 30% da unidade. A atividade de pastagem constitui a classe de ocupação com segunda maior ocorrência em área na unidade, 26% do total (Figura 8.8). A baixa ocupação da área por atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola caracteriza situação de aproveitamento inadequado do meio.

Tabela 8.16- Atributos do meio físico da unidade VIII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	4,63	35,73	1,76
2-10	3,51	27,04	1,26
10-20	3,79	29,26	0,73
20-30	0,75	5,80	0,22
30-45	0,22	1,73	0,10
>45	0,04	0,33	0,08
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Granito Cataclado	12,97	100,00	9,28
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Grc	12,97	100,00	62,87
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Área Varzea	2,68	20,68	49,38
Café	0,76	5,83	0,71
Corpos D'água	0,09	0,69	2,11
Mata Nativa	1,75	13,47	0,49
Mata Ciliar	0,00	0,00	0,00
Outras Culturas	0,42	3,22	0,56
Cana-de-açúcar	3,96	30,58	6,75
Pastagem	3,31	25,54	0,34

Unidade IX

Corresponde a unidade de terreno B1. Apresenta 47% da área correspondendo a classe de médio potencial ao escoamento superficial, e 49% a classe alta. Os *pixels* exibem valores médios de 2,51. A susceptibilidade a erosão é retratada pela predominância de 81% da área na classe alta, e por valores médios de *pixels* de 3,74. O

potencial agrícola é caracterizado pela ocorrência de 43% da área na classe baixa. Os pixels exibem valores médios de distribuição de 2,38 (Tabela 8.17).

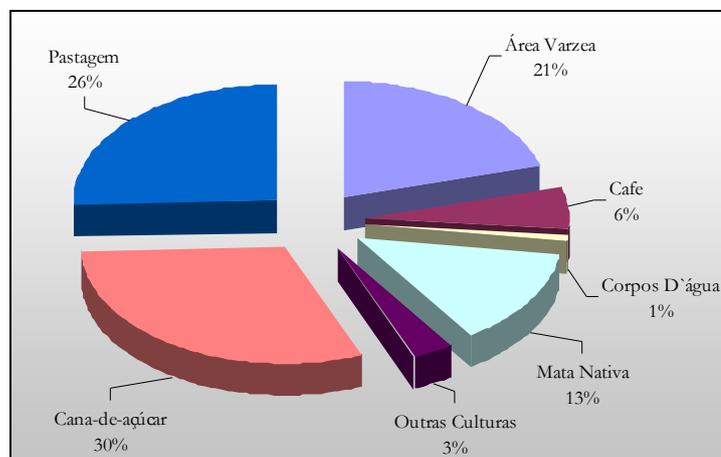


Figura 8.8 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental VIII.

Tabela 8.17 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade IX.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,23	2,33	0,13	Mín – 1,11
Média	4,70	46,87	0,72	Máx – 3,41
Alta	4,93	49,15	0,75	Média – 2,51
Muito Alta	0,16	1,59	0,08	Desv Padrão – 0,36 Moda – 2,24
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,46	4,61	0,40	Mín – 1,33
Média	0,50	5,01	0,08	Máx – 2,16
Alta	8,09	80,72	1,04	Média – 3,74
Muito Alta	0,96	9,58	0,68	Desv Padrão – 0,28 Moda – 2,67
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	4,31	43,03	0,99	Mín – 1,55
Média	1,53	15,26	0,44	Máx – 3,39
Alta	1,21	12,09	0,47	Média – 2,38
Muito Alta	1,81	18,05	0,38	Desv Padrão – 0,54
Restritiva	1,15	11,47	0,72	Moda – 3,35

Áreas com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 11% da unidade e correspondem, principalmente, as faixas destinadas à preservação permanente

junto aos cursos de drenagem, e secundariamente a regiões com valores de declividade superiores a 25°.

A condição de potencial de escoamento superficial médio a alto é controlada de forma preponderante pela predominância de valores de declividade superiores a 20% e pela textura intermediária dos materiais residuais de gnaisses intercalados com quartzitos presente em 97% da unidade (Tabela 8.18). A condição de potencial ao escoamento somada as características de textura e espessura, entre 3 e 5 metros, apresentadas pelos materiais inconsolidados presentes condicionam favoravelmente a situação de alta susceptibilidade a erosão. As de alta susceptibilidade a erosão e predominância de elevada declividade condicionam ao baixo potencial agrícola exibido pela unidade.

Tabela 8.18- Atributos do meio físico da unidade IX.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,61	6,11	0,23
2-10	1,28	12,75	0,46
10-20	3,00	29,97	0,58
20-30	2,53	25,29	0,73
30-45	2,16	21,54	1,01
>45	0,43	4,26	0,82
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Quartzitos	10,02	100,00	7,17
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	0,24	2,43	0,26
Gnq 3	9,78	97,57	72,37
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,26	2,59	0,24
Mata Nativa	5,38	53,72	1,50
Outras Culturas	0,24	2,35	0,32
Pastagem	4,06	40,51	0,41
Solo Exposto	0,08	0,82	1,02

Destacam-se como principais classes de uso presente na unidade, mata nativa com 53% de ocorrência em área, e pastagem com 40% (Figura 8.9). Atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícolas ocupam apenas 5% da área, demonstrando aproveitamento adequado da condição natural de baixo potencial agrícola oferecida pela unidade.

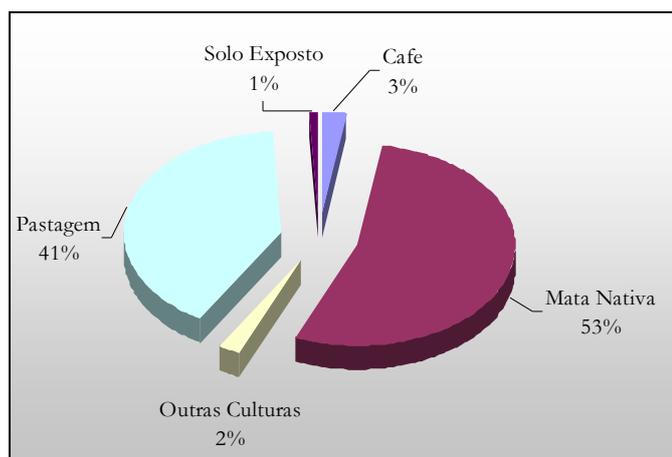


Figura 8.9 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental IX.

Unidade X

Corresponde a unidade de terreno B2. Apresenta 57% de sua área correspondendo a classe de médio potencial ao escoamento, e 35% a classe alta. A distribuição de *pixels* em superfície contínua apresenta valores médios de 2,42. A susceptibilidade a erosão é caracterizada pela ocorrência de 78% da unidade na classe alta, os valores médios de *pixels* de 2,75. O potencial agrícola é retratado pela ocorrência de 42% da unidade na classe muito alta, e 21% na classe média. A superfície *fuzzy* representativa deste aspecto exibe valores médios dos *pixels* de 3,06 (Tabela 8.19).

Áreas com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 9% da unidade, e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

A situação de potencial ao escoamento médio a alto é condicionada, principalmente, pelas características de textura intermediária dos materiais residuais de gnaisses intercalados a rochas quartzíticas presentes em 98% da unidade, haja vista que apenas 21% da unidade exibe valores de declividade acima de 20% (Tabela 8.20). A alta susceptibilidade a erosão é controlada pelas características de escoamento superficial e aspectos de textura e espessura dos materiais inconsolidados. O elevado potencial agrícola é favorecido pela predominância de faixas de declividade inferiores a 20% e pelas características dos materiais inconsolidados.

Tabela 8.19 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade X.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,41	7,22	1,34	Mín – 1,18
Média	19,07	57,01	2,94	Máx – 3,52
Alta	10,66	31,87	1,61	Média – 2,42
Muito Alta	1,30	3,89	0,69	Desv Padrão – 030 Moda – 2,17
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,41	1,22	0,35	Mín – 1,27
Média	6,88	20,57	1,08	Máx – 3,69
Alta	26,10	78,05	3,34	Média – 2,57
Muito Alta	0,05	0,16	0,04	Desv Padrão – 0,16 Moda – 2,56
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,25	9,73	0,75	Mín – 1,85
Média	7,14	21,34	2,04	Máx – 3,46
Alta	5,77	17,24	2,22	Média – 2,82
Muito Alta	14,28	42,69	3,03	Desv Padrão – 0,56
Restritiva	3,04	9,08	1,90	Moda – 3,37

Tabela 8.20- Atributos do meio físico da unidade X.

Classes Declivid %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	7,87	23,53	2,99
2-10	6,94	20,77	2,50
10-20	11,91	35,60	2,28
20-30	4,71	14,07	1,35
30-45	1,92	5,75	0,90
>45	0,11	0,31	0,20
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Quartzitos	33,44	100,00	23,93
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	0,64	1,93	1,29
Gnq 4	32,80	98,07	76,70
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Café	3,33	9,95	3,11
Mata Nativa	8,35	24,97	2,33
Outras Culturas	3,02	9,02	4,08
Pastagem	18,32	54,78	1,85
Solo Exposto	0,43	1,28	5,32

As atividades de pastagem e a classe de mata nativa destacam-se como principais tipos de uso e ocupação do solo presentes na unidade, correspondendo a 54% de 25%, respectivamente (Figura 8.10). Atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas

agrícolas ocupam apenas 18% da área, o que retrata aproveitamento inadequado da condição natural de elevado potencial agrícola oferecida pela unidade.

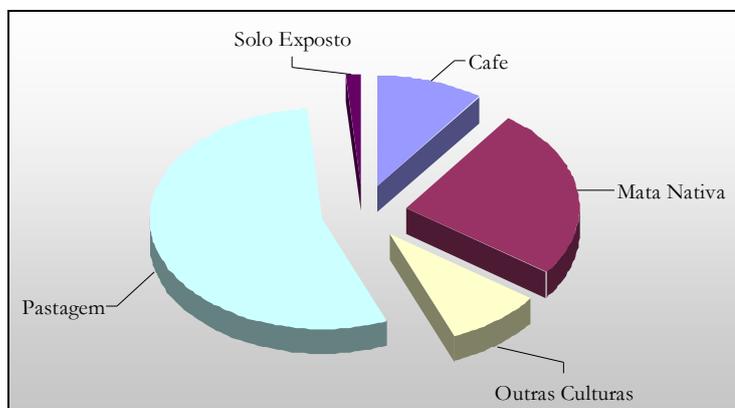


Figura 8.10 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental X.

Unidade XI

Corresponde a unidade de terreno B3. Apresenta 69% da área compreendendo as classes de média a alto potencial ao escoamento. A superfície *fuzzy* representativa deste aspecto exibe valores médios de *pixels* de 2,62. (Tabela 8.21)

Tabela 8.21 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,31	1,00	0,17	Mín – 1,23
Média	10,89	35,32	1,68	Máx – 3,79
Alta	10,43	33,82	1,58	Média – 2,62
Muito Alta	1,18	3,84	0,63	Desv Padrão – 0,33 Moda – 2,37
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,28	0,91	0,24	Mín – 1,30
Média	3,30	10,71	0,52	Máx – 4,01
Alta	26,82	86,97	3,43	Média – 2,65
Muito Alta	0,38	1,23	0,27	Desv Padrão – 0,18 Moda – 2,56
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	7,65	24,80	1,76	Mín – 1,51
Média	8,81	28,57	2,52	Máx – 3,69
Alta	4,28	13,89	1,65	Média – 2,47
Muito Alta	6,25	20,26	1,32	Desv Padrão – 0,56
Restritiva	3,84	12,45	2,40	Moda – 3,37

A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 87% da área da unidade na classe alta, com valores médios de *pixels* de 2,65. Com relação ao potencial ao desenvolvimento de atividades agrícola, a unidade exhibe 53% de sua área compreendem as classes baixa a média, e valores médios de *pixels* de 2,47.

Áreas com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 12% da unidade e correspondem, principalmente, faixas destinadas à preservação permanente junto aos cursos de drenagem, e secundariamente a regiões com valores de declividade superiores a 25°.

A ocorrência em 41% da área de valores de declividade superiores a 20% somada a predominância dos materiais residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas (Tabela 8.22), os quais exibem textura intermediária condicionam o potencial ao escoamento médio a alto em mais de 50% da unidade. Este aspecto dos materiais inconsolidados e as condições de potencial ao escoamento favorecem a situação de elevada susceptibilidade a erosão constatada na área. O potencial agrícola médio a baixo é condicionado pela ocorrência de valores de declividade acima a 20% em 42% da unidade, e pela condição de elevada susceptibilidade a erosão. As características de espessuras superiores a 2 metros e os valores de capacidade de troca catiônica apresentados pelos materiais inconsolidados presentes, juntamente com os valores de declividade inferiores a 20%, em 52% da área favorecem as elevado potencial agrícola em 34% da área.

A atividade de pastagem caracteriza a classe de ocupação do solo com maior ocorrência em área na unidade, 57%. De forma secundária ocorrem mata nativa, com 21% de ocorrência em área, e café com 18% (Figura 8.11). A ocupação de apenas 20% da unidade por atividade voltados as práticas agrícolas caracteriza um aproveitamento adequado das condições naturais de potencial agrícola pouco favorável ao desenvolvimento destas atividades.

Tabela 8.22 - Atributos do meio físico da unidade XI.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	2,63	8,54	1,00
2-10	4,04	13,09	1,45
10-20	10,71	34,74	2,05
20-30	8,21	26,63	2,36
30-45	4,55	14,77	2,12
>45	0,68	2,22	1,31
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	28,19	91,41	6,43
Qartzitos	0,58	1,89	1,27
Migmatitos	2,07	6,70	0,48
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	1,14	3,71	2,30
Gnb 6	27,12	87,96	97,56
Mig 1	2,01	6,52	12,73
Qtz 2	0,56	1,81	3,22
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	5,56	18,04	5,19
Mata Nativa	6,42	20,82	1,79
Mata Ciliar	0,21	0,68	0,62
Outras Culturas	0,55	1,79	0,74
Pastagem	17,73	57,48	1,79
Solo Exposto	0,37	1,19	4,58

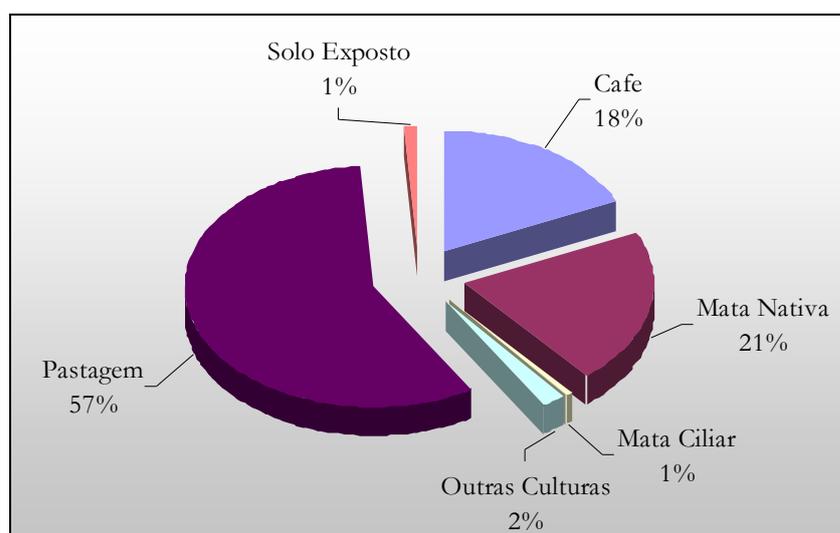


Figura 8.11 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XI.

Unidade XII

Corresponde a unidade de terreno B4. Apresenta 56% da área compreendida pela classe médio potencial ao escoamento e 41% pela classe alta. Os valores médios dos *pixels* são de 2,84. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 72% da unidade na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,58. O potencial agrícola é caracterizado pela ocorrência de 28% da área na classe média e 23% na classe baixa. Os valores médios dos *pixels* são de 2,47 (Tabela 8.23).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 10% da unidade e constituem, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.23 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,17	6,16	0,65	Mín – 1,06
Média	8,93	46,84	1,37	Máx – 3,56
Alta	7,79	40,86	1,18	Média – 2,48
Muito Alta	1,17	6,14	0,62	Desv Padrão – 0,31 Moda – 2,37

Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,03	0,16	0,03	Mín – 1,45
Média	5,02	26,34	0,79	Máx – 3,74
Alta	13,83	72,51	1,77	Média – 2,58
Muito Alta	0,15	0,79	0,11	Desv Padrão – 0,17 Moda

Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	4,50	23,59	1,04	Mín – 0,36
Média	5,47	28,69	1,56	Máx – 3,97
Alta	2,98	15,61	1,14	Média – 2,47
Muito Alta	4,20	22,03	0,89	Desv Padrão – 0,56
Restritiva	1,90	9,99	1,19	Moda - 3,22

A condição de potencial ao escoamento médio a alto é favorecida pela ocorrência de valores de declividades superiores a 20%, em 37% da unidade, e pela textura intermediária dos materiais residuais de migmatitos e gnaisses intercalados a rochas básicas, os quais corresponde a mais de 90% da área (Tabela 8.24). A alta susceptibilidade a erosão é condicionada pela situação predominante de médio a alto potencial ao escoamento e pelas características de texturas dos materiais residuais de

gnaises intercalados a rochas básicas, e de espessuras destes e dos residuais de migmatitos. A condição de elevada susceptibilidade a erosão e a ocorrência de valores de declividade acima de 20%, em 37% da área vêm a controlar o potencia médio a baixo ao desenvolvimento agrícola exibido pela unidade.

Tabela 8.24- Atributos do meio físico da unidade XII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,73	9,09	0,66
2-10	3,01	15,79	1,08
10-20	7,11	37,30	1,36
20-30	4,89	25,67	1,41
30-45	2,13	11,18	0,99
>45	0,19	0,99	0,36
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	11,67	61,23	2,66
Migmatitos	7,39	38,77	1,72
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	0,86	4,50	1,72
Gnb 3	11,65	61,12	100,00
Gnb 4	0,01	0,06	0,03
Mig 1	6,56	34,41	41,55
Mig 2	0,07	0,38	0,22
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Café	2,26	11,87	2,11
Corpos d`água	0,06	0,31	1,40
Mata Nativa	7,52	39,46	2,10
Pastagem	9,22	48,36	0,93

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como as principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Estas correspondem, respectivamente, a 49% e 39% da área. A atividade de café constitui a única prática agrícola vigente na unidade. Corresponde a apenas 20% da área, e se adequa as condições potencial natural de desenvolvimento agrícola apresentado pela unidade.

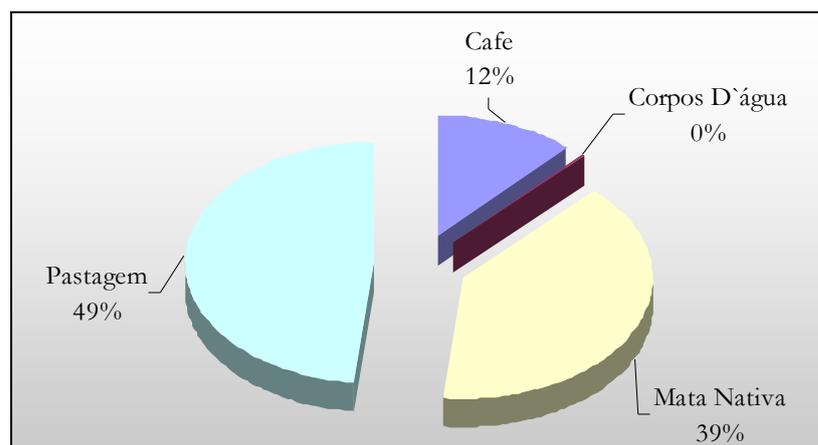


Figura 8.12 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XII.

Unidade XIII

Corresponde a unidade de terreno B5. Caracteriza-se por apresentar 48% de sua área correspondendo a classe de alto potencial ao escoamento, e 30% a classe média. Os valores médios de *pixels* são de 2,65. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 76% da unidade na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,8. O potencial agrícola é caracterizado pela ocorrência de 50% da área na classe baixa. Os valores médios dos *pixels* são de 2,15 (Tabela 8.25).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 15% da unidade e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

A ocorrência de 48% da unidade com alto potencial ao escoamento é devido a predominância de valores de declividade acima de 20%, e a ocorrência dos materiais residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas, os quais compreende 85% e caracterizam-se por exibir texturas intermediárias (Tabela 8.26). A condição do potencial ao escoamento e as características de textura destes materiais condicionam a alta susceptibilidade a erosão da unidade. O potencial agrícola predominantemente baixo é resultado dos elevados valores de declividade presentes na área e da influência moderada exercida pelos aspectos de textura dos materiais inconsolidados.

Tabela 8.25 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XIII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,59	3,39	0,89	Mín – 1,38
Média	14,21	30,30	2,19	Máx – 3,63
Alta	22,66	48,32	3,43	Média – 2,65
Muito Alta	8,43	17,98	4,50	Desv Padrão – 0,65
				Moda – 3,33
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,23	0,50	0,20	Mín – 1,69
Média	2,92	6,22	0,46	Máx – 4,08
Alta	35,94	76,64	4,60	Média – 2,80
Muito Alta	7,80	16,63	5,54	Desv Padrão – 0,21
				Moda – 3,14
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	23,64	50,41	5,44	Mín – 1,79
Média	7,42	15,82	2,12	Máx – 3,63
Alta	3,73	7,96	1,44	Média – 2,15
Muito Alta	4,81	10,25	1,02	Desv Padrão – 0,49
Restritiva	7,29	15,55	4,56	Moda – 1,76

Tabela 8.26- Atributos do meio físico da unidade XIII.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,95	4,16	0,74
2-10	3,78	8,06	1,36
10-20	11,53	24,59	2,21
20-30	13,85	29,53	3,98
30-45	12,55	26,76	5,85
>45	3,23	6,88	6,18
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	40,83	87,08	9,31
Migmatitos	6,06	12,92	1,41
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	0,32	0,67	0,33
Retrab 2	1,28	2,73	2,57
Gnb 4	40,08	85,49	95,73
Mig 1	5,12	10,93	32,44
Mig 2	0,09	0,18	0,26
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,82	1,76	0,77
Cidades	0,01	0,02	0,03
Corpos D`água	0,03	0,06	0,70
Mata Nativa	19,97	42,60	5,57
Outras Culturas	0,02	0,03	0,02
Pastagem	26,04	55,53	2,64

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Estas correspondem, respectivamente, a 55% e 43% da área. A atividade de café constitui a única prática agrícola vigente na unidade, e exibe percentual de ocorrência pouco significativo, o que vem a se adequar ao baixo potencial natural de desenvolvimento agrícola apresentado pela unidade (Figura 8.13).

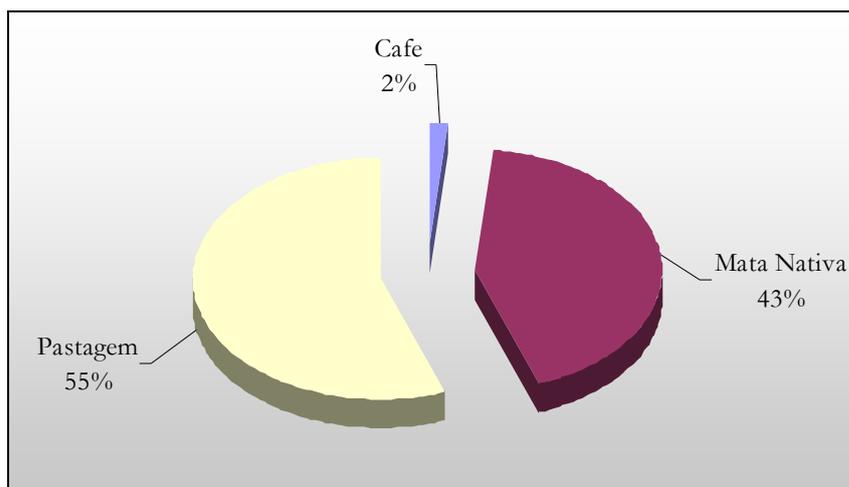


Figura 8.13 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XIII.

Unidade XIV

Corresponde a unidade de terreno B6. Apresenta 54% da área enquadrada na classe de alto potencial ao escoamento e 31% na classe média. Os valores médios dos *pixels* são de 2,64. A susceptibilidade a erosão é caracterizada pela ocorrência de 82% da área na classe alta, e valores médio dos *pixels* de 2,6. O potencial agrícola é representado pela ocorrência de 58% da área nas classes média a baixa, com valores médios de *pixels* de 2,43 (Tabela 8.27).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 10% da unidade e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

O alto potencial ao escoamento é condicionado pelos valores de declividade superiores a 20% em 47% da área, e pela textura argilosa dos materiais residuais de migmatito, que compreendem 98% da unidade (Tabela 8.28). A condição de escoamento e a característica de elevada espessura destes materiais favorecem a alta

susceptibilidade a erosão. O médio a baixo potencial agrícola é controlado pelos valores de declividade, e pela condição de susceptibilidade a erosão.

Tabela 8.27 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XIV.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,83	2,47	0,46	Mín – 1,20
Média	10,46	31,22	1,61	Máx – 3,55
Alta	17,99	53,71	2,72	Média – 2,64
Muito Alta	4,22	12,59	2,25	Desv Padrão – 0,31 Moda – 2,40
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,57	1,70	0,49	Mín – 1,25
Média	5,50	16,43	0,86	Máx – 3,31
Alta	27,40	81,79	3,51	Média – 2,60
Muito Alta	0,03	0,08	0,02	Desv Padrão – 0,17 Moda – 2,51
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	5,27	15,74	1,21	Mín – 1,56
Média	14,20	42,39	4,06	Máx – 3,52
Alta	4,39	13,10	1,69	Média – 2,43
Muito Alta	6,20	18,51	1,31	Desv Padrão – 0,54
Restritiva	3,31	9,88	2,07	Moda – 3,38

Tabela 8.28- Atributos do meio físico da unidade XIV.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	2,41	7,20	0,92
2-10	4,00	11,95	1,44
10-20	11,16	33,31	2,14
20-30	10,52	31,41	3,02
30-45	4,99	14,91	2,33
>45	0,42	1,25	0,80
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	0,48	1,44	0,11
Migmatitos	33,02	98,56	7,67
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gnb 4	0,48	1,44	1,15
Mig 2	33,02	98,56	99,50
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,75	2,25	0,70
Cidades	0,37	1,11	1,18
Mata Nativa	14,31	42,72	3,99
Outras Culturas	0,77	2,29	1,04
Pastagem	17,29	51,62	1,75

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Estas correspondem, respectivamente, a 52% e 43% da área. As atividades de café e outras culturas constituem as classes voltadas ao desenvolvimento de prática agrícola vigentes na unidade. Exibem percentual de ocorrência pouco significativo, caracterizado pela ocupação de menos de 5% da área. Esta situação mostra o aproveitamento correto das condições naturais de potencial agrícola médio a baixo apresentado pela unidade (Figura 8.14).

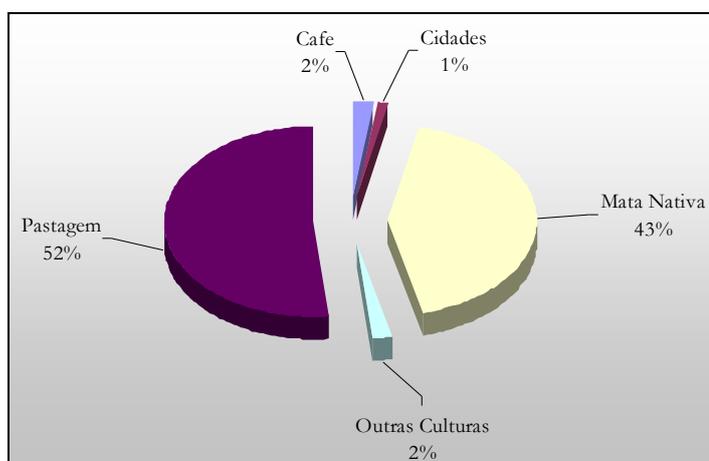


Figura 8.14 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XIV.

Unidade XV

Corresponde a unidade de terreno B7. Caracteriza-se pela ocorrência de 47% da unidade com médio potencial ao escoamento, e 39% com potencial alto. Os valores médios dos *pixels* são de 2,49 (Tabela 8.29). A susceptibilidade a erosão é retratada pela predominância na área, da classe alta (66%) e da classe média (30%), com valores médios dos *pixels* de 2,56. A condição de potencial agrícola é retratada pela presença de 30% da unidade na classe baixa e 26% na classe média. Os valores médios dos *pixels* são de 2,39.

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 10% da unidade e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.29 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XV.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,86	5,50	0,48	Mín - 1,07
Média	7,43	47,47	1,14	Máx - 3,51
Alta	6,19	39,58	0,94	Média - 2,49
Muito Alta	1,17	7,45	0,62	Desv Padrão - 0,33 Moda - 2,35
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,29	1,82	0,25	Mín - 1,20
Média	4,78	30,57	0,75	Máx - 3,86
Alta	10,34	66,09	1,32	Média - 2,56
Muito Alta	0,24	1,54	0,17	Desv Padrão - 0,21 Moda - 2,49
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	4,72	30,15	1,09	Mín - 1,5
Média	4,13	26,36	1,18	Máx - 3,84
Alta	2,22	14,20	0,85	Média - 2,39
Muito Alta	2,98	19,06	0,63	Desv Padrão - 0,56
Restritiva	1,57	10,06	0,98	Moda - 3,18

O médio potencial ao escoamento é condicionado pela ocorrência de declividades superiores a 20% em apenas 42% da área (Tabela 8.30), e pelas características de texturas intermediária e argilosa das unidades residuais de materiais inconsolidados presentes na unidade. A susceptibilidade média a alta apresentada é condicionada por esta característica dos materiais e pela condição de potencial ao escoamento. O baixo potencial agrícola é condicionado pelos valores de declividade superiores a 20% e pelas características de elevadas susceptibilidade a erosão.

As classes de pastagem e cidade destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Estas correspondem, respectivamente, a 44% e 29% da área (Figura 8.14). As atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícolas não ocorrem na unidade. Esta situação mostra o aproveitamento pouco adequado das condições naturais de potencial agrícola apresentado pela unidade, haja vista que 33% da área exibem elevado potencial.

Tabela 8.30- Atributos do meio físico da unidade XV.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,32	8,47	0,50
2-10	2,21	14,13	0,79
10-20	5,51	35,18	1,05
20-30	3,93	25,14	1,13
30-45	2,33	14,88	1,09
>45	0,35	2,25	0,68
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	9,63	61,51	2,19
Migmatitos	6,03	38,51	1,40
Materiais Inço	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gnb 4	1,30	8,28	3,09
Gnb 9	8,51	54,36	99,92
Mig 2	0,01	0,05	0,02
Mig 3	5,84	37,34	20,12
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cidades	4,62	29,51	14,61
Mata Nativa	4,00	25,57	1,12
Pastagem	7,03	44,92	0,71

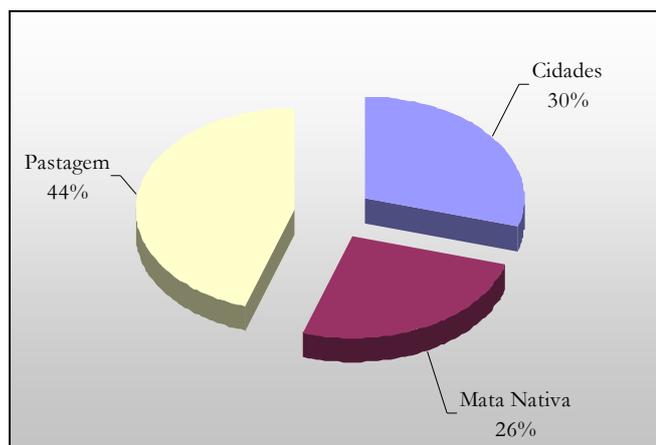


Figura 8.15 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XV.

Unidade XVI

Corresponde a unidade de terreno B8. Caracteriza-se por apresentar 42% de sua área com alto potencial ao escoamento, e 36% com potencial médio. Os *pixels* presentes na superfície contínua representativa deste aspecto exibem valores médios de 2,64. (Tabela 8.31). A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 46% da unidade na classe alta e 40% na classe média. Os valores médios dos *pixels* são de 2,58.

Tabela 8.31 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XVI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,53	3,50	0,29	Mín – 1,25
Média	5,50	36,62	0,85	Máx – 3,85
Alta	6,38	42,45	0,97	Média – 2,64
Muito Alta	2,58	17,18	1,38	Desv Padrão – 0,58 Moda – 1,84
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,18	1,22	0,16	Mín – 1,27
Média	5,98	39,84	0,94	Máx – 3,59
Alta	7,03	46,82	0,90	Média – 2,58
Muito Alta	1,82	12,12	1,29	Desv Padrão – 0,35 Moda – 2,10
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	4,43	29,52	1,02	Mín – 1,59
Média	3,87	25,76	1,11	Máx – 3,7
Alta	1,57	10,46	0,60	Média – 2,31
Muito Alta	2,69	17,88	0,57	Desv Padrão – 0,62
Restritiva	2,43	16,20	1,52	Moda – 3,41

O potencial agrícola é caracterizado pela ocorrência de 29% da unidade na classe Baixa, e 26% na classe média, com valores médios dos *pixels* de 2,31.

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 16% da unidade e constituem, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

As condições de potencial a escoamento médio a alto são favorecidas principalmente pela ocorrência em metade da unidade de valores de declividade superiores a 20% (tabela 8.32). A condição de susceptibilidade a erosão, também média a alta, é condicionada pelas características do potencial ao escoamento, pela textura areno-argilosa dos materiais resíduas de quartzitos que constituem 54% da unidade, e arenosa dos materiais retrabalhados presentes em 40% da unidade, além dos valores de espessuras apresentados por estes últimos.

A ocorrência de 55% da área com potencial agrícola baixo a médio é devida aos valores de declividade superiores a 20%, que ocorrem em aproximadamente metade da área, além da condição de elevada susceptibilidade a erosão.

Tabela 8.32- Atributos do meio físico da unidade XVI.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,40	9,31	0,53
2-10	1,80	11,97	0,65
10-20	4,27	28,42	0,82
20-30	3,67	24,46	1,06
30-45	2,83	18,84	1,32
>45	1,05	6,99	2,01
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	0,93	6,21	0,21
Qartzitos	12,50	83,21	27,19
Migmatitos	1,62	10,76	0,38
Gn Básicas	0,93	6,21	0,21
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	6,06	40,37	12,18
Gnb 6	0,31	2,06	1,11
Gnb 7	0,01	0,08	0,12
Mig 1	0,18	1,23	1,17
Mig 4	0,24	1,62	0,79
Qtz 2	8,21	54,64	47,27
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Café	1,24	8,28	1,16
Mata Nativa	3,68	24,52	1,03
Mata Ciliar	0,06	0,38	0,17
Pastagem	10,04	66,82	1,02

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Correspondem, respectivamente, a 67% e 25% da área (Figura 8.16). A ocorrência pouco significativa, apenas 8%, da atividade de cultivo de café retrata um aproveitamento adequado das condições naturais de potencial agrícola exibidas pela unidade.

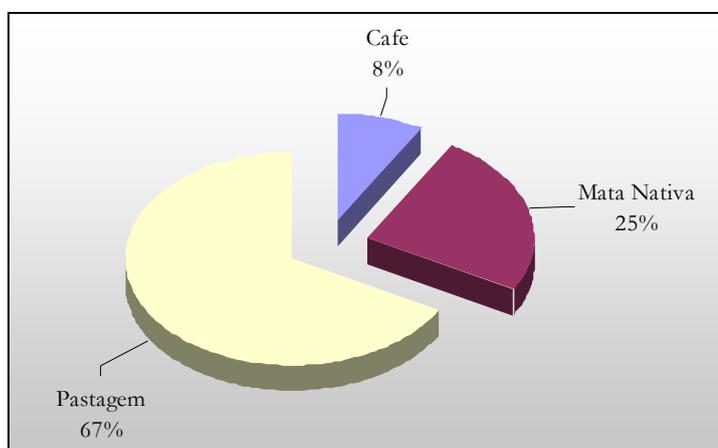


Figura 8.16 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XVI.

Unidade XVII

Corresponde a unidade de terreno C1. Apresenta potencial ao escoamento caracterizado por 40% correspondendo a classe alta, com valores médios de *pixels* de 2,89. A susceptibilidade a erosão é caracterizada por 87% da unidade estar compreendida na classe alta, e apresentar valores médio de *pixels* de 2,77. O potencial agrícola é constituído por predominância da classe baixa, correspondendo à ocorrência em área de 59%, e por valores médios de pixels de 2,04 (Tabela 8.33).

Tabela 8.33 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XVII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área Km ²	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,18	1,64	0,10	Mín – 1,81
Média	1,63	14,90	0,25	Máx – 3,74
Alta	4,39	40,07	0,66	Média – 2,89
Muito Alta	4,75	43,38	2,53	Desv Padrão – 0,38 Moda – 3,46

Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (m ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,15	1,34	0,13	Mín – 1,28
Média	0,53	4,83	0,08	Máx – 3,77
Alta	9,57	87,38	1,22	Média – 2,77
Muito Alta	0,70	6,42	0,50	Desv Padrão – 0,20 Moda – 3,02

Potencial Agrícola				
Classe	Área Km ²	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,46	58,95	1,49	Mín – 1,48
Média	0,81	7,42	0,23	Máx – 3,43
Alta	0,59	5,42	0,23	Média – 2,04
Muito Alta	0,75	6,83	0,16	Desv Padrão – 0,42
Restritiva	2,35	21,43	1,47	Moda – 1,81

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 21% da unidade e constituem, tanto faixas destinadas à preservação permanente junto aos cursos de drenagem com áreas com valores de declividade acima de 25°.

A ocorrência de valores elevados de declividade em 73% da unidade e a predominância dos materiais residuais de gnaisses intercalados com rochas básicas (Tabela 8.34), os quais exibem textura residual intermediária e espessuras entre 1 e 3 metros caracterizam os fatores responsáveis pelo alto potencial ao escoamento da unidade. A condição de escoamento e a textura dos materiais inconsolidados favorecem a situação de elevada susceptibilidade a erosão.

Tabela 8.34- Atributos do meio físico da unidade XVII.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,28	2,52	0,10
2-10	0,67	6,15	0,24
10-20	1,88	17,20	0,36
20-30	2,39	21,84	0,69
30-45	4,03	36,80	1,88
>45	1,70	15,53	3,26
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	10,95	100,00	2,50
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	0,01	0,12	0,03
Gnb 7	10,9	99,88	99,88
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Mata Nativa	3,30	30,17	0,92
Pastagem	7,65	69,83	0,77

O baixo potencial agrícola é condicionado pela predominância de valores de declividade acima de 20%, fator que impõem sérias restrições ao desenvolvimento de práticas agrícolas, além das características pouco favoráveis de textura dos materiais inconsolidados.

Nesta unidade é registrada a ocorrência de apenas duas classes de ocupação do solo, pastagem e mata nativa (Figura 8.17).

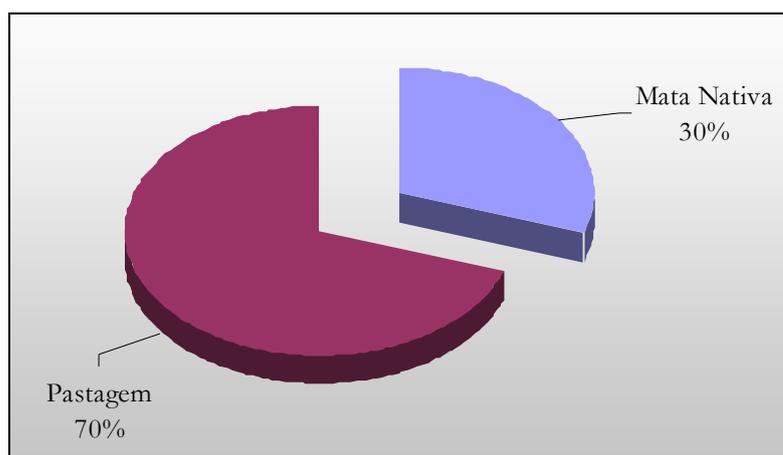


Figura 8.17 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XVII.

Unidade XVIII

Corresponde unidade de terreno C2. Apresenta condição de potencial ao escoamento caracterizado pela ocorrência de 54% da unidade na classe média e 34% na classe alta, com valores médios de *pixels* de 2,44. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 74% da unidade na classe alta, com valores médios de *pixels* de 2,84. O potencial agrícola da unidade é representado pela ocorrência de 34% da área compreendida na classe baixa e 22% na classe muito alta, com valores médios dos *pixels* de 2,47 (Tabela 8.35).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 15% da unidade e constituem, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, e secundariamente a áreas com valores de declividade acima de 25°.

Tabela 8.35 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XVIII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,02	5,31	0,57	Mín – 1,52
Média	10,41	54,40	1,60	Máx – 3,55
Alta	6,45	33,71	0,98	Média – 2,44
Muito Alta	1,26	6,57	0,67	Desv Padrão – 0,32 Moda – 2,11
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,02	0,10	0,02	Mín – 1,42
Média	0,97	5,04	0,15	Máx – 3,98
Alta	14,20	74,21	1,82	Média – 2,84
Muito Alta	3,95	20,63	2,81	Desv Padrão – 0,19 Moda – 2,79
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,64	34,69	1,53	Mín – 1,56
Média	3,36	17,57	0,96	Máx – 3,79
Alta	2,08	10,87	0,80	Média – 2,47
Muito Alta	4,17	21,78	0,88	Desv Padrão – 0,58
Restritiva	2,88	15,02	1,80	Moda – 3,34

A presença em metade da unidade de valores de declividade superiores a 20% (Tabela 8.36), somada as características de textura intermediária exibidas pelos materiais residuais de gnaisses intercalados a rocha básicas, os quais compreende 83% da

unidade condicionam o potencial médio a alto do escoamento superficial, e a alta susceptibilidade a erosão apresentada pela unidade. O potencial agrícola variável da unidade é controlado, predominantemente, pelas características de declividade.

Tabela 8.36- Atributos do meio físico da unidade XVIII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	2,62	13,69	1,00
2-10	2,22	11,58	0,80
10-20	5,26	27,46	1,01
20-30	4,87	25,45	1,40
30-45	3,38	17,64	1,57
>45	0,81	4,21	1,54
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	16,07	83,99	3,66
Migmatitos	3,06	16,01	0,71
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gnb 5	15,70	82,05	100,00
Gnb 6	0,37	1,93	1,33
Mig 1	1,91	9,99	12,11
Mig 4	1,51	7,91	4,90
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Café	3,17	16,55	2,96
Corpos D'água	0,05	0,24	1,06
Mata Nativa	3,28	17,12	0,91
Mata Ciliar	0,50	2,59	1,48
Pastagem	12,15	63,51	1,23

Nesta unidade, a atividade de pastagem caracteriza-se como a classe com maior destaque na ocupação do solo (Figura 8.18). Atividades voltadas a prática agrícola constituem apenas 17%, o que caracteriza um aproveitamento adequado as condições variáveis de potencial agrícola oferecida pelo meio.

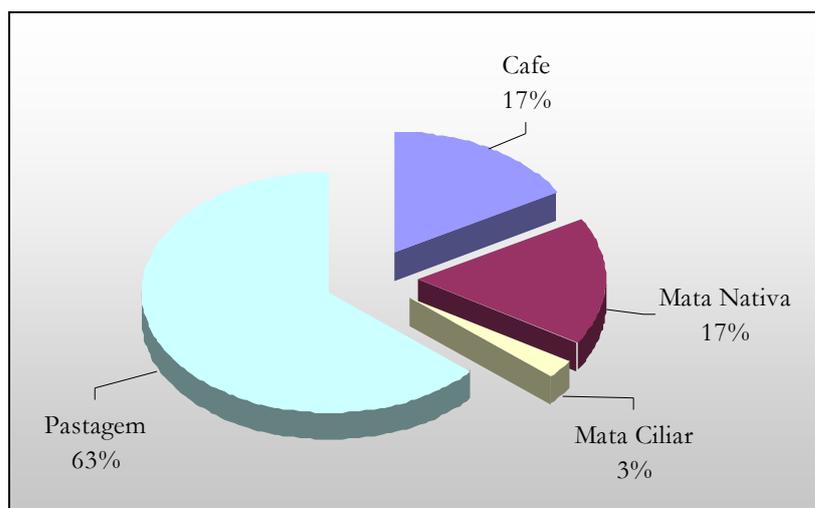


Figura 8.18 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XVIII.

Unidade XIX

Corresponde a unidade de terreno C3. Apresenta condição de potencial ao escoamento é caracterizada pela ocorrência de 46% da unidade na classe alta, e 29% na classe média, com valores médios dos *pixels* 2,56. O aspecto de susceptibilidade a erosão é retratados pela predominância da classe alta, 74% da área, com valores médios dos *pixels* de 3,6. O potencial agrícola é representado pela ocorrência de 50% da unidade na classe média, com valores médios dos *pixels* de 2,22 (Tabela 8.37).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 20% da unidade e constituem, tanto faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, como a áreas com valores de declividade acima de 25°.

O elevado potencial ao escoamento é condicionado pela predominância de valores de declividade acima de 20% (Tabela 8.38), e pela característica de textura intermediária dos materiais residuais de migmatitos presentes na área. A condição de elevado escoamento superficial e os valores de espessura dos materiais inconsolidados, acima de 5,0 metros, constituem os fatores preponderantes á situação de alta susceptibilidade a erosão. A ocorrência de classe predominante de médio potencial agrícola é devida as características de declividade, além elevada susceptibilidade a erosão.

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Correspondem, respectivamente, a 55% e 42% da área (Figura 8.19). O aproveitamento inadequado das condições naturais de

médio potencial agrícola apresentado é retratado pela inexistência de atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícolas.

Tabela 8.37 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XIX.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,17	4,84	0,65	Mín – 1,57
Média	7,02	29,00	1,08	Máx – 3,68
Alta	11,23	46,39	1,70	Média – 2,56
Muito Alta	4,78	19,76	2,55	Desv Padrão – 0,36 Moda – 3,24
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,10	0,41	0,09	Mín – 1,43
Média	5,99	24,76	0,94	Máx – 2,85
Alta	18,08	74,68	2,31	Média – 3,60
Muito Alta	0,03	0,14	0,02	Desv Padrão – 0,18 Moda – 2,87
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,31	13,69	0,76	Mín – 1,54
Média	12,20	50,39	3,49	Máx – 3,7
Alta	1,73	7,13	0,66	Média – 2,22
Muito Alta	2,13	8,80	0,45	Desv Padrão – 0,43
Restritiva	4,86	20,06	3,04	Moda – 1,98

Tabela 8.38- Atributos do meio físico da unidade XIX.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,63	2,59	0,24
2-10	1,38	5,69	0,50
10-20	4,81	19,88	0,92
20-30	6,52	26,93	1,87
30-45	7,86	32,49	3,67
>45	3,01	12,43	5,76
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Qartzitos	0,19	0,78	0,41
Migmatitos	24,02	99,22	5,58
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	1,02	4,20	2,04
Mig 4	23,17	95,73	74,95
Qtz 2	0,02	0,07	0,09
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,09	0,39	0,09
Cidades	0,60	2,49	1,91
Mata Nativa	10,04	41,49	2,80
Pastagem	13,46	55,63	1,36

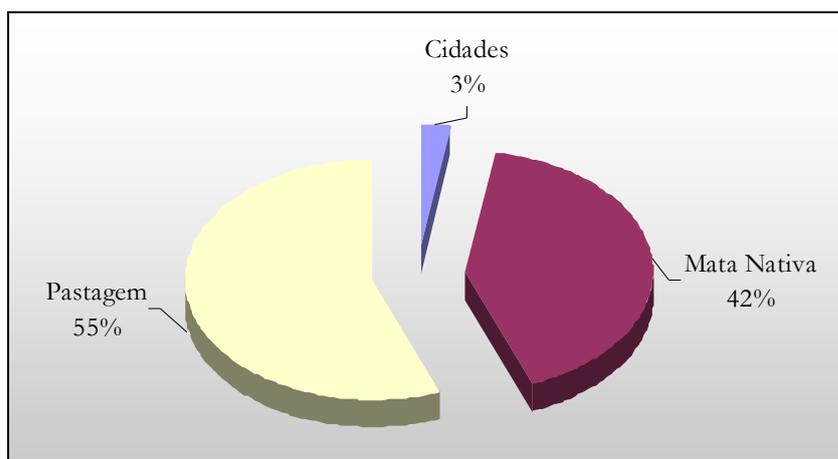


Figura 8.19 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XIX.

Unidade XX

Corresponde a unidade de terreno C4. Caracteriza-se por apresentar 33% de sua área com médio potencial ao escoamento, e 34% com alto potencial. Os valores médios dos *pixels* são de 2,53 (Tabela 8.39).

Tabela 8.39 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XX.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	8,09	19,17	4,50	Mín – 0,98
Média	13,99	33,14	2,15	Máx – 4,34
Alta	14,36	34,01	2,17	Média – 2,53
Muito Alta	8,90	21,09	4,75	Desv Padrão – 0,53 Moda – 1,87
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,75	4,15	1,51	Mín – 1,13
Média	5,96	14,11	0,93	Máx – 4,39
Alta	17,12	40,57	2,19	Média – 2,87
Muito Alta	20,51	48,59	14,58	Desv Padrão – 0,4 Moda – 3,09
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	15,30	36,25	3,52	Mín – 1,4
Média	10,12	23,98	2,89	Máx – 3,84
Alta	4,83	11,45	1,86	Média – 2,27
Muito Alta	7,66	18,14	1,62	Desv Padrão – 0,59
Restritiva	7,36	17,44	4,60	Moda – 3,10

A condição de susceptibilidade a erosão é caracterizada pela ocorrência de 48% da área na classe muito alta e 40% na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,87. O potencial agrícola é caracterizado pela ocorrência de 53% da área na classe alta, e 24% na classe média, e 36% na baixa. Os valores médios dos *pixels* são de 2,27.

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 17% da unidade e constituem, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, e secundariamente a áreas com valores de declividade acima de 25°.

A ocorrência do potencial escoamento médio a alto é condicionado pela predominância de valores de declividade acima de 20%, e pela influência da variação de texturas apresentadas pelos materiais inconsolidados presentes na área (Tabela 8.40). A elevada susceptibilidade a erosão é condicionada pelo aspecto de potencial ao escoamento, e principalmente pela forte influência das características de textura arenosa e intermediária apresentadas pelos materiais inconsolidados presentes em maiores percentuais na unidade, residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas e ultramilonitos, respectivamente. O potencial agrícola médio a baixo é condicionado pelas características de declividade do terreno, que constituem fator restritivo ao desenvolvimento de práticas voltadas a este fim.

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade (Figura 8.20). Com ocorrência secundária observa-se a ocupação por cidades. Atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícolas ocorrem com percentuais poucos significativos, o que é devido a predominância de valores elevados de declividade, condição restritiva a instalação de atividades voltadas a estes fins.

Unidade XXI

Corresponde a unidade de terreno C5. Apresenta potencial ao escoamento caracterizado pela ocorrência de 40% da unidade na classe alta, e 28% na classe média, com valores médios dos *pixels* de 2,68 (Tabela 8.41).

Tabela 8.40- Atributos do meio físico da unidade XX.

Classes Declivid %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	3,74	8,85	1,42
2-10	5,64	13,37	2,03
10-20	12,45	29,50	2,39
20-30	10,27	24,34	2,95
30-45	9,53	22,59	4,44
>45	3,70	8,77	7,10
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	20,52	48,62	4,68
Qartzitos	9,44	22,37	20,54
Migmatitos	6,70	15,87	1,56
Ultramilonitos	8,68	20,56	8,68
Gn Básicas	20,52	48,62	4,68
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	1,41	3,35	1,49
Retrab 2	2,38	5,64	4,78
Gnb 8	17,91	42,44	59,59
Mig 4	0,04	0,09	0,12
Mig 5	5,26	12,45	100,00
Qtz 2	6,31	14,94	36,33
Qtz 3	3,13	7,42	60,32
Utm 6	8,90	21,08	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	1,23	2,91	1,15
Cidades	5,13	12,15	16,22
Corpos D'água	0,29	0,69	6,92
Mata Nativa	12,76	30,24	3,56
Mata Ciliar	0,09	0,22	0,28
Outras Culturas	0,25	0,60	0,34
Pastagem	22,29	52,81	2,26
Solo Exposto	0,16	0,38	2,00

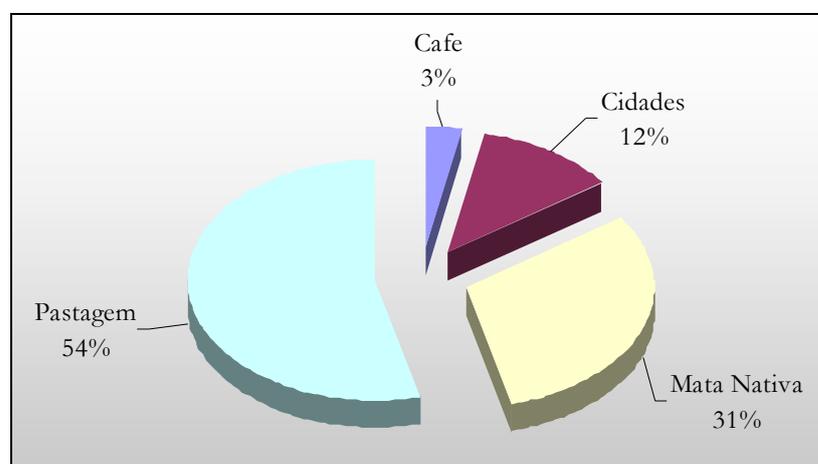


Figura 8.20 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XX.

Tabela 8.41 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,67	2,88	0,37	Mín – 1,57
Média	6,50	28,02	1,00	Máx – 3,48
Alta	11,17	48,10	1,69	Média – 2,68
Muito Alta	4,87	20,99	2,60	Desv Padrão – 0,34 Moda – 3,24
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín – 2,15
Média	4,52	19,49	0,71	Máx – 3,95
Alta	18,62	80,22	2,38	Média – 2,64
Muito Alta	0,07	0,28	0,05	Desv Padrão – 0,15 Moda – 2,87
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	4,18	17,99	0,96	Mín – 1,88
Média	10,83	46,66	3,10	Máx – 3,56
Alta	1,50	6,45	0,58	Média – 2,22
Muito Alta	2,02	8,69	0,43	Desv Padrão – 0,43
Restritiva	4,69	20,20	2,93	Moda – 1,98

A susceptibilidade a erosão é caracterizada pela ocorrência de 80% da unidade na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,64. Com relação ao potencial agrícola, 46% da área se enquadram na classe média, com valores médios dos *pixels* de 2,22.

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 20% da unidade e constituem, tanto faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, como a áreas com valores de declividade acima de 25°.

A condição de alto potencial ao escoamento é favorecida pela predominância de valores de declividade acima de 20% (Tabela 8.42), e pela textura intermediária dos materiais resíduos de migmatitos, os quais compreendem 100% da unidade.

A alta susceptibilidade a erosão é condicionada pela condição do escoamento superficial, somada as características de textura e espessura dos materiais inconsolidados. Estes aspectos somados as características de textura e espessura dos materiais inconsolidados, além os valores de capacidade de troca catiônica constituem fator preponderante a ocorrência do médio potencial agrícola.

Tabela 8.42- Atributos do meio físico da unidade XXI.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,74	3,21	0,28
2-10	1,35	5,82	0,49
10-20	4,04	17,41	0,77
20-30	5,48	23,62	1,57
30-45	8,49	36,57	3,96
>45	3,10	13,37	5,95
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Migmatitos	23,21	100,00	5,39
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Mig 3	23,21	100,00	79,91
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	1,14	4,93	1,07
Cidades	0,07	0,29	0,21
Mata Nativa	10,72	46,17	2,99
Outras Culturas	1,10	4,73	1,49
Pastagem	10,15	43,75	1,03
Solo Exposto	0,0288	0,12	0,36

As classes de mata nativa e pastagem destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Correspondem, respectivamente, a 46% e 44% da área (Figura 8.21). O sub aproveitamento das condições naturais de médio potencial agrícola é retratado pela ocorrência de 10%, de práticas agrícolas.

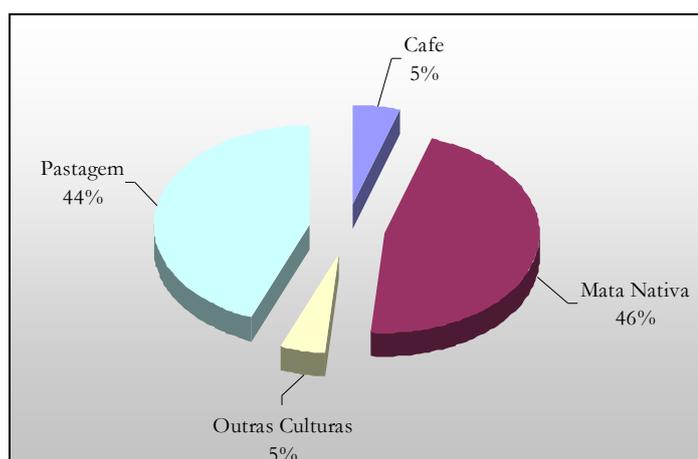


Figura 8.21 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXI.

Unidade XXII

Corresponde a unidade de terreno C6. Caracteriza-se pela ocorrência de 41% da área com médio potencial ao escoamento, e 41% com alto potencial. Os valores médios dos *pixels* são de 2,47 (Tabela 8.43)

Tabela 8.43 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,39	10,48	1,33	Mín – 1,36
Média	9,38	41,22	1,44	Máx – 3,63
Alta	9,41	41,35	1,42	Média – 2,47
Muito Alta	1,58	6,94	0,84	Desv Padrão – 0,36 Moda – 2,15

Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,22	14,16	2,78	Mín – 1,59
Média	2,87	12,62	0,45	Máx – 4,18
Alta	5,30	23,28	0,68	Média – 2,82
Muito Alta	11,36	49,93	8,07	Desv Padrão – 0,29 Moda – 2,74

Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	10,04	44,14	2,31	Mín – 1,66
Média	4,51	19,83	1,29	Máx – 3,84
Alta	1,81	7,93	0,69	Média – 2,17
Muito Alta	2,82	12,40	0,60	Desv Padrão – 0,54
Restritiva	3,54	15,58	2,22	Moda – 3,39

Apresenta 49% da área caracterizada por muito alta susceptibilidade a erosão, e 23% alta, com valores médio dos *pixels* de 2,82. O potencial agrícola é caracterizado pela ocorrência de 44% da unidade na classe baixa, e 19% na classe média. Exibe valores médios de *pixels* de 2,17.

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 15% da unidade e correspondem, principalmente, as faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, e secundariamente a áreas com valores de declividade acima de 25°.

O potencial ao escoamento superficial médio a alto é caracterizado pela predominância de valores de declividade acima de 20%, e pela influência pouco

significativa da textura arenosa dos materiais residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas, os quais compreende mais de 50% da unidade (Tabela 8.44).

Tabela 8.44- Atributos do meio físico da unidade XXII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,48	6,49	0,56
2-10	2,12	9,32	0,76
10-20	5,27	23,17	1,01
20-30	6,06	26,65	1,74
30-45	6,29	27,65	2,93
>45	1,52	6,69	2,92
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	13,65	59,99	3,11
Qartzitos	1,39	6,12	3,03
Migmatitos	7,71	33,88	1,79
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	4,29	18,86	4,52
Gnb 8	12,15	53,40	40,41
Mig 4	6,31	27,74	20,41
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,12	0,54	0,11
Cidades	0,92	4,06	2,92
Corpos D'água	0,02	0,08	0,43
Mata Nativa	8,14	35,80	2,27
Mata Ciliar	0,00	0,00	0,00
Outras Culturas	0,35	1,55	0,48
Pastagem	13,19	57,97	1,33

As elevadas condições de susceptibilidade a erosão da unidade são condicionadas pelas características de potencial ao escoamento médio a alto, pela textura arenosa dos materiais residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas, e pelas elevadas espessuras exibidas por estes e pelos residuais de migmatitos. A condição de potencial agrícola baixo a médio é condicionada de forma preponderante pelas características de declividade.

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes na unidade. Correspondem, respectivamente, a 58% e 36% da área (Figura 8.22). O aproveitamento adequado das condições naturais de baixo potencial agrícola apresentado é retratado pela ocorrência de apenas 2% em área de práticas agrícolas, caracterizada pelo cultivo de outras culturas.

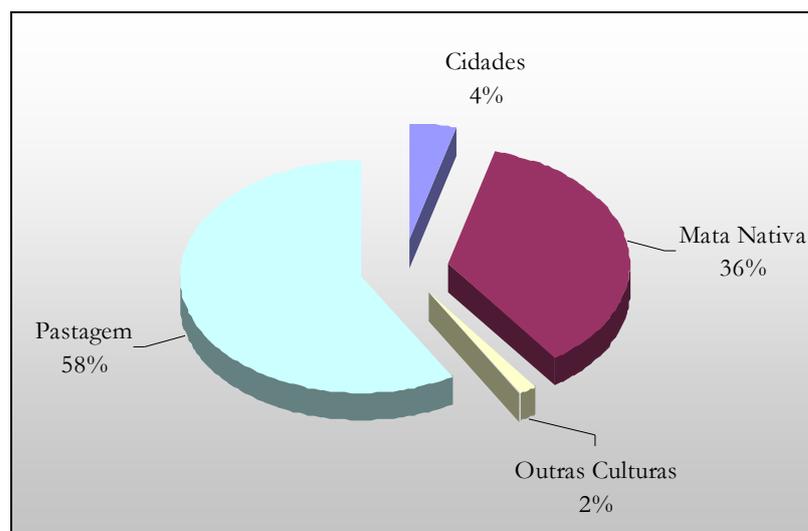


Figura 8.22 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXII.

Unidade XXIII

Corresponde a unidade de terreno C7. Caracteriza-se por apresentar elevadas condições de potencial ao escoamento superficial, com ocorrência de 71% da unidade na classe muito alta, e 21% na classe alta. Apresenta valores médios de *pixels* de 3,22. O aspecto de susceptibilidade a erosão é caracterizado pela ocorrência de 87% da área nas classes alta a muito alta, com valores médios de *pixels* de 2,86. O potencial agrícola da unidade é caracterizado pela presença de 50% da área na classe baixa. Os valores médios dos *pixels* são de 1,81 (Tabela 8.45).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 37% da unidade e correspondem, principalmente, a áreas com valores de declividade acima de 25°, e secundariamente as faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

A condição de elevado potencial ao escoamento superficial é condicionada pela predominância dos valores de declividade acima de 30%, e pelas características textura arenosa e baixas espessuras dos materiais residuais de quartzitos impuros, os quais constituem 100% da unidade (Tabela 8.46).

Tabela 8.45 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXIII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,04	1,35	0,02	Mín – 1,39
Média	0,17	6,04	0,03	Máx – 3,95
Alta	0,59	20,95	0,09	Média – 3,22
Muito Alta	2,00	71,02	1,07	Desv Padrão – 0,44 Moda – 3,79
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,11	4,05	0,10	Mín – 1,37
Média	0,24	8,52	0,04	Máx – 3,90
Alta	1,25	44,28	0,16	Média – 2,86
Muito Alta	1,22	43,14	0,86	Desv Padrão – 0,33 Moda – 3,16
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,43	50,74	0,33	Mín – 1,39
Média	0,13	4,79	0,04	Máx – 3,24
Alta	0,11	3,86	0,04	Média – 1,81
Muito Alta	0,07	2,46	0,01	Desv Padrão – 0,36
Restritiva	1,06	37,78	0,67	Moda – 1,64

Tabela 8.46- Atributos do meio físico da unidade XXIII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,03	0,89	0,01
2-10	0,13	4,73	0,05
10-20	0,34	12,14	0,07
20-30	0,45	15,88	0,13
30-45	0,89	31,45	0,41
>45	0,98	34,74	1,87
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Qartzitos	2,82	100,00	6,13
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Qtz 2	2,82	100,00	16,22
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cidades	0,28	9,97	0,89
Mata Nativa	1,35	47,94	0,38
Pastagem	1,19	42,09	0,12

A elevada condição de susceptibilidade a erosão é determinada pelo elevado escoamento superficial, somados aos aspectos de textura dos materiais inconsolidados. Estes aspectos e a predominância de valores de declividade muito elevados condicionam o potencial agrícola baixo exibido pela unidade.

As classes de mata nativa e pastagem destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes. Correspondem, respectivamente, a 48% e 42% da área

(Figura 8.23). A inexistência de atividade voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola caracteriza situação de adequação as baixas potencialidades naturais apresentadas pelo meio físico.

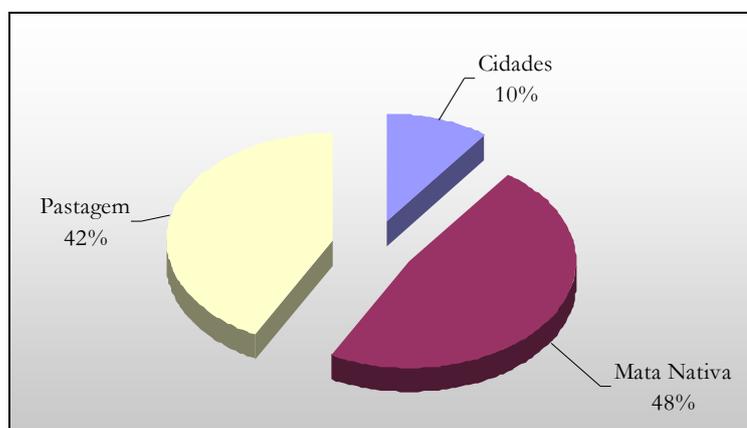


Figura 8.23 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXIII.

Unidade XXIV

Corresponde a unidade de terreno D1. Apresenta condição de potencial ao escoamento caracterizado pela ocorrência de 47% da unidade na média, e 31% na classe alta, com valores médios de *pixels* de 2,32. O aspecto de susceptibilidade a erosão é caracterizado pela ocorrência de 76% da unidade nas classe muito alta, com valores médios dos *pixels* de 3,05. O potencial agrícola é caracterizado pela presença de 52% da unidade na classe baixa e 14% na classe muito alta, com valores médios de *pixels* de 2,17 (Tabela 8.47).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 16% da unidade e correspondem as faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

O médio a alto potencial de escoamento superficial é condicionado, de forma preponderante pela predominância de valores de declividade acima de 20% (Tabela 8.48). A elevada susceptibilidade a erosão é favorecida pela condição de escoamento superficial e, principalmente, pela textura arenosa dos materiais residuais de gnaisses intercalado a rochas básicas, os quais compreendem 82% da unidade. O baixo potencial agrícola é condicionado pelas características restritivas apresentadas pela declividade e pela textura dos materiais inconsolidados.

Tabela 8.47 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXIV.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	13,60	19,96	7,57	Mín – 0,82
Média	31,96	46,90	4,92	Máx – 3,48
Alta	21,32	31,29	3,23	Média – 2,32
Muito Alta	1,26	1,84	0,67	Desv Padrão – 0,87 Moda – 2,32
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,92	10,15	5,97	Mín – 0,35
Média	1,35	1,99	0,21	Máx – 4,45
Alta	8,00	11,74	1,02	Média – 3,05
Muito Alta	51,87	76,12	36,87	Desv Padrão – 0,50 Moda – 1,73
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	35,33	51,85	8,13	Mín – 1,42
Média	6,51	9,55	1,86	Máx – 3,59
Alta	5,44	7,98	2,09	Média – 2,17
Muito Alta	9,43	13,84	2,00	Desv Padrão – 0,52
Restritiva	11,33	16,62	7,09	Moda – 3,22

Tabela 8.48- Atributos do meio físico da unidade XXIV.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	5,33	7,81	2,03
2-10	5,81	8,53	2,09
10-20	15,14	22,21	2,90
20-30	16,36	24,01	4,70
30-45	17,90	26,27	8,34
>45	7,60	11,15	14,55
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	56,12	82,36	12,79
Ultramilonitos	5,7789	8,48	5,78
Blastomilonitos	6,2406	9,16	5,85
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	6,83	10,09	7,20
Gnb 10	56,1	82,36	100,00
Utm 1	4,9	7,24	100,00
Utm 2	0,2	0,31	3,45
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	1,56	2,28	1,45
Corpos D'água	0,42	0,62	9,98
Mata Nativa	24,67	36,20	6,87
Mata Ciliar	0,67	0,98	2,00
Outras Culturas	0,40	0,59	0,54
Pastagem	40,36	59,23	4,09
Solo Exposto	0,06	0,09	0,79

As classes de pastagem e mata nativa destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes. Correspondem, respectivamente, a 60% e 37% da área (Figura 8.24). A ocorrência de apenas 2% em área pela atividade de cultivo de café, de caracteriza uma situação a qual mostra conformidade com as baixas potencialidade naturais apresentadas pelo meio físico.

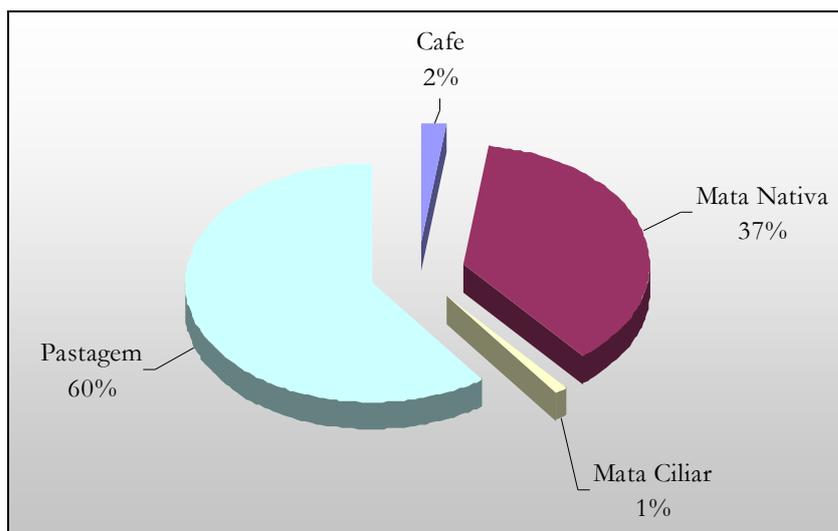


Figura 8.24 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXIV.

Unidade XXV

Corresponde a unidade de terreno D2. Caracteriza-se por apresentar 55% da área com médio potencial ao escoamento superficial e 22% alto, e valores médios dos *pixels* de 2,30. O aspecto de susceptibilidade a erosão é caracterizado pela ocorrência de 43% da área na classe média e 31% na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,27. A condição de potencial agrícola da unidade é caracterizada pela ocorrência de 43% da área na classe muito alta e 30% nas classe média a baixa, com valores médios dos *pixels* de 2,91 (Tabela 8.49).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 8% da unidade e compreendem, principalmente, a áreas com valores de declividade acima de 25°.

Tabela 8.49 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXV.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	11,11	19,06	6,18	Mín – 1,17
Média	32,57	55,86	5,01	Máx – 3,52
Alta	13,23	22,69	2,00	Média – 2,30
Muito Alta	1,39	2,38	0,74	Desv Padrão – 0,3 Moda – 2,35
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	14,98	25,69	12,93	Mín – 1,5
Média	25,10	43,05	3,93	Máx – 3,6
Alta	18,07	31,00	2,31	Média – 2,27
Muito Alta	0,15	0,25	0,10	Desv Padrão – 0,35 Moda – 2,49
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	9,87	16,93	2,27	Mín – 1,79
Média	7,90	13,55	2,26	Máx – 3,46
Alta	10,51	18,03	4,04	Média – 2,78
Muito Alta	25,26	43,32	5,35	Desv Padrão – 0,55
Restritiva	4,79	8,21	2,99	Moda – 3,28

O médio potencial do escoamento superficial é devido as características de declividade, predominância dos valores inferiores a 20%, e a influência dos materiais residuais de gnaisses intercalados a rochas básicas, os quais compreendem 60% da unidade (Tabela 8.50). Estes materiais apresentam textura argilosa e espessuras muito elevadas, o que favorece ao elevado escoamento superficial.

A condição de média a alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características do escoamento superficial e pelas espessuras dos materiais inconsolidados presentes, residuais e retrabalhados, haja vista que as características de textura apresentam baixa influência. Os valores de espessura, a capacidade de troca catiônica e as características de declividade favoráveis, presentes em 46% da unidade condicionam o comportamento de elevado potencial agrícola.

Tabela 8.50- Atributos do meio físico da unidade XXV.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	13,61	23,34	5,18
2-10	13,65	23,41	4,91
10-20	20,90	35,86	4,01
20-30	7,15	12,26	2,05
30-45	2,66	4,57	1,24
>45	13,61	23,34	5,18
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	58,30	100,00	13,29
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	14,97	25,68	15,78
Retrab 2	6,45	11,06	12,95
Gnb 11	36,88	63,26	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	13,08	22,43	12,20
Corpos D'água	0,29	0,50	6,94
Mata Nativa	5,68	9,75	1,58
Mata Ciliar	0,64	1,09	1,90
Outras Culturas	3,85	6,60	5,20
Pastagem	34,84	59,75	3,53
Solo Exposto	0,57	0,97	7,05

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno vigentes as classes de pastagem e as atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola, presentes em, respectivamente, a 59% e 29% da área (Figura 8.25). A ocorrência destas atividades com segunda classe de destaque, mesmo que com baixos percentuais, caracteriza uma situação de correto aproveitamento das condições naturais apresentadas pelo meio físico.

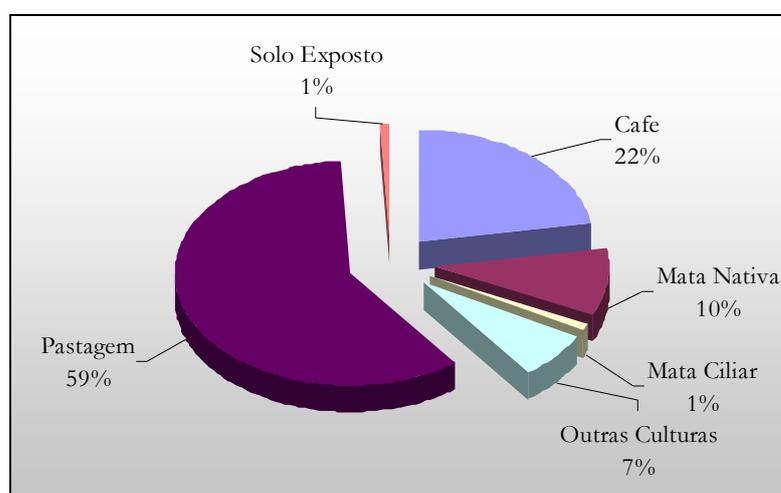


Figura 8.25 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXV.

Unidade XXVI

Corresponde a unidade de terreno D3. Caracteriza-se por apresentar 60% de sua área com médio potencial ao escoamento, e valores médio de *pixels* de 2,37. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 48% da área na classe média, e 37% na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,73. (Tabela 8.51). O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 38% da área enquadrada na classe muito alta e 225 na baixa, com valores médios dos *pixels* de 2,68.

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 10% da unidade e caracterizam faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8. 51 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXVI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,51	11,16	3,62	Mín – 1,12
Média	34,88	59,83	5,37	Máx – 3,52
Alta	14,73	25,27	2,23	Média – 2,37
Muito Alta	2,68	4,59	1,43	Desv Padrão – 0,3 Moda – 2,31
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	9,29	15,93	8,02	Mín – 1,24
Média	27,86	47,79	4,36	Máx – 3,81
Alta	21,47	36,83	2,75	Média – 2,37
Muito Alta	0,17	0,29	0,12	Desv Padrão – 0,31 Moda – 2,47
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos
Baixa	12,93	22,18	2,98	Mín – 1,51
Média	8,24	14,13	2,36	Máx – 3,56
Alta	9,57	16,42	3,68	Média – 2,68
Muito Alta	22,25	38,16	4,71	Desv Padrão – 0,58
Restritiva	5,84	10,01	3,65	Moda – 3,281

O médio potencial do escoamento superficial é condicionado pelas características de declividade, predominância dos valores inferiores a 20%, e a de textura dos materiais residuais de ultramilonitos, os quais compreende 78% da unidade (Tabela 8.52). Estes materiais apresentam textura intermediária a argilosa, porém exibem espessuras muito elevadas, o que influencia contrariamente ao elevado escoamento superficial. A condição de média susceptibilidade a erosão é devida às características de

escoamento superficial e textura dos materiais residuais e retrabalhados presentes. O comportamento variável de potencial agrícola é condicionado, principalmente, pelas características de declividade da unidade.

Tabela 8.52- Atributos do meio físico da unidade XXVI.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	12,76	21,69	4,85
2-10	11,77	20,02	4,23
10-20	19,74	33,57	3,78
20-30	8,76	14,90	2,52
30-45	4,58	7,80	2,14
>45	1,19	2,02	2,28
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	7,99	13,59	1,82
Ultramilonitos	46,16	78,50	46,15
Blastomilonitos	4,65	7,91	4,36
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	9,44	16,05	9,95
Retrab 2	3,15	5,36	6,33
Utm 2	5,87	9,97	96,55
Utm 3	40,35	68,62	96,01
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	5,79	9,85	5,40
Cidades	0,23	0,39	0,73
Corpos D'água	0,45	0,77	10,69
Mata Nativa	7,28	12,38	2,03
Mata Ciliar	1,71	2,91	5,12
Outras Culturas	5,12	8,71	6,92
Pastagem	37,83	64,34	3,83
Solo Exposto	0,38	0,65	4,74

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e as atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola, presentes em, respectivamente, a 64% e 19% da área (Figura 8.26). A ocorrência de atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola como segunda classe de destaque, mesmo que com baixos percentuais, caracteriza uma situação de correto aproveitamento das condições naturais apresentadas pelo meio físico, onde 38% apresenta potencial muito alto.

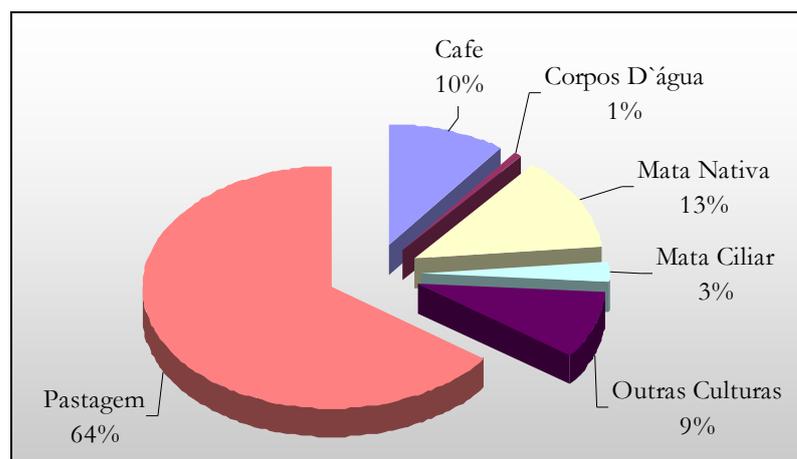


Figura 8.26 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXVI.

Unidade XXVII

Corresponde a unidade de terreno D4. Caracteriza-se por apresentar 62% de sua área com médio potencial ao escoamento, e 29% com alto potencial. Os valores médios de *pixels* são de 2,4. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 75% da área na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,57. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 34% da área enquadrada na classe muito alta, e 24% na classe baixa. Exibe valores médios dos *pixels* de 2,57 (Tabela 8.53)

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 8% da unidade e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

O médio potencial do escoamento superficial é condicionado pelas características de declividade, predominância dos valores inferiores a 20%, e a de textura intermediária e valores de espessuras entre 1 e 3 metros, dos materiais residuais de blastomilonitos, os quais compreende 100% da unidade (Tabela 8.54). As características de densidade de drenagem vêm a influenciar contrariamente o desenvolvimento de elevado escoamento superficial. A condição de alta susceptibilidade a erosão é devida às características de escoamento superficial e textura dos materiais inconsolidados presentes. O comportamento de elevado potencial agrícola constatado em 50% da unidade é condicionado pelos valores de espessura e capacidade de troca catiônica dos materiais inconsolidados, e pela ocorrência em 42% da área de faixas de declividade que favorecem ao desenvolvimento potencial agrícola da unidade.

Tabela 8.53 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXVII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,70	6,30	0,94	Mín – 1,73
Média	16,69	62,00	2,57	Máx – 3,69
Alta	7,98	29,63	1,21	Média – 2,4
Muito Alta	0,56	2,08	0,30	Desv Padrão Moda
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín – 2,21
Média	6,49	24,12	1,02	Máx – 3,58
Alta	20,37	75,67	2,61	Média – 2,57
Muito Alta	0,06	0,21	0,04	Desv Padrão – 0,12 Moda – 2,54
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,61	24,56	1,52	Mín – 1,59
Média	4,41	16,40	1,26	Máx – 3,62
Alta	4,46	16,55	1,71	Média – 2,57
Muito Alta	9,22	34,24	1,95	Desv Padrão – 0,55
Restritiva	2,23	8,29	1,40	Moda – 3,12

Tabela 8.54- Atributos do meio físico da unidade XXVII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	5,72	21,23	2,18
2-10	5,68	21,10	2,04
10-20	10,06	37,38	1,93
20-30	4,37	16,21	1,25
30-45	1,06	3,93	0,49
>45	0,04	0,15	0,08
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Blastomilonitos	26,92	100,00	25,22
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Btm 3	26,92	100,00	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	2,24	8,32	2,09
Cidades	3,59	13,34	11,37
Corpos D`água	0,12	0,44	2,81
Mata Nativa	1,73	6,44	0,48
Mata Ciliar	0,30	1,11	0,89
Outras Culturas	1,51	5,61	2,04
Pastagem	17,36	64,49	1,76
Solo Exposto	0,06	0,24	0,79

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem, as atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola e a ocupação por cidades, presentes em, respectivamente, a 66%, 14% e 13% da área (Figura 8.27). A ocorrência de atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola como segunda classe de destaque, mesmo que com baixos percentuais, caracteriza uma situação de correto, porém não total aproveitamento das condições naturais apresentadas pelo meio físico.

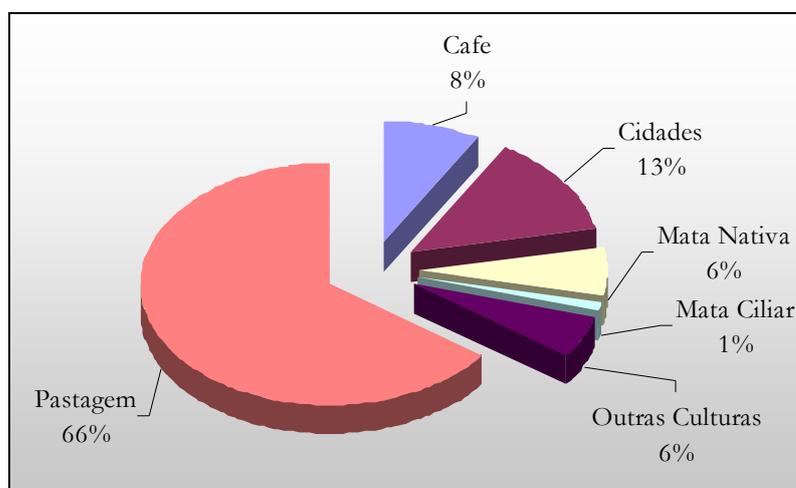


Figura 8.27 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXVII.

Unidade XXVIII

Corresponde a unidade de terreno D5. Caracteriza-se por apresentar 54% de sua área com médio potencial ao escoamento, e 37% com alto potencial. Os valores médios de *pixels* são de 2,46. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 83% da área na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,59. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 29% da área enquadrada na classe baixa e 28% na muito alta, com valores médios dos *pixels* de 2,58 (Tabela 8.55).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 9% da unidade e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.55 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXVIII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,40	4,71	0,22	Mín – 1,26
Média	4,53	53,73	0,70	Máx – 3,41
Alta	3,16	37,44	0,48	Média – 2,46
Muito Alta	0,35	4,09	0,18	Desv Padrão – 0,28 Moda – 2,32
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,09	1,06	0,08	Mín – 0,77
Média	1,31	15,57	0,21	Máx – 3,57
Alta	7,00	83,03	0,90	Média – 2,59
Muito Alta	0,03	0,32	0,02	Desv Padrão – 0,15 Moda – 2,54
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,51	29,84	0,58	Mín – 0,35
Média	1,28	15,19	0,37	Máx – 3,57
Alta	1,40	16,63	0,54	Média – 2,58
Muito Alta	2,43	28,85	0,52	Desv Padrão – 0,57
Restritiva	0,81	9,60	0,51	Moda – 3,27

O comportamento de potencial do escoamento superficial médio a alto da unidade é condicionado favoravelmente pelas características de textura intermediária e valores de espessuras entre 1 e 3 metros, dos materiais residuais de blastomilonitos, os quais compreende 100% da unidade(Tabela 8.56). As características de declividade, predominância dos valores inferiores a 20%, não favorecem ao elevado escoamento superficial. A condição de alta susceptibilidade a erosão é devida às características de escoamento superficial e de textura dos materiais inconsolidados presentes. O comportamento de alto potencial agrícola exibido por 45% da unidade é condicionado pelos elevados valores de espessura e pelas características de declividade da unidade.

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem, as atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola e a ocorrência de mata nativa, presentes em 78%, 10% e 10% da área, respectivamente (Figura 8.28). A ocorrência de baixos percentuais de atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola caracteriza uma situação de não aproveitamento total das condições naturais apresentadas pelo meio físico, as quais favorecem a ocupação de 45% meio por estas práticas.

Tabela 8.56- Atributos do meio físico da unidade XXVIII.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,35	15,98	0,51
2-10	1,49	17,71	0,54
10-20	3,18	37,73	0,61
20-30	1,84	21,88	0,53
30-45	0,54	6,44	0,25
>45	0,02	0,20	0,03
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Blastomilonitos	8,43	100,00	7,89
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Btm 2	8,43	100,00	30,25
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,61	7,25	0,57
Mata Nativa	0,82	9,69	0,23
Mata Ciliar	0,21	2,48	0,62
Outras Culturas	0,25	2,93	0,33
Pastagem	6,54	77,65	0,66

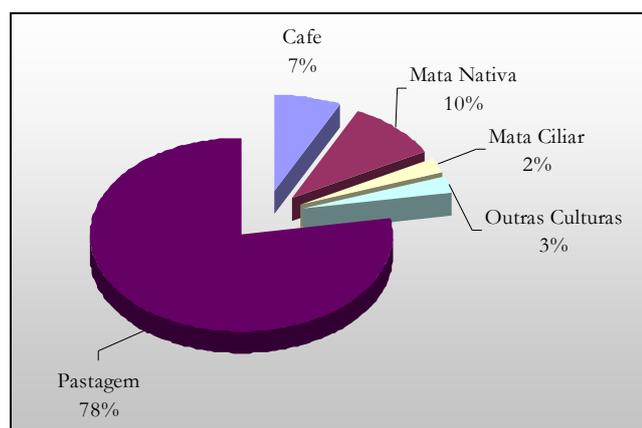


Figura 8.28 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXVIII.

Unidade XXIX

Corresponde a unidade de terreno D6. Caracteriza-se por apresentar 63% de sua área com médio potencial ao escoamento, e valores médios de *pixels* são de 2,77. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 94% da área na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,73. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 48% da área enquadrada nas classe alta a muito alta, com valores médios dos *pixels* de 2,63 (Tabela 8.57).

Tabela 8.57 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXIX.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,01	0,02	0,01	Mín - 1,95
Média	7,31	15,44	1,12	Máx - 4,31
Alta	30,10	63,62	4,56	Média - 2,77
Muito Alta	9,89	20,91	5,28	Desv Padrão -0,28 Moda - 2,70
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín - 2,25
Média	1,33	2,81	0,21	Máx - 4,77
Alta	44,65	94,38	5,71	Média - 2,73
Muito Alta	1,33	2,80	0,94	Desv Padrão - 0,13 Moda - 2,74
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	12,28	25,96	2,83	Mín - 1,84
Média	9,04	19,11	2,59	Máx - 3,88
Alta	8,28	17,50	3,18	Média - 2,63
Muito Alta	14,40	30,43	3,05	Desv Padrão - 0,56
Restritiva	3,32	7,01	2,08	Moda - 3,35

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 7% da unidade e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

O comportamento de alto potencial do escoamento superficial da unidade é condicionado favoravelmente pelas características de textura areno-argilosa e valores de espessuras entre 1 e 3 metros, dos materiais residuais de granitos porfíricos, os quais compreende 100% da unidade (Tabela 8.58). As características de declividade, predominância dos valores inferiores a 20%, não favorecem tanto ao elevado escoamento superficial. A condição de alta susceptibilidade a erosão é devidamente condicionada pelas características de escoamento superficial e de textura dos materiais inconsolidados presentes. O comportamento elevado do potencial agrícola da unidade é condicionado, principalmente, pelos elevados valores de espessura e características de declividade da unidade, que favorecem ao elevado potencial agrícola, secundariamente influenciam os aspectos de textura dos materiais inconsolidados.

Tabela 8.58- Atributos do meio físico da unidade XXIX.

Declividade%	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	6,17	13,05	2,35
2-10	8,44	17,85	3,04
10-20	18,38	38,86	3,52
20-30	11,03	23,31	3,17
30-45	3,16	6,69	1,47
>45	0,12	0,24	0,22
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Granitos Porfíricos	47,31	100,00	14,07
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Grp 1	47,31	100,00	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	4,41	9,32	4,11
Cidades	0,02	0,03	0,05
Corpos D`água	0,07	0,15	1,68
Mata Nativa	8,03	16,98	2,24
Mata Ciliar	0,75	1,58	2,24
Outras Culturas	3,38	7,14	4,57
Pastagem	30,66	64,81	3,10

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem, a ocorrência de mata nativa e as atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola, presentes em 65%, 17% e 16% da área, respectivamente (Figura 8.29). A ocorrência de baixos percentuais de atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola retrata o não aproveitamento total das condições naturais apresentadas pelo meio físico, as quais favorecem a ocupação de 48% do meio por estas práticas.

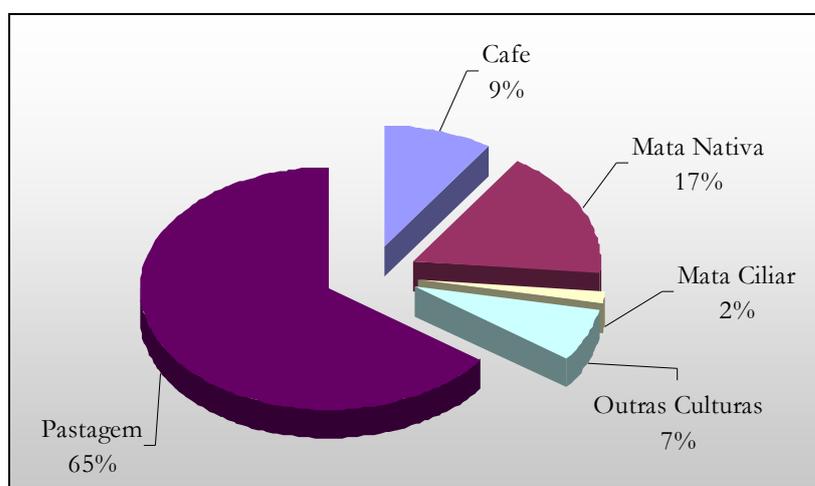


Figura 8.29 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXIX.

Unidade XXX

Corresponde a unidade de terreno D7. Caracteriza-se por apresentar 34% de sua área com baixo potencial ao escoamento e 27% médio. Os valores médios de *pixels* são de 2,37. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 46% da área na classe muito alta, com valores médios dos *pixels* de 2,70. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 35% da área enquadrada na classe baixa e 25% na alta, com valores médios dos *pixels* de 2,45 (Tabela 8.59).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem 15% da unidade e constituem, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, e de forma secundária, áreas presentes em regiões com declividades acima de 25°.

Tabela 8.59 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXX.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	5,99	34,71	3,34	Mín – 0,99
Média	4,73	27,38	0,73	Máx – 3,85
Alta	3,63	21,04	0,55	Média – 2,37
Muito Alta	3,31	19,17	1,77	Desv Padrão – 0,58 Moda – 1,82

Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,67	15,44	2,30	Mín – 0,54
Média	2,91	16,86	0,46	Máx – 3,56
Alta	4,14	23,95	0,53	Média – 2,70
Muito Alta	7,95	46,05	5,65	Desv Padrão – 0,51 Moda – 3,07

Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,13	35,48	1,41	Mín – 1,56
Média	2,01	11,62	0,57	Máx – 3,35
Alta	2,51	14,52	0,96	Média – 2,45
Muito Alta	4,40	25,45	0,93	Desv Padrão – 0,60
Restritiva	2,58	14,92	1,61	Moda – 3,3

O comportamento de baixo a médio potencial do escoamento superficial da unidade é condicionado pelas características de declividade, predominância dos valores superiores a 20% presente em 34% da área, além da textura areno-argilosa dos materiais residuais de quartzitos impuros e ultramilonitos (Utm3) e retrabalhados, os quais compreende 49% da unidade (Tabela 8.60). A condição de elevada susceptibilidade a

erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura arenosa dos materiais inconsolidados residuais de ultramilonitos (Utm 4), presentes 53% da unidade. O comportamento variável do potencial agrícola da unidade é condicionado, principalmente, pelas características de declividade da unidade, os quais apresentam-se com faixas bem distribuídas .

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem, a ocorrência de mata nativa e as atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola, presentes em 75%, 13% e 11% da área, respectivamente (Figura 8.30). A ocorrência de baixos percentuais de atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola caracteriza o não aproveitamento total das condições naturais apresentadas pelo meio físico, as quais favorecem a ocupação de 40% meio por estas práticas.

Tabela 8.60- Atributos do meio físico da unidade XXX.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	2,30	13,34	0,88
2-10	2,81	16,28	1,01
10-20	5,47	31,69	1,05
20-30	3,13	18,11	0,90
30-45	2,86	16,55	1,33
>45	1,10	6,35	2,10
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Qartzitos	3,14	18,17	6,83
Ultramilonitos	14,13	81,83	14,13
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	4,83	27,98	5,09
Qtz 3	2,06	11,93	39,68
Utm 3	1,63	9,42	3,87
Utm 4	9,15	52,99	99,59
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,66	3,79	0,61
Corpos D'água	0,15	0,87	3,55
Mata Nativa	2,19	12,67	0,61
Mata Ciliar	0,05	0,31	0,16
Outras Culturas	1,16	6,71	1,57
Pastagem	13,06	75,64	1,32

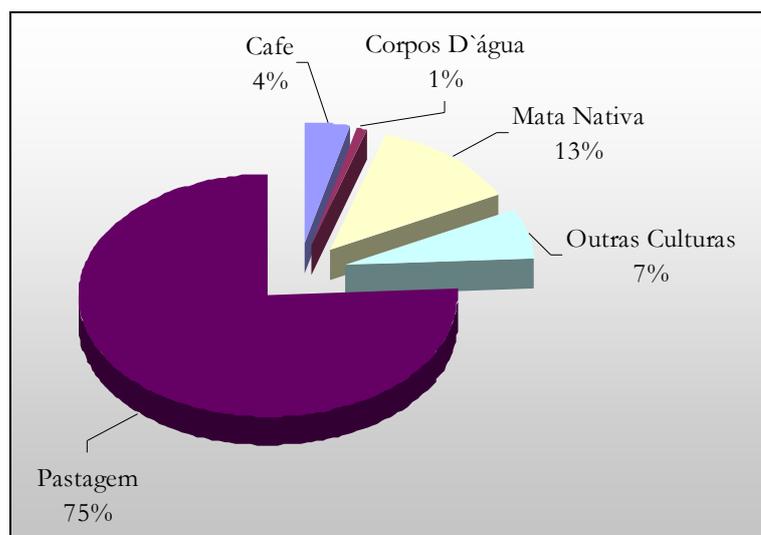


Figura 8.30 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXX.

Unidade XXXI

Corresponde a unidade de terreno D8. Caracteriza-se por apresentar 39% de sua área com médio potencial ao escoamento e 39% alto, com valores médios de *pixels* são de 2,53. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 69% da área na classe alta e 27% na muito alta, com valores médios dos *pixels* de 2,88. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 51% da área enquadrada na classe baixa valores médios dos *pixels* de 2,2 (Tabela 8.61).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 19% da unidade e constituem, tanto faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, como áreas presentes em regiões com declividades acima de 25°.

O comportamento de potencial do escoamento superficial médio a alto da unidade é condicionado favoravelmente pelas características de declividade, predominância dos valores superiores a 20% em 65% da área, somado as características de textura intermediária, areno-siltosa e silto-arenosa, dos materiais residuais de ultramilonitos e blastomilonitos, os quais compreendem 100% da unidade (Tabela 8.62). A condição de alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados presentes na unidade.

O comportamento de baixo potencial agrícola exibido por metade da unidade é condicionado pelas características de declividade superioresres a 20% constatados em pequena parcela desta, 66%, da área.

Tabela 8.61 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,25	8,31	1,25	Mín – 1,12
Média	10,61	39,10	1,63	Máx – 3,48
Alta	10,59	39,04	1,60	Média – 2,53
Muito Alta	3,68	13,55	1,96	Desv Padrão – 0,39 Moda – 2,06
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,19	0,70	0,16	Mín – 1,42
Média	0,67	2,45	0,10	Máx – 3,37
Alta	18,90	69,66	2,42	Média – 2,88
Muito Alta	7,37	27,16	5,24	Desv Padrão – 0,19 Moda – 2,77
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	13,91	51,27	3,20	Mín – 1,53
Média	2,59	9,54	0,74	Máx – 3,44
Alta	2,26	8,34	0,87	Média – 2,2
Muito Alta	3,15	11,60	0,67	Desv Padrão – 0,5
Restritiva	5,18	19,09	3,24	Moda – 3,34

Tabela 8.62- Atributos do meio físico da unidade XXXI.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	1,23	4,52	0,47
2-10	2,11	7,76	0,76
10-20	6,05	22,31	1,16
20-30	6,81	25,10	1,96
30-45	7,43	27,39	3,46
>45	3,51	12,94	6,73
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Ultramilonitos	21,48	79,17	21,48
Blastomilonitos	5,65	20,83	5,30
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Utm 5	21,48	79,17	100,00
Btm 5	5,65	20,83	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	4,95	18,26	4,62
Cidades	0,05	0,20	0,17
Corpos D`água	0,03	0,13	0,81
Mata Nativa	4,28	15,76	1,19
Outras Culturas	0,85	3,12	1,15
Pastagem	16,95	62,46	1,72
Solo Exposto	0,02	0,07	0,24

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem, as atividades voltadas ao desenvolvimento de práticas agrícola e a ocorrência de mata nativa, presentes em 63%, 21% e 16% da área, respectivamente (Figura 8.31). A ocorrência das atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola em 21% da área caracteriza o aproveitamento total das condições naturais apresentadas pelo meio físico, as quais favorecem a ocupação por estas práticas em 20% da área.

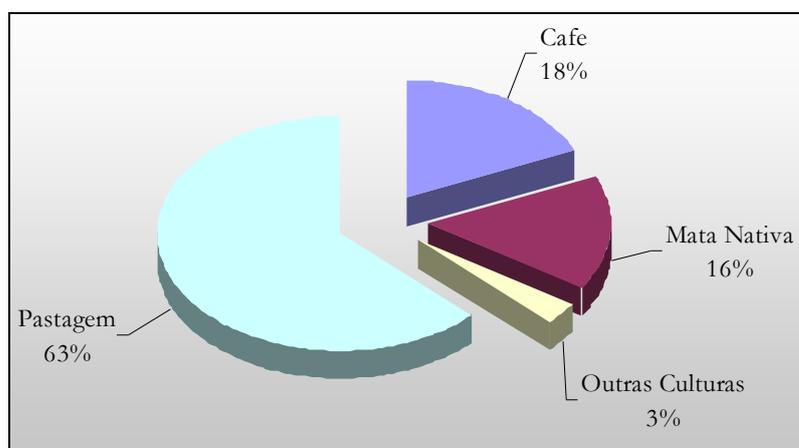


Figura 8.31 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXI.

Unidade XXXII

Corresponde a unidade de terreno D9. Caracteriza-se por apresentar 43% de sua área com alto potencial ao escoamento e 39% muito alto. Os valores médios de *pixels* de 2,83. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 82% da área na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,81. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 59% da área enquadrada na classe baixa, com valores médios dos *pixels* de 1,09 (Tabela 8.63).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 27% da unidade e constituem, principalmente áreas presentes em regiões com declividades acima de 25°.

O comportamento de elevado potencial do escoamento superficial da unidade é condicionado favoravelmente pelas características de declividade, predominância dos valores superiores a 20% em 84% da área, somado as características de textura

intermediária, silto-arenosa, dos materiais residuais de ultramilonitos, que compreende 100% da unidade (Tabela 8.64). A condição de alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados. O comportamento de baixo potencial agrícola é condicionado, principalmente, pelas características de declividade que impõem serias restrições ao desenvolvimento de práticas voltadas a estes fins.

Tabela 8.63 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,23	4,05	0,13	Mín – 1,73
Média	0,76	13,37	0,12	Máx – 3,48
Alta	2,44	43,11	0,37	Média – 2,83
Muito Alta	2,23	39,45	1,19	Desv Padrão – 0,37 Moda – 2,73
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín – 2,29
Média	0,40	7,09	0,06	Máx – 3,15
Alta	4,65	82,26	0,59	Média – 2,81
Muito Alta	0,60	10,63	0,43	Desv Padrão – 0,17 Moda – 2,29
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,37	59,67	0,78	Mín – 1,71
Média	0,25	4,49	0,07	Máx – 3,24
Alta	0,18	3,24	0,07	Média – 1,9
Muito Alta	0,28	4,92	0,06	Desv Padrão – 0,35
Restritiva	1,57	27,68	0,98	Moda – 3,15

Tabela 8.64- Atributos do meio físico da unidade XXXII.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,11	1,94	0,04
2-10	0,20	3,58	0,07
10-20	0,56	9,93	0,11
20-30	1,11	19,60	0,32
30-45	2,09	37,02	0,98
>45	1,59	28,07	3,04
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Blastomilonitos	5,65	100,00	5,30
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Btm 5	5,65	100,00	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,22	3,81	0,20
Mata Nativa	2,28	40,33	0,64
Outras Culturas	0,11	1,86	0,14
Pastagem	3,05	54,00	0,31

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 54% e 40% da área, respectivamente (Figura 8.32). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola ocorrem em apenas 6% da área. Esta ocorrência pouco significativa destas práticas se adequa as condições de baixo potencial exibidas pelo meio, sendo creditada as sérias restrições impostas pelas características de declividade do terreno.

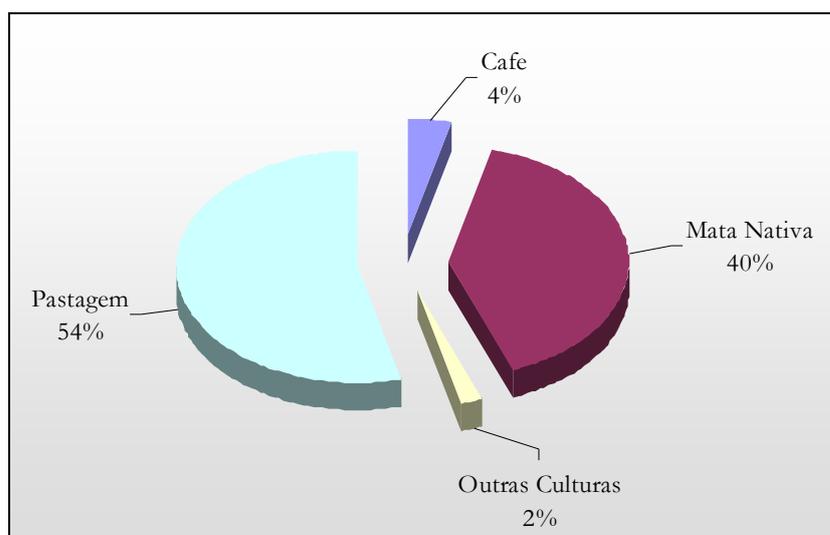


Figura 8.32 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXII.

Unidade XXXIII

Corresponde a unidade de terreno D10. Caracteriza-se por apresentar 46% de sua área com alto potencial ao escoamento, 35 % com médio potencial e valores médios de *pixels* de 2,17(Tabela 8.65). A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 83% da área na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 3,08. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 50% da área enquadrada na classe baixa, com valores médios dos *pixels* de 2,19.

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 15% da unidade e constituem, tanto áreas presentes em regiões com declividades acima de 25°, como faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.65 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXIII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,86	5,30	0,48	Mín – 1,16
Média	5,79	35,63	0,89	Máx – 3,46
Alta	7,50	46,22	1,14	Média – 2,17
Muito Alta	2,09	12,84	1,11	Desv Padrão – 0,35 Moda – 2,19
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,24	1,47	0,21	Mín – 1,35
Média	0,35	2,18	0,06	Máx – 2,88
Alta	13,51	83,22	1,73	Média – 3,08
Muito Alta	2,13	13,13	1,51	Desv Padrã – 0,20 Moda – 2,65
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	8,73	53,78	2,01	Mín – 1,5
Média	1,84	11,36	0,53	Máx – 3,32
Alta	1,48	9,08	0,57	Média -2,19
Muito Alta	1,73	10,64	0,37	Desv Padrão – 0,48
Restritiva	2,43	14,95	1,52	Moda – 3,26

O comportamento de médio a alto potencial do escoamento superficial da unidade é condicionado favoravelmente pelas características de elevados valores de declividade em 60% da área, somado as características de textura intermediária, silto-arenosa, dos materiais residuais de blastomilonitos, que compreende 100% da unidade (Tabela 8.66). A condição de alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados. O baixo potencial agrícola é condicionado, principalmente, pelas características de declividade, as quais impõem restrições ao desenvolvimento de práticas voltadas a estes fins.

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 65% e 21% da área, respectivamente (Figura 8.33). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola correspondem a apenas 12% da unidade. A ocorrência pouco significativa destas práticas é creditada, principalmente, as sérias restrições impostas pelas características de declividade do terreno, porém mostra o aproveitamento quase que total das condições naturais do meio, as quais permitem a ocupação de 19% da área por atividades voltadas a estes fins..

Tabela 8.66- Atributos do meio físico da unidade XXXIII.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,66	4,06	0,25
2-10	1,38	8,49	0,50
10-20	4,35	26,77	0,83
20-30	4,46	27,45	1,28
30-45	4,13	25,43	1,92
>45	1,17	7,20	2,24
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Blastomilonitos	16,24	100,00	15,21
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Btm 4	16,24	100,00	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,90	5,57	0,84
Cidades	0,18	1,13	0,58
Mata Nativa	3,43	21,11	0,96
Outras Culturas	1,16	7,12	1,56
Pastagem	10,56	65,07	1,07

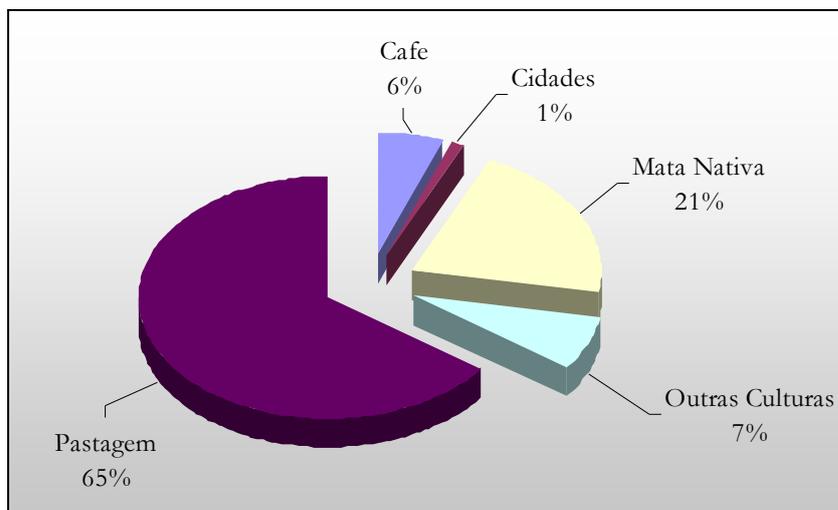


Figura 8.33 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXIII.

Unidade XXXIV

Corresponde a unidade de terreno D11. Caracteriza-se por apresentar 74% de sua área com baixo potencial ao escoamento, e valores médios de *pixels* de 1,91. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 91% da área na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,59. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar

68% da área enquadrada na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,49 (Tabela 8.67).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 12% da unidade e constituem faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.67 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXIV.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,49	74,21	1,94	Mín – 1,01
Média	1,20	25,49	0,18	Máx – 2,94
Alta	0,01	0,28	0,00	Média – 1,91
Muito Alta	0,00	0,00	0,00	Desv Padrão – 0,16 Moda – 1,97
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,02	0,32	0,01	Mín – 0,43
Média	0,36	7,74	0,06	Máx – 1,82
Alta	0, 43	91,38	0,55	Média – 0,59
Muito Alta	0,03	0,53	0,02	Desv Padrão – 0,14 Moda – 1,22
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,41	8,72	0,09	Mín – 0,76
Média	0,37	7,82	0,11	Máx – 3,31
Alta	3,20	68,02	1,23	Média – 2,49
Muito Alta	0,13	2,83	0,03	Desv Padrão – 0,32
Restritiva	0,57	12,12	0,36	Moda – 2,61

O comportamento de médio potencial do escoamento superficial é condicionado predominância de valores muito baixos de declividade e a textura muito arenosa do material inconsolidado que constitui esta (Tabela 8.68). A condição alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados. O comportamento de alto potencial agrícola é condicionado, principalmente, pelas características de declividade e pelos elevados valores de espessura dos dois materiais residuais presentes.

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e cidade, presentes em 68% e 15% da área, respectivamente (Figura 8.34). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola correspondem a apenas 9% da unidade. A ocorrência pouco significativa destas práticas, apesar do alto potencial

exibido pelo meio, pode ser creditada, principalmente, as características de textura muito arenosa e aos baixos valores de espessura dos materiais inconsolidados.

Tabela 8.68- Atributos do meio físico da unidade XXXIV.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	3,23	68,64	1,23
2-10	0,70	14,94	0,25
10-20	0,66	14,08	0,13
20-30	0,09	1,99	0,03
30-45	0,01	0,25	0,01
>45	0,00	0,10	0,01
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Gn Básicas	0,30	6,47	0,07
Ultramilonitos	3,71	78,76	3,70
Blastomilonitos	0,69	14,77	0,65
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Aluvião	4,70	100,00	20,68
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,13	2,75	0,12
Cidades	0,70	14,88	2,22
Corpos D'água	0,06	1,36	1,51
Mata Nativa	0,14	2,87	0,04
Mata Ciliar	0,21	4,44	0,62
Outras Culturas	0,27	5,64	0,36
Pastagem	3,20	68,05	0,32

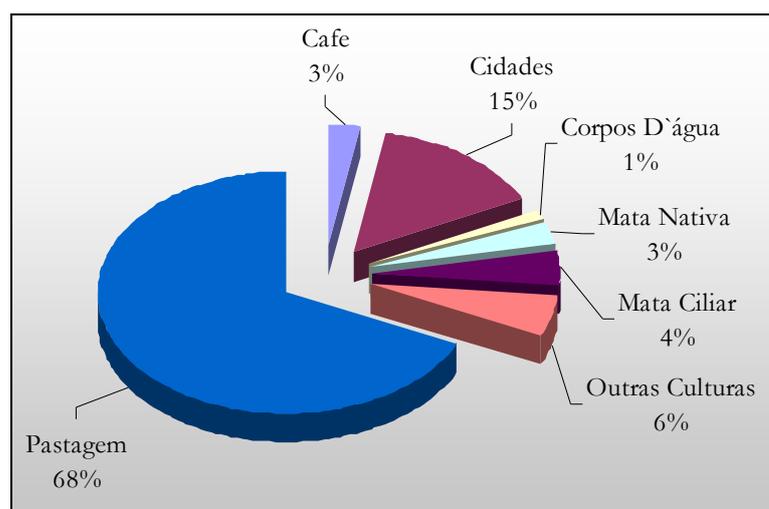


Figura 8.34 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXIV.

Unidade XXXV

Corresponde a unidade de terreno E1. Caracteriza-se por apresentar 51% de sua área com médio potencial ao escoamento, 35% com alto potencial e valores médios de *pixels* de 2,46. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 77% da área na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,6. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 40% da área enquadrada na classe baixa, e 24% na classe alta com valores médios dos *pixels* de 2,44 (Tabela 8.69).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a 8% da unidade e constituem, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, e secundariamente a regiões com valores de declividade superiores a 25°.

Tabela 8.69 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXV.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	1,32	6,80	0,74	Mín – 1,66
Média	10,03	51,60	1,54	Máx – 3,55
Alta	6,87	35,35	1,04	Média – 2,46
Muito Alta	1,21	6,24	0,65	Desv Padrão – 0,33 Moda – 2,32
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín – 2,19
Média	4,24	21,83	0,66	Máx – 3,84
Alta	15,05	77,44	1,93	Média – 2,6
Muito Alta	0,14	0,73	0,10	Desv Padrão – 0,14 Moda – 2,54
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	7,82	40,25	1,80	Mín – 1,67
Média	2,66	13,67	0,76	Máx – 3,75
Alta	2,60	13,36	1,00	Média – 2,44
Muito Alta	4,80	24,68	1,02	Desv Padrão – 0,57
Restritiva	1,57	8,07	0,98	Moda – 3,27

O comportamento de médio a alto potencial do escoamento superficial é condicionado pela predominância de valores elevados de declividade em 42% da área e a textura intermediária, silto-arenosa, do material inconsolidado residual de blatomilonitos que constitui 100% desta (Tabela 8.70). A condição alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais

inconsolidados. O comportamento de potencial agrícola médio a muito alto em 51% da área é condicionado, principalmente, pelas características de declividade inferiores a 20% constatadas em mais da metade da unidade e pelos elevados valores de espessura dos dois materiais residuais.

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 68% e 15% da área, respectivamente (Figura 8.35). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola correspondem a apenas 7% da unidade. A ocorrência pouco significativa destas práticas, apesar do bom potencial exibido pó metade da área, mostra o aproveitamento inadequado das condições naturais exibidas pelo meio.

Tabela 8.70- Atributos do meio físico da unidade XXXV.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	2,58	13,26	0,98
2-10	2,62	13,49	0,94
10-20	6,09	31,32	1,17
20-30	4,82	24,79	1,38
30-45	2,73	14,03	1,27
>45	0,61	3,14	1,17
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Blastomilonitos	19,4301	100,00	18,20
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Btm 2	19,4	100,00	69,75
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,45	2,29	0,42
Mata Nativa	4,06	20,92	1,13
Outras Culturas	0,94	4,81	1,26
Pastagem	13,88	71,45	1,41
Solo Exposto	0,06	0,30	0,72

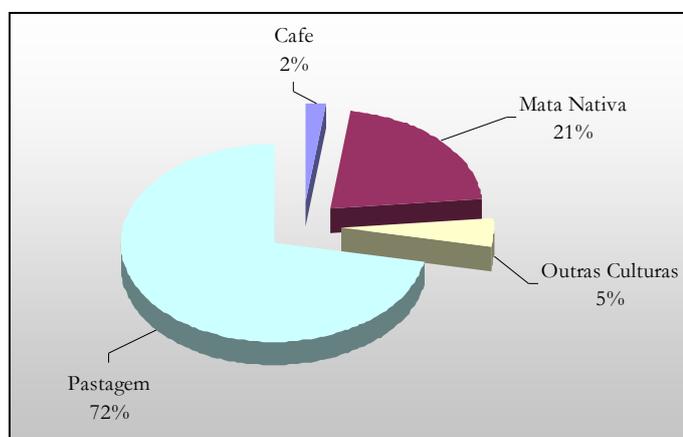


Figura 8.35 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXV.

Unidade XXXVI

Corresponde a unidade de terreno E2. Caracteriza-se por apresentar 29% de sua área com médio potencial ao escoamento, 50% com alto potencial e valores médios de *pixels* de 2,61. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 71% da área na classe média, com valores médios dos *pixels* de 2,39. O potencial agrícola caracteriza-se por predominância das classes média (335) e muito alta (26%), com valores médios dos *pixels* de 2,5 (Tabela 8.71).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 6% da unidade e constituem, principalmente, faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.71 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXVI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,74	5,38	3,75	Mín – 1,03
Média	36,26	28,99	5,58	Máx – 4,13
Alta	62,92	50,31	9,52	Média – 2,61
Muito Alta	19,14	15,30	10,21	Desv Padrão – 0,38 Moda – 2,65

Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,86	2,29	2,47	Mín – 1,13
Média	88,90	71,07	13,90	Máx – 3,82
Alta	29,61	23,68	3,79	Média – 2,39
Muito Alta	3,88	3,10	2,76	Desv Padrão – 0,27 Moda – 2,28

Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	22,01	17,59	5,07	Mín – 1,3
Média	42,20	33,73	12,07	Máx – 3,9
Alta	19,33	15,45	7,43	Média – 2,5
Muito Alta	33,08	26,44	7,01	Desv Padrão – 0,63
Restritiva	8,42	6,73	5,27	Moda – 3,41

O comportamento de médio a alto potencial do escoamento superficial é condicionado pela ocorrência de valores elevados de declividade em 38% da área e a textura argilosa dos materiais residual de migmatitos que constitui 70% desta (Tabela 8.72). A condição média susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados, que exercem pouca influência no condicionamento de elevados valores de susceptibilidade. O

comportamento de médio a muito alto potencial agrícola é condicionado, principalmente, pelas características de declividade inferiores a 20% constatadas em 72% da unidade e pelos elevados valores de espessura e capacidade de troca catiônica dos dois materiais residuais.

Tabela 8.72- Atributos do meio físico da unidade XXXVI.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	16,78	13,42	6,39
2-10	19,90	15,91	7,16
10-20	40,57	32,43	7,77
20-30	30,59	24,46	8,78
30-45	15,22	12,17	7,10
>45	2,05	1,64	3,92
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Migmatitos	99,42	79,49	23,10
Blastomilonitos	18,57	14,85	17,40
Granitos Porfíricos	7,09	5,67	2,11
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	0,61	0,48	1,22
Mig 6	11,53	9,22	100,00
Mig 7	87,28	69,78	99,96
Grp 3	7,09	5,67	5,68
Btm 1	18,57	14,85	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	1,58	1,27	1,48
Cidades	1,19	0,95	3,77
Corpos D'água	0,65	0,42	9,34
Mata Nativa	22,70	18,14	6,32
Mata Ciliar	4,08	3,26	12,22
Outras Culturas	7,17	5,73	9,69
Pastagem	87,82	70,21	8,89

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 71% e 18% da área, respectivamente (Figura 8.36). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola correspondem a apenas 7% da unidade. A ocorrência pouco significativa destas práticas, apesar do alto potencial exibido pela unidade, caracteriza situação de aproveitamento inadequado das condições naturais do meio, que favorecem ao desenvolvimento de atividades voltadas a estes fins.

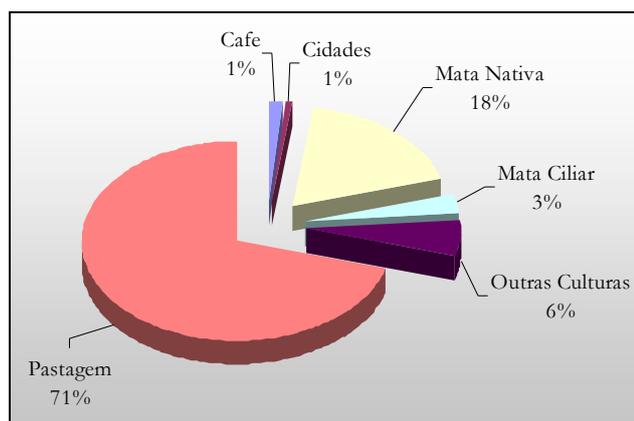


Figura 8.36 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXVI.

Unidade XXXVII

Corresponde a unidade de terreno E3. Caracteriza-se por apresentar 31% de sua área com médio potencial ao escoamento, 50% com alto potencial e valores médios de *pixels* de 2,67. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 89% da área na classe média, com valores médios dos *pixels* de 2,3. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 41% da área enquadrada na classe baixa, e 22% na classe muito alta com valores médios dos *pixels* de 2,41 (Tabela 8.73).

Tabela 8.73 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXVII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín – 2,07
Média	3,66	31,75	0,56	Máx – 3,80
Alta	5,77	50,04	0,87	Média – 2,67
Muito Alta	2,10	18,19	1,12	Desv Padrão – 0,35 Moda – 2,07
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín – 2,03
Média	10,28	89,13	1,61	Máx – 3,38
Alta	1,13	9,81	0,14	Média – 2,3
Muito Alta	0,12	1,06	0,09	Desv Padrão – 0,18 Moda – 2,03
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	4,81	41,71	1,11	Mín – 1,84
Média	1,87	16,22	0,53	Máx – 3,42
Alta	1,74	15,07	0,67	Média – 2,41
Muito Alta	2,61	22,66	0,55	Desv Padrão – 0,55
Restritiva	0,50	4,34	0,31	Moda – 3,29

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 4% da unidade e constituem, tanto faixas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, como regiões com valores de declividade superiores a 25°.

O comportamento de médio a alto potencial do escoamento superficial é condicionado pela ocorrência de valores elevados de declividade em 41% da área e a textura argilosa dos materiais residual de migmatitos que constitui 100% desta (Tabela 8.74). A condição média susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados, que exercem pouca influência no condicionamento de elevados valores de susceptibilidade. O comportamento de médio a muito alto potencial agrícola exibido por 53% da área é condicionado, principalmente, pelas características de declividade inferiores a 20% constatadas em 59% da unidade e pelos elevados valores de espessura e capacidade de troca catiônica dos dois materiais residuais.

Tabela 8.74- Atributos do meio físico da unidade XXXVII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	0,90	7,84	0,34
2-10	1,74	15,08	0,63
10-20	4,15	36,03	0,80
20-30	3,25	28,21	0,93
30-45	1,30	11,31	0,61
>45	0,21	1,80	0,40
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Migmatitos	11,53	100,00	2,68
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Mig 6	11,53	100,00	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Corpos D'água	0,01	0,06	0,17
Mata Nativa	2,35	20,38	0,65
Mata Ciliar	0,41	3,51	1,21
Outras Culturas	1,35	11,74	1,83
Pastagem	7,42	64,31	0,75

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 64% e 20% da área, respectivamente (Figura 8.37). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola compreendem 12% da unidade. A ocorrência pouco significativa destas práticas, apesar do alto potencial exibido em 53% unidade, caracteriza situação de aproveitamento inadequado das condições naturais do meio, que favorecem ao desenvolvimento de atividades voltadas a estes fins.

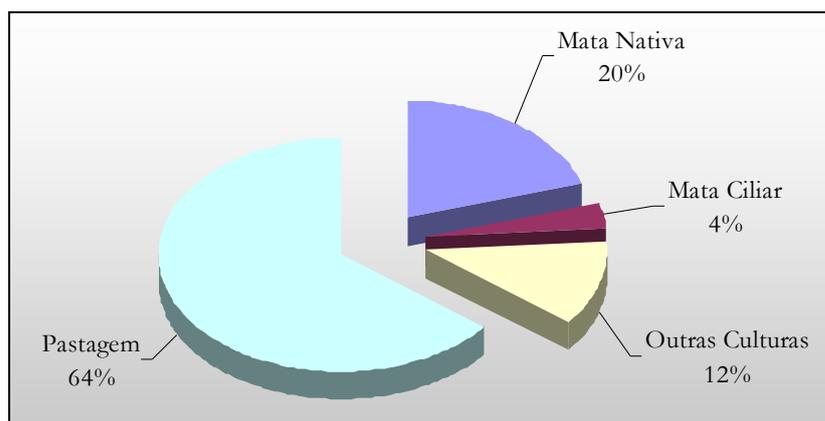


Figura 8.37 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXVII.

Unidade XXXVIII

Corresponde a unidade de terreno E4. Caracteriza-se por apresentar, aproximadamente, 77% de sua área com potencial ao escoamento alto a muito alto, e valores médios de *pixels* de 2,73. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 67% da área na classe média, e 27% na classe alta com valores médios dos *pixels* de 2,45. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 41% da área enquadrada na classe média e 21% na muito alta, e valores médios dos *pixels* de 2,51 (Tabela 8.75).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 7% da unidade e constituem, principalmente, regiões com valores de declividade superiores a 25°, e secundariamente áreas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

O comportamento de elevado potencial do escoamento superficial é condicionado pela ocorrência de altos valores de declividade em 50% da área e a textura argilosa dos materiais residual de migmatitos e granitos porfíricos, que constitui 90% desta (Tabela 8.76). A condição susceptibilidade a erosão média a alta é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados, que exercem pouca influência no condicionamento de elevados valores de susceptibilidade. O comportamento de médio a muito alto potencial agrícola é condicionado, principalmente, pelas características de declividade inferiores a 20% constatadas em metade da unidade e pelos elevados valores de espessura, e capacidade de troca catiônica dos dois materiais residuais, em especial dos residuais de migmatitos.

Tabela 8.75 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXVIII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,19	1,82	1,78	Mín – 1,28
Média	37,27	21,25	5,74	Máx – 4,12
Alta	97,38	55,53	14,74	Média – 2,73
Muito Alta	37,51	21,39	20,00	Desv Padrão – 0,34 Moda – 2,65
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,16	0,09	0,14	Mín – 1,86
Média	118,10	67,35	18,47	Máx – 4,20
Alta	47,90	27,31	6,13	Média – 2,45
Muito Alta	9,20	5,25	6,54	Desv Padrão – 0,28 Moda – 2,28
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	23,63	13,48	5,44	Mín – 1,74
Média	72,26	41,21	20,67	Máx – 3,87
Alta	25,09	14,31	9,65	Média – 2,51
Muito Alta	42,30	24,12	8,96	Desv Padrão – 0,56
Restritiva	12,06	6,88	7,55	Moda – 3,04

Tabela 8.76- Atributos do meio físico da unidade XXXVIII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	14,40	8,21	5,48
2-10	24,57	14,01	8,84
10-20	57,50	32,79	11,02
20-30	47,28	26,96	13,58
30-45	26,80	15,28	12,49
>45	14,40	8,21	5,48
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Migmatitos	119,09	67,91	27,67
Granitos Porfíricos	41,84	23,86	12,44
Granito-Gnaisses	14,44	8,23	24,73
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	3,22	1,84	6,47
Mig 7	0,02	0,01	0,02
Mig 8	115,85	66,07	100,00
Grp 2	41,83	23,85	100,00
GrGn 1	14,44	8,23	100,00
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	3,74	2,14	3,49
Corpos D'água	0,13	0,07	3,00
Mata Nativa	31,98	18,24	8,91
Mata Ciliar	6,63	3,78	19,83
Outras Culturas	11,00	6,27	14,88
Pastagem	121,41	69,24	12,29
Reflorestamento	0,13	0,07	2,46

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 70% e 18% da área, respectivamente (Figura 8.38). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola compreendem 8% da unidade, e caracteriza o aproveitamento inadequado das condições naturais do meio, que favorecem ao desenvolvimento de atividades voltadas a estes fins.

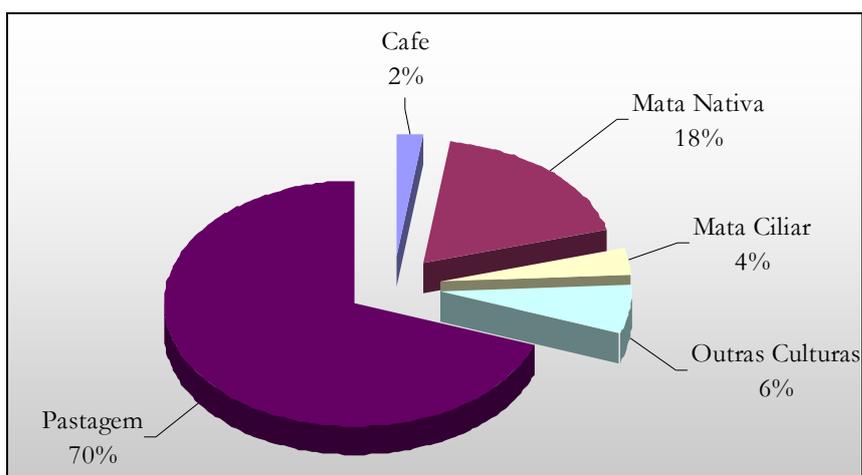


Figura 8.38 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXVIII.

Unidade XXXIX

Corresponde a unidade de terreno E5. Caracteriza-se por apresentar 67% de sua área com médio potencial ao escoamento, 30% com alto potencial e valores médios de *pixels* de 2,42. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 78% da área na classe alta com valores médios dos *pixels* de 2,58. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 39% da área enquadrada na classe muito alta e 23% na baixa, e valores médios dos *pixels* de 2,7 (Tabela 8.77).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 6% da unidade e constituem, principalmente, destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.77 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XXXIX.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,87	5,28	0,48	Mín - 1,83
Média	11,03	67,07	16,98	Máx - 4,05
Alta	4,96	30,16	0,75	Média - 2,42
Muito Alta	0,31	1,88	0,16	Desv Padrão - 0,25 Moda -2,41
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	0,00	0,00	0,00	Mín - 2,18
Média	3,44	20,90	0,54	Máx - 4,34
Alta	12,95	78,74	1,66	Média - 2,58
Muito Alta	0,06	0,34	0,04	Desv Padrão - 0,11 Moda - 2, 85
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,89	23,65	0,90	Mín - 1,82
Média	2,18	13,27	0,62	Máx - 3,57
Alta	2,84	17,28	1,09	Média - 2,70
Muito Alta	6,44	39,14	1,36	Desv Padrão - 0,56
Restritiva	1,10	6,68	0,69	Moda - 3,04

O comportamento de médio potencial do escoamento superficial é condicionado pela predominância de ocorrência de valores de declividade inferiores a 20% da área e a textura intermediária dos materiais residual de migmatitos, que constitui 100% desta (Tabela 8.78). A condição de alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados. O comportamento de médio a muito alto potencial agrícola é condicionado, principalmente, pelas características de declividade, espessura, e capacidade de troca catiônica dos materiais residuais.

A atividade de pastagem caracteriza a principal ocupação do terreno presentes na unidade (Figura 8.39). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola compreendem 9% da unidade, e caracteriza o aproveitamento inadequado das condições naturais do meio, que favorecem ao desenvolvimento de atividades voltadas a estes fins.

Tabela 8.78- Atributos do meio físico da unidade XXXIX.

Declividade %	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	3,61	21,93	1,37
2-10	3,44	20,89	1,24
10-20	5,76	35,04	1,10
20-30	2,83	17,20	0,81
30-45	0,76	4,61	0,35
>45	0,04	0,26	0,08
Geologia	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Migmatitos	16,44	100,00	3,82
Materiais Inco	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Mig 9	16,44	100,00	18,54
Classes Uso do Solo	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	0,50	3,07	0,47
Mata Nativa	1,45	8,83	0,40
Mata Ciliar	0,94	5,71	2,81
Outras Culturas	0,61	3,71	0,82
Pastagem	12,60	76,63	1,28
Solo Exposto	0,34	2,05	4,20

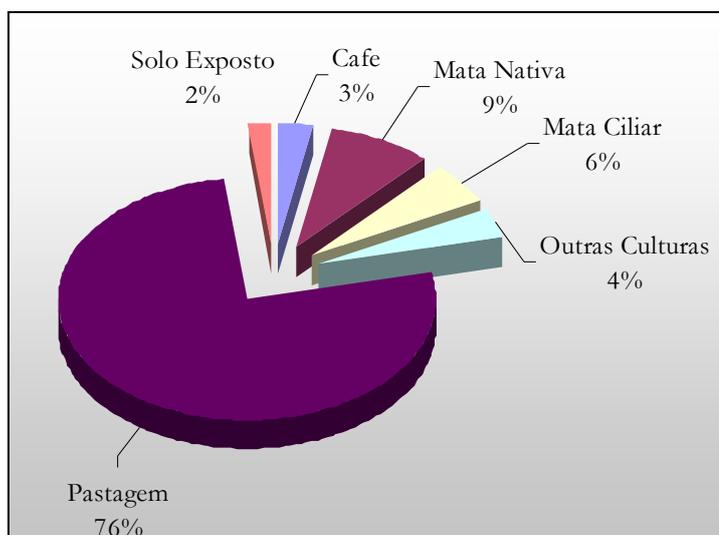


Figura 8.39 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XXXIX.

Unidade XI

Corresponde a unidade de terreno E6. Caracteriza-se por apresentar 38% de sua área com médio potencial ao escoamento, 48% com alto potencial e valores médios de *pixels* de 2,55. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 81% da área na classe alta com valores médios dos *pixels* de 2,61. O potencial agrícola caracteriza-se por

apresentar 52% da área enquadrada na classe baixa. Os valores médios dos *pixels* são de 2,19 (Tabela 8.79).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 7% da unidade e constituem, principalmente, destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.79 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XL.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	10,13	7,62	5,64	Mín – 1,21
Média	45,51	34,26	7,01	Máx – 3,82
Alta	64,54	48,58	9,77	Média – 2,55
Muito Alta	12,71	9,56	6,78	Desv Padrão – 0,36 Moda – 2,46
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	3,09	2,32	2,66	Mín – 1,29
Média	20,76	15,63	3,25	Máx – 4,04
Alta	107,92	81,23	13,81	Média – 2,61
Muito Alta	1,09	0,82	0,78	Desv Padrão – 0,22 Moda – 2,60
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	70,24	52,87	16,17	Mín – 1,46
Média	18,80	14,15	5,38	Máx – 3,39
Alta	16,27	12,25	6,26	Média – 2,19
Muito Alta	17,10	12,87	3,62	Desv Padrão - 0,54
Restritiva	10,00	7,53	6,26	Moda - 3,16

O comportamento de médio a alto potencial do escoamento superficial é condicionado pela ocorrência de valores de declividade superiores a 20% em 51% da área, e a textura intermediária dos materiais residual de granitos porfíricos, que constitui 88% desta (Tabela 8.80). A condição de alta susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados. O comportamento de potencial agrícola médio a muito alto em apenas 39% da área é condicionado, principalmente, pelas características de declividade e espessura dos materiais inconsolidados.

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 69% e 19% da área, respectivamente (Figura 8.40). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola compreendem 10% da unidade,

situação que demonstra o sub aproveitamento das condições naturais do meio, que favorecem ao desenvolvimento de atividades voltadas a estes fins em 39% da área.

Tabela 8.80- Atributos do meio físico da unidade XL.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	8,28	6,23	3,15
2-10	14,93	11,24	5,37
10-20	41,03	30,88	7,86
20-30	42,15	31,73	12,10
30-45	22,42	16,88	10,45
>45	4,03	3,03	7,72
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Granitos Porfíricos	120,02	90,34	35,70
Granito-Gnaisses	12,84	9,67	21,99
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	6,39	4,81	12,83
Grp 3	117,71	88,60	94,32
GrGn 2	8,76	6,59	24,57
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Cafe	2,79	2,10	2,60
Cidades	0,74	0,56	2,35
Corpos D'água	0,16	0,12	3,90
Mata Nativa	25,63	19,29	7,14
Mata Ciliar	3,10	2,33	9,26
Outras Culturas	10,27	7,73	13,89
Pastagem	89,96	67,72	9,11
Solo Exposto	0,20	0,15	2,51

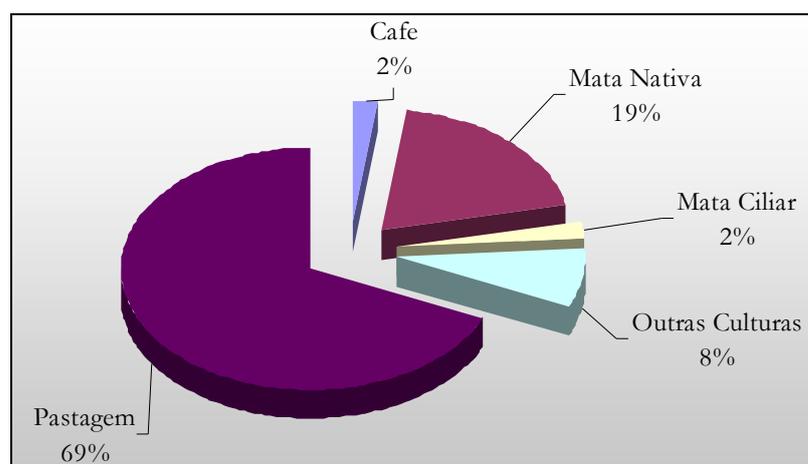


Figura 8.40 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XI.

Unidade XLI

Corresponde a unidade de terreno E7. Caracteriza-se por apresentar 30% de sua área com médio potencial ao escoamento, 46% com alto potencial e valores médios de *pixels* de 2,64. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 54% da área na classe média e 44% na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,46. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 32% da área enquadrada na classe baixa e 26% na classe alta. Os valores médios dos *pixels* são de 2,5 (Tabela 8.81).

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 7% da unidade e constituem, principalmente, destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

Tabela 8.81 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XLI.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	10,37	5,65	5,77	Mín – 1,20
Média	55,01	29,93	8,47	Máx – 3,85
Alta	85,77	46,67	12,98	Média – 2,64
Muito Alta	32,59	17,74	17,38	Desv Padrão – 0,39 Moda – 2,41
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,40	1,30	2,07	Mín – 0,67
Média	100,33	54,60	15,69	Máx – 3,48
Alta	80,84	43,99	10,34	Média – 2,46
Muito Alta	0,20	0,11	0,14	Desv Padrão – 0,2 Moda – 2,58
Potencial Agrícola				
Classe	Área (Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	59,87	32,58	13,78	Mín – 0,36
Média	34,08	18,55	9,75	Máx – 3,91
Alta	28,54	15,53	10,97	Média – 2,50
Muito Alta	47,59	25,90	10,09	Desv Padrão – 0,58
Restritiva	13,54	7,37	8,47	Moda – 3,27

O comportamento de médio a alto potencial do escoamento superficial é condicionado pela ocorrência de valores de declividade superiores a 20% em 38% da área, e a textura intermediária dos materiais residuais de migmatitos e argilosa dos residuais de granitos porfíricos, que constituem 92% da unidade (Tabela 8.82). A condição de susceptibilidade a erosão média a alta é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados. O

comportamento, em quase 60% da área, de potencial agrícola médio a muito alto é condicionado pelos valores predominantes de declividade inferiores a 20% e espessura dos materiais inconsolidados.

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 74% e 18% da área, respectivamente (Figura 8.41). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola compreendem apenas 3% da unidade, caracterizando aproveitamento inadequado das condições naturais do meio, que favorecem ao desenvolvimento de atividades voltadas a estes fins.

Tabela 8.82- Atributos do meio físico da unidade XLI.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	22,63	12,31	8,61
2-10	30,25	16,46	10,88
10-20	61,08	33,24	11,70
20-30	44,27	24,09	12,71
30-45	21,92	11,93	10,22
>45	3,62	1,97	6,93
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Migmatitos	74,47	40,52	17,30
Granitos Porfíricos	96,86	52,71	28,81
Granito-Gnaisses	12,43	6,77	21,29
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 2	2,38	1,29	4,77
Mig 7	0,02	0,01	0,02
Mig 9	72,23	39,31	81,46
Grp 4	96,70	52,62	100,00
GrGn 2	12,43	6,76	34,88
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Corpos D'água	0,43	0,23	10,00
Mata Nativa	32,67	17,78	9,10
Mata Ciliar	9,94	5,41	29,74
Outras Culturas	5,07	2,76	6,86
Pastagem	135,44	73,70	13,71
Reflorestamento	0,07	0,04	1,42
Solo Exposto	0,14	0,08	1,78

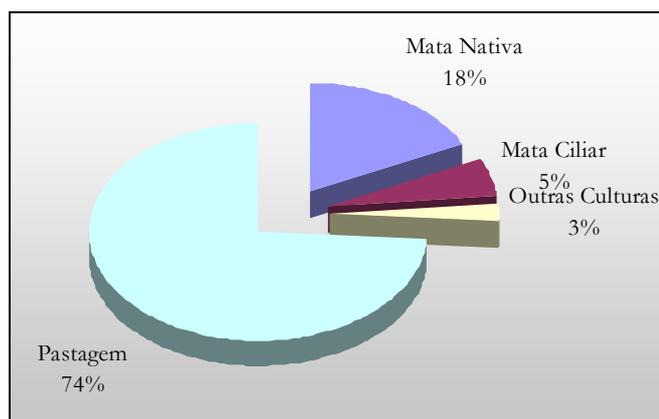


Figura 8.41 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XLI.

Unidade XLII

Corresponde a unidade de terreno E8. Caracteriza-se por apresentar 50% de sua área com médio potencial ao escoamento, 34% com alto potencial e valores médios de *pixels* de 2,36. A susceptibilidade a erosão é retratada pela ocorrência de 62% da área na classe média e 23% na classe alta, com valores médios dos *pixels* de 2,31. O potencial agrícola caracteriza-se por apresentar 72% da área enquadrada nas classes alta a muito alta. Os valores médios dos *pixels* são de 2,92 (Tabela 8.83).

Tabela 8.83 - Características de potencialidade e susceptibilidade do meio para unidade XLII.

Potencial ao Escoamento				
Classe	Área Km ²	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	5,90	14,10	3,28	Mín – 1,2
Média	21,05	50,36	3,24	Máx – 3,61
Alta	14,41	34,47	2,18	Média – 2,36
Muito Alta	0,44	1,05	0,23	Desv Padrão – 0,31 Moda -1,83
Susceptibilidade a Erosão				
Classe	Área(Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	6,24	14,93	5,39	Mín – 1,2
Média	25,96	62,10	4,06	Máx – 3,29
Alta	9,60	22,97	1,23	Média – 2,31
Muito Alta	0,02	0,05	0,01	Desv Padrão – 0,29 Moda – 2,41
Potencial Agrícola				
Classe	Área(Km ²)	% área da unidade	% área da bacia	Parâmetros estatísticos/Mapas Numéricos
Baixa	2,05	4,90	0,47	Mín – 1,35
Média	6,11	14,61	1,75	Máx – 3,7
Alta	13,76	32,93	5,29	Média – 2,92
Muito Alta	16,61	39,73	3,52	Desv Padrão – 050
Restritiva	2,89	6,90	1,80	Moda – 3,49

Regiões com restrições legais a ocupação do meio correspondem a apenas 7% da unidade e constituem, principalmente, destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem.

A condição de médio potencial do escoamento superficial é condicionada pela predominância de valores de declividade inferiores a 20% na área, e pelo comportamento variável da textura dos materiais inconsolidados presentes, intermediária dos granitos-gnaisses e argilosa dos granitos porfíricos. Estes compreendem 89% da unidade (Tabela 8.84). O aspecto de média susceptibilidade a erosão é condicionada pelas características de escoamento superficial e pela textura dos materiais inconsolidados. O comportamento de potencial agrícola alto a muito alto é condicionado, principalmente, pelos valores predominantes de declividade inferiores a 20% e espessuras dos materiais inconsolidados.

Destacam-se como principais atividades de ocupação do terreno as classes de pastagem e mata nativa, presentes em 77% e 12% da área, respectivamente (Figura 8.42). Atividades voltadas ao desenvolvimento agrícola compreendem apenas 4% da unidade, caracterizando aproveitamento inadequado das condições naturais do meio, que favorecem ao desenvolvimento de atividades voltadas a estes fins.

Tabela 8.84- Atributos do meio físico da unidade XLII.

Declividade %	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
<2	10,62	25,40	4,04
2-10	13,66	32,69	4,91
10-20	2,64	6,32	0,51
20-30	0,29	0,69	0,08
30-45	0,01	0,02	0,00
>45	0,00	0,00	0,00
Geologia	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Granitos Porfíricos	23,11	55,30	6,87
Granito-Gnaisses	18,68	44,70	32,00
Materiais Inco	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Retrab 1	4,24	10,14	4,47
Grp 5	23,11	55,30	100,00
GrGn 2	14,45	34,58	40,55
Classes Uso do Solo	Área (Km²)	% área da unidade	% área da bacia
Corpos D'água	0,05	0,12	1,19
Mata Nativa	5,21	12,46	1,45
Mata Ciliar	2,88	6,90	8,63
Outras Culturas	1,81	4,33	2,45
Pastagem	31,84	76,18	3,22

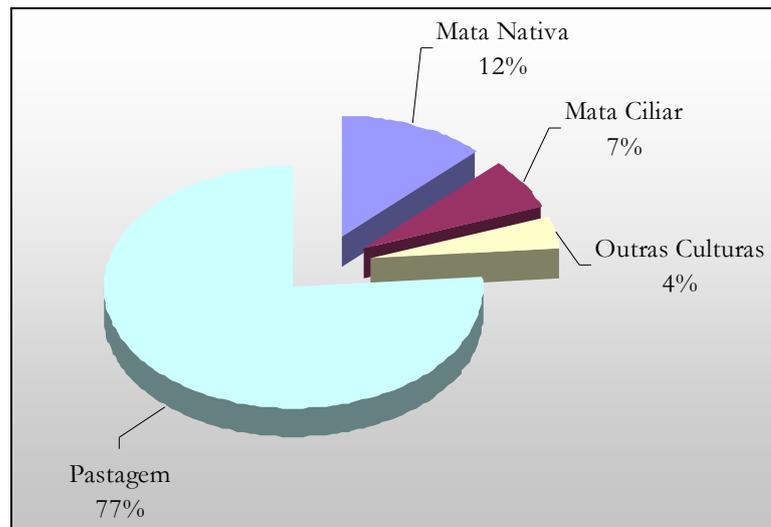


Figura 8.42 – Percentual de ocorrência das classes de uso e ocupação na Unidade Geoambiental XLII.

9. - CONCLUSÕES

9.1 – QUANTO A UTILIZAÇÃO DA LÓGICA FUZZY NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A utilização da técnica de inferência *fuzzy* para o modelamento de informações representativas de atributos e aspectos de potencialidades e restrições do meio físico mostrou-se eficiente. Permitiu a obtenção de resultados que representam de forma mais adequada o comportamento de distribuição espacial destes atributos e aspectos.

Na proposta aqui apresentada constatou-se como principal diferencial no resultado obtido, não só a viabilidade de representação do comportamento transicional entre unidade de diferentes compartimentos do meio, como a elaboração de modelos lógicos que melhor representam a distribuição espacial de aspectos e fenômenos do meio. Tais modelos trazem informações mais próximas das reais condições encontradas em campo, o que possibilita uma melhor compreensão das condições naturais apresentadas pelo meio físico e, por conseguinte, uma diminuição na perda de informações, levando a uma análise mais apurada das potencialidades e restrições de uma área.

No que se refere à representação espacial de unidades constituintes de um compartimento do meio, verificou-se que a técnica permite caracterizar e representar diferentes relações de transição que uma unidade possa apresentar com as adjacentes. Este aspecto possibilita não apenas informar sobre a distribuição espacial de atributo, mas no contexto do processo de obtenção de informações derivada e/ou interpretativas informa que as regiões de transição, em função da intensidade e peso de influência de

cada atributo, podem caracterizar áreas que possam vir a merecer análise mais cuidadosa, pois podem caracterizar regiões com aspectos de vulnerabilidades e potencialidades diferentes do restante da unidade, como nos casos de unidades com contatos complexos, ou de unidades com pesos de influência diferenciados. Isto vem a confirmar que a técnica de inferência de lógica *fuzzy* possibilita melhor representação de informações do meio físico que os processos tradicionais fundamentados na lógica *booleana*, os quais permitem somente a representação de informações de forma rígida, sem a conotação de transição entre atributos.

A utilização da técnica para representação de aspectos de potencialidades e restrições naturais do meio, sob forma numérica contínua, informa melhor ao usuário o comportamento de variação desses, e possibilita uma análise mais adequada, informando não só os locais onde estes aspectos têm maior ou menor potencialidade ou restrição, mas dentro do contexto de faixas representativas de condições desde baixas a elevada, ilustrar um comportamento de gradação, ou seja, permite caracteriza não apenas uma região com alto potencial, mas o comportamento de variação da classe alta, o que para processos de avaliações e diagnósticos de maior detalhe vem a caracterizar informações de grande importância, e que tradicionalmente não são apresentadas.

A aplicação da técnica mostrou-se eficiente também para elaboração de modelos representativos do grau de influência dos diferentes atributos do meio no condicionamento de restrições e potencialidades.

Um aspecto importante constatado durante o processo de aplicação da inferência *fuzzy* foi o grande número de rotinas de processamento computacional elaboradas para obtenção da representação contínua das unidades constituintes dos compartimentos de substrato rochoso e materiais inconsolidados. Isto foi devido a técnica de análise adotada para caracterização das transições entre atributos, *Individual Boundary Approach*, na qual cada unidade é assumida como um polígono que pode apresentar diferentes faixas de gradação ao longo de seus contatos, podendo ser abruptos em algumas partes e difusos em outras, assim como podem apresentar relações difusas variáveis. O número elevado de rotinas elaboradas vem a caracterizar uma das principais dificuldades de aplicação da técnica, resultando, para os caso de áreas de grande extensão, ou com grande número de atributos, a necessidade de considerável tempo computacional para obtenção das representações contínuas numéricas.

Uma limitação encontrada na utilização da técnica refere-se a forma de apresentação dos resultados obtidos, os quais podem ser de difícil compreensão por diferentes usuários, o que acabou por resultar na necessidade de representação das informações em formato temático, por meio do processo de fatiamento das informações numéricas e enquadramento das mesmas em classes representativas dos aspectos de potencialidades e restrições do meio. No entanto, a informação numérica completa fica disponível e o usuário pode utilizá-la e inclusive fazer novas subdivisões, considerando outras classes.

9.2 – QUANTO A FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZADA PARA APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

O sistema de informações geográficas SPRING mostrou-se, de maneira geral adequado a obtenção dos objetivos propostos. Pequenas limitações foram constatadas na capacidade de processamento de grande número de informações. Estas limitações resultaram na necessidade de execução em etapas do processamento numérico das informações do meio físico, para caracterização das condições de potencialidade e restrições da bacia. Isto mostra a necessidade de utilização de suporte físico, microcomputador, com grande capacidade de armazenamento e processamento dos dados, quando em situações que envolvam a manipulação de grande quantidade de informações e/ou regiões de grandes dimensões.

A linguagem de programação LEGAL vinculada ao sistema caracteriza um aspecto positivo do sistema, pois esta permitiu estabelecer uma interface com o SIG, de forma a permitir não somente as representações das informações sob formato contínuo, como a realização de diferentes operações sobre os dados analisados. A linguagem possibilitou a execução de análises e simulações de fenômenos do mundo real sobre atributos com a aplicação da inferência *fuzzy* de forma relativamente simples, e a obtenção de resultados adequados para os fins aqui propostos.

Uma limitação imposta pelo sistema é a inexistência de uma ferramenta adequada para avaliação dos resultados produzidos sob forma numérica. O sistema não permite a execução de análises e tratamentos estatísticos, de forma otimizada e sem envolvimento de elevado tempo de processamento, que melhor representem o

comportamento de distribuição espacial dos aspectos de potencialidades e restrições do meio físico, o que eliminaria a necessidade de execução do processo de fatiamento das informações numéricas, para elaboração de representação de mais fácil compreensão dos dados por diferentes usuários. Entretanto, o sistema permite que sejam adicionadas sobre as informações temáticas os valores numéricos representativos do comportamento gradacional dos diferentes aspectos de restrições e favorabilidade. Isto permite passar ao usuário a noção do real comportamento destes aspectos.

9.3 – QUANTO AO INDICADOR AMBIENTAL PROPOSTO PARA CARACTERIZAÇÃO DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS INTRODUZIDAS NO MEIO.

A utilização do parâmetro de resistência a penetração com o equipamento sonda-TDR combinada mostrou-se adequado para aplicação do mesmo como geoindicador de modificações ocorridas no meio físico. Permitiu aferir e comparar as modificações ambientais introduzidas no meio físico da bacia, em um mesmo intervalo de tempo, decorrentes das atividades de ocupação presentes.

Constatou-se que, de uma maneira geral, a umidade média do solo constitui um parâmetro de grande influência no comportamento da resistência a penetração. Aspecto este convencionalmente não considerado em muitos ensaios de caracterização geotécnica. Portanto, a eficiência de aplicação da resistência como indicador de alterações é devido, em grande parte, a utilização da sonda-TDR combinada, pois possibilita a obtenção de medidas indicativas da resistência, em conjunto com valores médios de umidade do solo, o que permite a caracterização das modificações no comportamento da resistência a penetração, causada por diferentes tipos de uso e ocupação do terreno, em termos de valores absolutos.

As análises realizadas em cinco tipos de solos existentes na bacia permitiram caracterizar, em três desses, que a prática de cultivo de café e desenvolvimento de pastagem constituem as atividades responsáveis pelos valores mais altos de resistência a penetração do solo, ou seja, pelas principais modificações no comportamento de compactação dos mesmos.

Outro aspecto positivo obtido com a utilização das medidas de resistência como indicador é que as mesmas podem ser tomadas para analisar mudanças futuras das

características dos solos, haja vista que permitem a obtenção de valores absolutos do comportamento de resistência, eliminando assim a influência da variação de umidade, devido as mudanças de estações e condições climáticas.

Um aspecto que reflete a limitação em utilização da sonda-TDR como meio de medida da resistência a penetração é quanto a fragilidade do equipamento, o qual apresenta sérias restrições de uso em solos com alto percentual de cascalho ou que tenham grande quantidade de raízes. Portanto, faz-se necessário desenvolver uma sonda com revestimento mais resistente de forma a permitir o uso da mesma em regiões com estas condições. Isto garantiria a possibilidade de investigar o comportamento de resistência a penetração de diferentes solos, em área sem registro de alterações introduzidas por atividades antrópicas, as quais serviriam de *background* para melhor determinação das alterações geradas por diferentes tipos de ocupação.

9.4 – QUANTO AO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL ELABORADO

A elaboração do zoneamento geoambiental, por meio da aplicação da avaliação ambiental relativa aos atributos do meio, com a utilização da inferência de lógica fuzzy e a avaliação de alterações introduzidas por atividade modificadoras, por meio do geoindicador resistência a penetração, permitiu caracterizar de forma satisfatória a área com relação às suas aptidões e restrições à atividades de ocupação vigentes. Permitiu também indicar porções do terreno com uma maior qualidade ambiental que devem ser preservadas, as quais constituem áreas com restrições legais a ocupação.

A utilização da técnica de análise hierárquica de informações, técnica AHP, no contexto do processo de avaliação ambiental, possibilitou a obtenção organizada de informações relativas aos aspectos de potencial ao escoamento superficial, de susceptibilidade a erosão e de potencial agrícola do meio físico.

O zoneamento elaborado resultou na obtenção da ordenação territorial da área em 42 unidades ambientais, as quais retratam potencialidades e vulnerabilidades do meio quanto ao uso e ocupação, e consistem de uma base de dados que permite orientar a ocupação do espaço e uso dos recursos da bacia.

No que se refere ao potencial de escoamento superficial, a bacia apresenta um predomínio de condições de elevado escoamento, fato constatado em 34 das 42 unidades, as quais exibem predomínio das classes média a alta. Em apenas três unidades

são verificadas condições de escoamento baixo a médio, e em cinco as condições de alto a muito alto escoamento.

Com relação ao aspecto susceptibilidade a erosão, constatou-se predomínio das classes de média a alta susceptibilidade em 25 unidades, alta a muito alta em 17 unidades. Apenas uma unidade exhibe condições de susceptibilidade a erosão baixa a média.

O potencial agrícola da bacia é caracterizado pela predominância das classes de baixo a médio potencial, condição verificada em 25 das 42 unidades. Em 16 unidades são verificadas as condições de potencial agrícola alto a muito alto. Apenas uma unidade exhibe potencial ao desenvolvimento de atividades agrícola médio a alto. De uma maneira geral verificou-se, em 19 unidades, um aproveitamento adequado das condições naturais de potencial agrícola exibido pela bacia, seja pelo aproveitamento correto das condições de elevado potencial, ou pela ocorrência pouca significativa de atividade agrícolas em áreas com baixo potencial elevado. Nove unidades caracterizam-se pelo sub aproveitamento das boas condições ao desenvolvimento de práticas agrícolas, e quatorze pelo aproveitamento inadequado das condições naturais de potencial agrícola do meio físico.

A caracterização de modificações no meio físico devido ao desenvolvimento de atividades antrópicas na bacia, a partir da utilização do geoindicador resistência à penetração, permitiu constatar que em 24 das unidades há predomínio de ocorrência em área das atividades de cultivo de café e pastagem. As unidades são II, X, XI, XII, XV, XVII, XVIII, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXII, XXXIV e XXXV a XLII. Nessas, as classes de café e pastagem ocupam de mais de 50% do terreno de cada unidade. As atividades de cultivo de café e pastagem constituem as classes de ocupação responsáveis pelas maiores alterações nas condições naturais de compactação do solo, o elevado percentual de ocorrência em área destas deve ser tomado como um fator que pode vir a condicionar situações de escoamento superficial mais elevadas que as constatadas na avaliação das condições naturais do meio físico.

As regiões com restrições a ocupação por aspectos legais na área da bacia, Lei federal 4.771 - código florestal de 1965, correspondem principalmente a áreas destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, e secundariamente a áreas com declividade superiores a 45°, onde é proibida derrubada de florestas para

desenvolvimento de qualquer atividade de ocupação do meio, ou constitui área de preservação natural.

Vinte e duas unidades exibem menos de 10% de suas áreas constituindo regiões com restrições legais, são elas unidades. Dezesseis, exibem entre 10% e 20% de suas áreas caracterizadas por restrições legais, e quatro apresentam valores acima de 20.

As informações de uso e ocupação da bacia revelam que áreas caracterizadas como destinadas a preservação permanente junto aos cursos de drenagem, localizadas nas porções da baixa e média bacia, não apresentam ocorrência da vegetação de mata ciliar e/ou nativa. Normalmente estas foram retiradas para ocupação do terreno por atividades agrícolas e de pastagem.

Nas regiões com declividades superiores 25°, onde é proibida a derrubada de florestas ou constituem área de preservação natural, as informações relativas ao uso e ocupação da bacia mostram que estas correspondem, em grande parte, a áreas com ocorrência de mata nativa, sem registro de outras classes de uso do terreno.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albrecht, K. J. (1992) – *Mapeamento Geotécnico Preliminar da Região de Águas de Lindóia – Escala 1:50.000*. Dissertação de Mestrado: EESC/USP, São Carlos, SP, 2v.

Aguiar, R.L. (1994) – Análise do mapeamento geotécnico nos processos de gestão ambiental. *Seminário Gerais*. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. São Carlos. 102p.

Altman, D. (1994) – Fuzzy set theoretic approaches for handling imprecision in spatial analysis. *International Journal of Geographical Information Systems*. V. 8, n. 3, p. 271-289.

Amorim, H. R. (2003) – *Estudo dos Atributos do Meio Físico como Base para o Zoneamento Geoambiental da Região de Influência do Reservatório da Usina Hidroelétrica de Cacinde (SP)*. Dissertação de Mestrado: EESC/USP, São Carlos, SP,

Assad, E.D. & Sano, E.E. (1993) – *Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura Brasileira*. EMBRAPA.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – Análise granulométrica – NBR 7181/1989. URL: <http://www.abnt.org.br>. (consulta em outubro de 2003)

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – Análise granulométrica – NBR 7181/1984. URL: <http://www.abnt.org.br>. (consulta em outubro de 2003)

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – Massa específica dos sólidos – NBR 6508/1984. URL: <http://www.abnt.org.br>. (consulta em outubro de 2003)

Bähr, H. R. & Voglet, T. (1991) – *Digitale Bilverabutung: Andewendug in Photogrametre. Kartographier. Und Karlsruhe, Wickman.98p.*

Banai, R. (1993) – Fuzziness in geographical information system: contributions from analytic hierarchy process. *International Journal of Geographical Information Systems*. V.7, n. 4, p. 315-329.

Barrow, C. J. (1998) – River Basin Development Planing an Management: A Critical Review. *World Development*. 1 (26): 171-186.

Barison, M. R. (1995) – *Mapeamento Geotécnico Regional da Quadricula de Amparo – SP, Escla 1:50.000: com base na análise dos 'landforms e de perfis típicos de alteração*. Dissertação de Mestrado: EESC/USP, São Carlos, SP, 2v.

Berger. A R. (1996) – Introduction to Geoindicator Checklist. In: BERGE, A R & INAS, W. J. ed. *Goeindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems*. Rotterdam. AA Balkema. P. 383-554.

Bertoni, J & Lombardi Neto, F. (1990) – *Conservação do Solo*. São Paulo, Editora Ícone. 355 p.

Bradford J.M. (1986).Penatribility. In: KLUTE, A. (Ed) *Methodos of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methodos*, 2nd Edition, Monograph Number 9. Americam Society of Agronomy . MAdson .

Bueno, B. S. & Vilar, O. M. (1984) – *Mecânica dos Solos*. Apostila. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Bourlon, N.; Berthon, D. (1993). Desenvolvimento sustentável e gerenciamento das bacias hidrográficas na América Latina. *Ciência e Cultura*. p.16-22.

Burrough, P. A.; Heuvelink, G. B. M. The sensitivity of boolean and continuous (Fuzzy) logical modelling to uncertain data. *In European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems Munich*, 3. (EGIS'92). Munich, Germany, 1992. **Proceedings** : Munich, Germany: EGIS'92. p. 1032-1041.

Burrough, P. A. (1996) – Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science*. V. 40, p. 477-492.

Burrough, P. A. McDonell, R. A (1998) – *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, Oxford University Press. 333 p.

Burrough, P. A; Van Gaans, P. F. M; MacMillian, R.A (2000) – High-resolution landform classification using fuzzy K-means. <http://www.eselvier.com/locate/fss>

Câmara, G. & Medeiros, J. S. (1998) - Geoprocessamento para Projetos Ambientais. INPE. 2ª Ed. <http://www.inpe.br/dpi/cursos/gisbrasil/index.html>.

Campbell, D.J.V. (1993). Environmental management of landfill sites. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, v.7, p. 170-174.

Cendrero, A. (1975) - Environment Geology of the Santander by Area. Northern Spain. *Enviromenmtal Geology*, Springer Verlag, New York, Vol.1, pp. 97-114.

Cendrero, A. (1983) – Técnicas Y Instrumentos de Analise para la Avaliacion, Planificacion y Gestion de Medio Ambiente. *Fascículos sobre Meio Ambiente*. Series Opiniore, N.6, CIFCA. Madrid. 67p.

Cendrero, A. (1990) - Desarrollo y Tendencias de la Geologia Ambiental en Europa, AGID Report n° 3.

Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronomica – CNEPA (1960) – *Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. 634 p.

Chadwick, G. F. (1971) – *A System View of Planning*. Pergamon Press, New York.USA. 390p.

Collares, E.G. (1996). Degradação ambiental: bases conceituais, análise e avaliação. *Seminário Gerais*. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. São Carlos. 104p.

Collares, E. G. (2000) – *Avaliação de Alterações em Rede de Drenagem de Microbacias como Subsídio ao Zoneamento Geoambiental de Bacia Hidrográficas: Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari – SP*. Tese Doutorado: EESC/USP, São Carlos, SP, 2v.

COGEOENVIRONMENT (Commission on Geological Sciences for Environmental Planning) (1992) – *Geoindicators: Tools for Assessing Rapid Environmental Changes*. www.gcrio.org/geo

Corson, W.H. (1993). *Manual global de ecologia: o que você precisa saber a respeito da crise no meio ambiente*; tradução de A. G. CAMARU. São Paulo, Augustus. 413p.

Davidson, J. Pedrycz, W., Goulter, I (1993) – A fuzzy decision model to design of rural natural gas networks. *Fuzzy Set and Systems*. 53 (3). P 241-252.

Dale, P. F. & McLaughem, J.D. (1990) – *Land Information Management, and Introduction with Spatial Reference Cadastral Problems in Third World Countries*. Oxford. Oxford University Press. 259 p.

Diegues, A. C. (1989) - Desenvolvimento sustentado, gerenciamento ambiental e de recursos naturais. *Cadernos FUNDAP*, São Paulo, n.9, n.16, junho. p.33-45.

Doyle, D. (1991). Sustentable development : growth without losing ground. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.46, n.1, p.8-12.

Eastman, J. R. (1998) – *IDRISI for Windows: User Guide version 2.0*. Introduction. Worcestre – MA. Graduate School of Geography. Clark University

Enviromentla Visualization Image – ENVI – *ENVI User's Guide. Version 3.6*. 2002

Fang, J. H. Fuzzy logic & geology. *Geotimes Geotimes: News and Trends in the Geoscience*, v. 42, n. 10, p. 23-26, 1997.

Fontes, S. B. (2004) - *Estudo geoambiental da Bacia do Rio Pardo, a partir da compartimentação em Ottobacias – escala 1:100.000*. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Fornasari Filho, N. & Bitar, O.Y. (1995) – O meio físico em estudos de impacto ambiental – EIA. In: BITAR, O.Y. coord. (1995) - *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo. IBGE/IPT. P. 151-162

Fornasari Filho, N. coord (1992) – *Alterações do meio físico decorrentes de obras de engenharia*. São Paulo. IPT. 162p.

Francés, E.; Dias de Terán, J. R. & Cendrero, A.(1990) – La aplicacion de la cartografia geoambiental al diagnostico de unidades territoriales: estabelecimiento de directrizes de ordenacion. In: ROMARIZ, C. *Livro de homenagem a Carlos Romariz*. Lisboa. p. 377-402.

Galvão, C.O. (1999) – Introdução a Teoria dos Conjuntos Difusos. IN Galvão, C. O & Valença, M. J. S. org (1999) – *Sistemas inteligentes: Aplicações a Recursos Hídricos e Ciências Ambientais. Coleção ABRH*. Ed. Univ. Federal do Rio Grande do Sul. p 167-191.

Guerra, A J. T. & Cunha, S. B. (1996)– *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Beltrand Brasil. p. 337-376.

Grecchi, R. C. (1998) – *Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento*. Dissertação Mestrado. EESC/USP. São Carlos, 132p.

Gomide, F. & Rocha, A (1992 – a) – A Neurofuzzy Controllers. *2nd International Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks – II ZUKA '92*. Fukuoka, Japan.

Gomide, F. & Rocha, A (1992 – b) – Neurofuzzy Componente Based on Threshold – *IFAC SICICA Symposium. Malaga*. Espanha. P 425 – 430.

GTZ (1994) – *Geographische Informationssysteme*. Eschon GTZ.99p.

Grossi Sad, J. H., *et al.* (1982) – Geologia e recursos minerais da Folha Socorro. São Paulo. Brasil, Belo Horizonte. Geosol, 2v. (*Relatório Técnico Geosol*).

Hall, G. B.; Wang, F. & Subaryono, (1992) - Comparison of Boolean and Fuzzy Classification Methods in Lland Suitability Analysis by using Geographical Information Systems. *Environmental and Planning. A*, 24, 497-516.

Henderson, C. W. L. (1989) – Using a pentrometer to predict the effects of soil compaction on the growth and the yield of wheat on uniform, sandy soils. *Journal of Agricultural. Research*. N. 40, p. 498-508.

INTERA TYDAC (1992) – Introduction to Data Structure Using SPANS OS/2 SPANS VERSION 5. OTAWA, intera tydac. 140p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1972) Carta Topográfica da Folha Moji-Guaçu (SF-23-Y-A-III-3). Escala 1:50.000

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1972) Carta Topográfica da Folha Águas de Lindóia (SF-23-Y-A-III-4). Escala 1:50.000

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1972) Carta Topográfica da Folha Ouro Fino (SF-23-Y-B-I-3). Escala 1:50.000

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (1972) Carta Topográfica da Folha Amparo (SF-23-Y-A-IV-1). Escala 1:50.000

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (1972) Carta Topográfica da Folha Socorro (SF-23-Y-A-IV-2). Escala 1:50.000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (1972) Carta Topográfica da Folha Munhoz (SF-23-Y-B-IV-1). Escala 1:50.000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (1972) Carta Topográfica da Folha Cambuí (SF-23-Y-B-IV-2). Escala 1:50.000.

Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE) – Censo 2000. <http://www.ibge.gov.br>. (acesso janeiro 2003).

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – Manual SPRING. São José dos Campos. Departamento de Processamento de Imagens. <http://www.dip.inpe.br/spring/usuario/indice.htm>. (acesso em novembro de 2003)

International Institute for Aerospace Survey Earth Science – (ITC). (1996). *Tools for assessing rapid environmental changes – The 1995 geospatial checklist*. Netherlands, pub. N46.

Jacinto, L. R. C (2003) – *Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramenta na gestão ambiental de unidade de conservação: O caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari_Mono, São Paulo-SP*. Dissertação (Mestrado). São Paulo. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.

Lanna, A. E. (1993). Gestão dos recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. org. *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. ABRH. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul. p.727-768.

Leite, C. M. C. Gestão Ambiental: Uma breve reflexão. *Trabalho apresentado no Curso Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos na Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2000*.

Lolo, J. A (1995) – *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do Mapeamento Geotécnico: sistematização e aplicação na Quadricula de Campinas*. Tese (Doutorado). São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Lopes, P.M.S. (2000) – *Estudo dos Atributos do Meio Físico com Base para o Zoneamento Geoambiental das bacias do Rio Passa Cinco e Rio da Cabeça: Escala 1:50.000*. Dissertação Mestrado. EESC/USP. São Carlos. 136p. 2v.

Macedo, R. K. (1995) – A importância da avaliação ambiental. P. 11 – 26. *In: Análise ambiental: uma visão multidisciplinar* (Sâmia Maria Tauk – coord.)

MacMillian, R. A; Pettapice, W.W.; Nolan, S. C.; Goddard, T. W. (2000) – A generic procedure for automatically segmenting landforms into landforms elements using DEM's, heuristic rules and fuzzy logic. <http://elsevier.com/locate/fss>.

Macrozoneamento das Bacias dos Rios Mogi Guaçu, Pardo e Médio Grande: Questões Sócio Ambientais Regionais. Governo do Estado de São Paulo (1995).

Manieri, A J M & Vaz, C M P (2003) - Calibração da Sonda Combinada para a medida da Resistência e Umidade de seis solos brasileiros. *Relatório Interno EMBRAPA*

Mio, G. (1992) – *Mapeamento Geotécnico da Quadricula de Mogi-Guaçu – SP*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 102 p.

Mion, L. C. & Caavaleire, A. (1999) – *Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu – Relatório Zero*. CBH-Mogi. 252 p.

Montaño, M. (2002) – *O recurso Hídrico e o Zoneamento Ambiental.: O caso do município de São Carlos* Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Unversidade de São Paulo. 140 p.

Moreira, F. R., Câmara, G. Almeida Filho, R. (2001) – Técnica de Suporte a Decisão para Modelagem Geográfica por Álgebra de Mapas. *Relatório Técnico. Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais*. <http://www.dip.inpe.br/gilberto/publicações> (consulta em outubro 2003).

Nishyama, L. (1998) – *Procedimentos de Mapeamento Geotécnico com Base para Análise e Avaliações Ambientais do Meio Físico, em Escala 1:100.000. Aplicados ao Município de Uberlândia*. Tese (Doutorado). São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Oliveira, W., Gama, A, Igor, A Cedraz, B. (1999) – Lógica Fuzzy. Notas de Álgebra. <http://www.led.ufba.br/algebra1a/trab6/aplicacoes.html>.

Or, D., Bisher, B., Hubscher, R.A., Wratin, J. (1998) – WinTDR98 Software V4.0. User Guide. *On-line Manual-format PDF*, Plant Soil & Biometeorology, Utha State University, 76 p.

Pejon. O. J. (1992) – *Mapeamento Geotécnico da Folha Piracicaba (SP). Estudo de Aspectos Metodológicos de caracterização e de Apresentação de Atributos*. Tese (Doutorado). São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Polette *et al.* (2000). Gerenciamento costeiro integrado e gerenciamento de recursos hídricos: Como compatibilizar tal desafio. *In* Munoz, Hector Raúl (org.). Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos.

Prochnow, M.C.R. (1990). *Análise ambiental da sub-bacia do Rio Piracicaba: subsídio ao planejamento e manejo. Rio Claro, SP*. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP.

Ross, J.L. S; Del Petre, M.E. (1998) – Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. *In: Revista do Departamento de Geografia*, n. 12, p. 89-121.

Saaty, T. L. (1980) – *The analytic hierarchy process*. New York, McGraw – Hill,

Salati, E. (1996). *Diagnóstico ambiental sintético de qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (SP)*. Tese (Doutorado). Escola de engenharia de São Carlos. EESC/USP.

Salomão, F.X.T. & Iwasa, O.Y. (1995). Erosão e a ocupação rural e urbana. . In: BITAR, O.Y., coord. *Curso de geologia aplicada ao ambiente*. São Paulo, ABGE/IPT. P. 31-57.

Santos, R. F. (2004) – *Planejamento Ambiental – Teoria e Prática*. São Paulo. Oficina de Textos. 184p.

Saraiva, R. M. (1995) - *Mapeamento Geotécnico da folha de Socorro com base na análise das formas de relevo (Landforms)*. Dissertação (Mestrado): EESC/USP, São Carlos, SP, 2v.

Saraiva, G. J. P. (2000) – Lógica Fuzzy. *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*. Rio de Janeiro. V XII, N 3

Seager, J; Jones, F; Rutt, G. (1992). Assessment and control of farm pollution. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, v.6, p.48-54.

Silveira, A.L.L. da. (1993). Ciclo hidrológico e bacias hidrográficas. IN: TUCCI, C. E. M. org. *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. ABRH. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul. p.35-52.

Simões, S. J. C. (1997) - A dinâmica dos sistemas e a caracterização de geoindicadores. In: MARTOS, H. L. & MAIA, N. B. (coords) – *Indicadores Ambientais*. Sorocaba, Departamento de Ciências Ambientais/PUC, p. 59-70.

Sobreira, F. G. (1995) - *Estudo Geoambiental do Conselho de Sesimbra* - Tese (Doutorado), Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 347p.

Souza, I. S. T. de; MEDINA, A. I. M. (1997) – Manejo Integrado de Sub-bacias Hidrográficas. *Revista Águas/CPRM*. 1(1):59-66.

Sui, D. Z. (1992) - A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban Land Evolution. *Computer Environment and Urban Systems*. Vol. 16, nº2, pp. 101-115.

Stolf, R., Fernandes, J. E Furlani Neto, V. L. (1983) – Recomendação para Uso do Penetrômetro de Impacto. Modelo IAA/Planasucar – Stolf. *Revista Brasileira STBA – Açúcar, Alcool e subprodutos*, v. 1, n. 3.

Teixeira, A *et. al.* (1992) – Sistemas de informação geográfica: revisão e comentários. *In: Boletim de Geografia Teórica*, 21 (41): 135-147.

Topp G.C.; Davis, J.L. & Annan, A.P. Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. *Water Resour. Res.* 16:574-582, 1980.

Tommasi, L.R. (1994). Estudo de impacto ambiental. São Paulo, *CETESB*: terra-graph artes e informática. 354p.

Troppmair, H. (1997) – Avaliação de Impactos Ambientais pela Alteração da Cobertura Vegetal. *In:*

Unitde Nations Comission on Sustainable Development – (UNCSD) – 1996. Global Environment Outlook 1. <http://www.grid.no/geo1>.

Vaz, C. M. P & Hopmans, J. W (2001) – Simutaneous Mesurament of Soil Strenght and Water Content with a Combined Penetrometer-Moisture Probe. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*. 65 (1), pag. 4-12.

Vaz, C. M. P , Bassoi, L. H. Hopmans, J. W (2001) – Contribution of Water content and Bulk Density to Field Soil Penetration Resistance as Measured by a Comned Cone Penetrometer_TDR Probe. *Soil & Tillage Research*, v 60, pag. 35-42.

Zadeh, L. A (1972) – Fuzzy-set theoretic interpretation of linguistic hedges. *Journal of Cybernetics*. V. 2, n. 3, p. 4-34.

Zadeh, L. A & Jamshidi (1997) – Applications of Fuzzy Logic: Towards High Machine Intelligence Quotient Systems. *Series on Environmental and Intelligent Manufacturing*. Prentice Hall.

Zimmermann, H. J.(1987) - *Fuzzy sets, decision making, and expert systems*. Boston, Kluwer Academic Publishers. 335 p.

Zuquette, L. V. (1997) – *Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta metodológica para as Condições Brasileiras*. Tese (Doutorado). São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Zuquette, L. V. (1993) *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico; fundamentos e guia para elaboração*. São Carlos. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2v. 330p.

APENCIE A
Rotinas de Programação em Linguagem LEGAL

Programa LEGAL 1 – Programa de espacialização contínua da declividade entre 1 e 4.

```
{// Programa para espacialização da declividade

// declaração
Numerico result ("Declividade-Fuzzy"), dec ("Declividade-MNT");

// instanciãõ
dec = Recuperere (Nome = "Dec_Grade_Porc");
result = Novo (Nome = "Dec_Fuzzy4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);

// operação
result = ((dec > 5 && dec <45) ? (dec*0.075) + 0.625:
(dec <= 5) ? (dec*0) + 1:
(dec >= 45) ? (dec*0) + 4:
Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 2 – Programa de espacialização contínua da densidade de drenagem entre 1 e 4.

```
{// Programa para espacialização da Densidade de Drenagem

// declaração
Numerico result ("RedeRio-Fuzzy"), dist ("Drenagem-MNT");

// instanciãõ
dist = Recuperere (Nome = "Dren_Grade");
result = Novo (Nome = "Drebuffer4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);

// operação
result = ((dist < 300) ? (dist*-0.01) + 4:
(dist >= 300) ? (dist*0) + 1:
Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 3 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Granito porfírico entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Grp
// declaração
Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist1, dist2 ("Substrato-MNT");

// instanciãõ
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist1 = Recuperere (Nome = "Grp1-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Grp2-grade");
result = Novo (Nome = "Grp-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);

// operação
result = ((dist1 < 200 && sub == "Grp") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
(dist1 < 200 && sub == "N-Grp1") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
(dist1 < 100 && sub == "N-Grp2") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
(dist2 < 400 && sub == "Grp") ? (dist2*0.00125) + 0.5:
(dist2 < 200 && sub == "NGrp1") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
(sub == "Grp" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
(sub == "Grp" && dist2 >= 400) ? Digital (1):
(sub == " N-Grp1" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
(sub == " N-Grp2" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
(sub == " N-Grp1" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 4 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Granito cataclasado entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua de Re-Grc
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("Matin-Fuzzy"), dist ("MatGrc-MNT");

// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist = Recuperere (Nome = "Grc-grade");
result = Novo (Nome = "Grc-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);

// operação
result = ((dist < 100 && inc == "Grc") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 100 && inc == "N-Grc") ? (dist*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Grc" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Grc" && dist >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 5 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Granito-gnaisse entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Gr-Gn
// declaração
  Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
  Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist ("Substrato-MNT");

// instanciamento
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist = Recuperere (Nome = "GrGn-grade");
result = Novo (Nome = "GrGn-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);

// operação
result = ((dist < 100 && sub == "GrGn") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 200 && sub == "N-GrGn1") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (dist < 200 && sub == "N-GrGn2") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (sub == "GrGn" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (sub == " N-GrGn1" && dist >= 200) ? Digital (0):
  (sub == " N-GrGn2" && dist >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 7 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Gnaisse intercalados com rochas básicas entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Gnb
// declaração
  Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
  Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist1, dist2 ("Substrato-MNT");
// instanciação
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnb1-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnb2-grade");
result = Novo (Nome = "Gnb-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && sub == "Gnb1") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && sub == "Gnb2") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && sub == "N-Gnb1") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && sub == "N-Gnb2") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "Gnb1") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "Gnb2") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "N-Gnb1") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "N-Gnb3") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (sub == "Gnb1" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (sub == "Gnb1" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (sub == "Gnb2" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (sub == "Gnb2" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (sub == "N-Gnb1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (sub == "N-Gnb2" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (sub == "N-Gnb2" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (sub == "N-Gnb1" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (sub == "N-Gnb3" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 8 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Gnaisse intercalados com quartzitos entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Gnq
// declaração
  Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
  Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist1, dist2 ("Substrato-MNT");
// instanciação
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnq1-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnq2-grade");
result = Novo (Nome = "Gnq-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && sub == "Gnq2") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && sub == "Gnq1") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && sub == "N-Gnq1") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "Gnq1") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "N-Gnq1") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (sub == "Gnq2" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (sub == "Gnq1" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (sub == "Gnq1" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (sub == "N-Gnq1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (sub == "N-Gnq1" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 9 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso entre Migmatitos 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Mig
// declaração
  Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
  Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist1, dist2 ("Substrato-MNT");
// instanciação
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist1 = Recuperere (Nome = "Mig1-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Mig2-grade");
result = Novo (Nome = "Mig-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 400 && sub == "Mig3") ? (dist1*0.00125) + 0.5:
  (dist1 < 200 && sub == "N-Mig3") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 100 && sub == "Mig1") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && sub == "N-Mig1") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "Mig3") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "Mig2") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "N-Mig3") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && sub == "N-Mig4") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (sub == "Mig3" && dist1 >= 400) ? Digital (1) :
  (sub == "Mig1" && dist1 >= 100) ? Digital (1) :
  (sub == "Mig2" && dist2 >= 200) ? Digital (1) :
  (sub == "N-Mig1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (sub == "N-Mig3" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (sub == "N-Mig2" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (sub == "N-Mig4" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 10 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Quartzitos entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Qtz
// declaração
  Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
  Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("Substrato-MNT");
// instanciação
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist1 = Recuperere (Nome = "Qtz1-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Qtz2-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Qtz3-grade");
result = Novo (Nome = "Qtz-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && sub == "Qtz2") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && sub == "N-Qtz2") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "Qtz1") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "Qtz2") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "N-Qtz1") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "N-Qtz2") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && sub == "N-Qtz1") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist3 == 0 && sub == "Qtz3") ? (dist3*1) + 1:
  (sub == "Qtz3" && dist3 > 0) ? Digital (1):
  (sub == "Qtz2" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (sub == "Qtz2" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (sub == "Qtz1" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (sub == "N-Qtz1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (sub == "N-Qtz2" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (sub == "N-Qtz2" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 11 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Blastomilonitos entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Utm
// declaração
  Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
  Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist ("Substrato-MNT");
// instanciação
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist1 = Recuperere (Nome = "Btm-grade1");
dist2 = Recuperere (Nome = "Btm-grade2");
result = Novo (Nome = "Btm-F", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && sub == "Btm") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist < 400 && sub == "N-Btm1") ? (dist1*-0.00125) + 0.5:
  (dist2 < 250 && sub == "Btm") ? (dist2*0.002) + 0.5:
  (dist2 < 200 && sub == "N-Btm2") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (sub == "Utm" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (sub == "Utm" && dist2 >= 250) ? Digital (1):
  (sub == "N-Btm1" && dist1 >= 400) ? Digital (0):
  (sub == "N-Btm2" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 12 – Programa de espacialização contínua de unidade de substrato rochoso Utramilonitos entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua do contato Btm
// declaração
  Tematico sub ("Substrato-Rochoso");
  Numerico result ("Substrato-Fuzzy"), dist ("Substrato-MNT");
// instanciação
sub = Recuperere (Nome = "Sub-classes");
dist = Recuperere (Nome = "Utm-grade");
result = Novo (Nome = "Utm-F", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 200 && sub == "Utm") ? (dist*0.0025) + 0.5:
  (dist < 200 && sub == "N-Utm1") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (dist < 250 && sub == "N-Utm2") ? (dist*-0.002) + 0.5:
  (sub == "Utm" && dist >= 200) ? Digital (1):
  (sub == "N-Utm1" && dist >= 200) ? Digital (0):
  (sub == "N-Utm2" && dist >= 250) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 13 – Programa de espacialização contínua de unidade material inconsolidado Aluvião entre 0 e 1.

```
{// Programa para espacialização contínua de Re-Al
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatAl-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades4");
dist = Recuperere (Nome = "Al-grade");
result = Novo (Nome = "RAL-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist == 0 && inc == "Al") ? (dist*1) + 1:
  (inc == "Al" && dist > 0) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist > 0) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 14 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Retrabalhados 1entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Retrab1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatRetrb-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades4");
dist = Recuperere (Nome = "Retab1-grade");
result = Novo (Nome = "Retrab1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist == 0 && inc == "Retrb1") ? (dist*1) + 1:
  (inc == "Retrb1" && dist > 0) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist > 0) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 15 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Retrabalhados 2entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Retrab2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatRetrb-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades4");
dist = Recuperere (Nome = "Retrab2-grade");
result = Novo (Nome = "Retrab2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist == 0 && inc == "Retrb2") ? (dist*1) + 1:
  (inc == "Retrb2" && dist > 0) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist > 0) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 16 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Blastomilonitos1entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Btm1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatBtm-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperere (Nome = "Btm1a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Btm1b-grade");
result = Novo (Nome = "RBtm1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Btm1") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 400 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.00125) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Btm1") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == " N-Unidade ") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Btm1" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Btm1" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 400) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade " && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 17 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Blastomilonitos2entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Btm2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatBtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperere (Nome = "Btm2a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Btm2b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Btm2c-grade");
result = Novo (Nome = "RBtm2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Btm2") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 400 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.00125) + 0.5:
  (dist2 < 250 && inc == "Btm2") ? (dist2*0.002) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == " N-Unidade 2") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Btm2") ? (dist3*0.005) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == " N-Unidade ") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == " N-Unidade1 ") ? (dist3*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Btm2" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Btm2" && dist2 >= 250) ? Digital (1):
  (inc == "Btm2" && dist3 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 400) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade " && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade " && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade 1" && dist3 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 18 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Blastomilonitos 3entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Btm3
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatBtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperere (Nome = "Btm3a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Btm3b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Btm3c-grade");
result = Novo (Nome = "RBtm3-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Btm3") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 400 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.00125) + 0.5:
  (dist2 < 250 && inc == "Btm3") ? (dist2*0.002) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == " N-Unidade ") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Btm3") ? (dist3*0.01) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == " N-Unidade ") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == " N-Unidade1 ") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Btm3" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Btm3" && dist2 >= 250) ? Digital (1):
  (inc == "Btm3" && dist3 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 400) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade " && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade " && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade 1" && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 20 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Blastomilonitos 4entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Btm4
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatBtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperare (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperare (Nome = "Btm4a-grade");
dist2 = Recuperare (Nome = "Btm4b-grade");
result = Novo (Nome = "RBtm4-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Btm4") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "N-Unidade1") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "N-unidade2") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 250 && inc == "Btm4") ? (dist2*0.002) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-unidade2") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Btm4" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Btm4" && dist2 >= 250) ? Digital (1):
  (inc == " N-Unidade1" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade2" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade2" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 21 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Blastomilonitos 5entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Btm5
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatBtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperare (Nome = "Unidades2");
dist = Recuperare (Nome = "Btm5-grade");
result = Novo (Nome = "RBtm5-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 250 && inc == "Btm5") ? (dist*0.002) + 0.5:
  (dist < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Btm5" && dist >= 250) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 22 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnb1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatGnb-MNT");
// instancição
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist = Recuperere (Nome = "Gnb1-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 100 && inc == "Gnb1") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.005) + 0.5:
  (dist < 200 && inc == "N-Unidade2") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (dist < 50 && inc == "Gnb3") ? (dist*-0.01) + 0.5:
  (dist < 50 && inc == "Gnb2") ? (dist*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Gnb1" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (inc == " N-Unidade " && dist >= 100) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade 2" && dist >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb3" && dist >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb2" && dist >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 23 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 2entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnb2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnb-MNT");
// instancição
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnb2a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnb2b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Gnb2") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "N-Unidade1") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "N-Unidade2") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Gnb2") ? (dist2*0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnb1") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnb2" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb2" && dist2 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade2" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb1" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 24 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 3entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnb3
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatGnb-MNT");
// instancição
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnb3a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnb3b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Gnb3c-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb3-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Gnb3") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnb6") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Gnb1") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Gnb3") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Gnb3") ? (dist3*0.005) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Gnb4") ? (dist3*-0.01) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnb3" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb3" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb3" && dist3 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb6" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb4" && dist3 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 25 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 4entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnb4
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnb-MNT");
// instancição
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnb4a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnb4b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb4-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Gnb4") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Gnb3") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Gnb5") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnb6") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Gnb4") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Gnb4" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb4" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb3" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb5" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb6" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 26 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 5 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnb5
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnb-MNT");
// instancição
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnb5a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnb5b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb5-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Gnb5") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnb6") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnb4") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Gnb5") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Gnb5" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb5" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb4" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb6" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 27 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 6 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnb6
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnb-MNT");
// instancição
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnb6a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnb6b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb6-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Gnb6") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnb3") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnb4") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Gnb5") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnb6") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade1") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnb7") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnb6" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb6" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb3" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb4" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb5" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb7" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 28 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 7 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnb7
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnb-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperare (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperare (Nome = "Gnb7a-grade");
dist2 = Recuperare (Nome = "Gnb7b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb7-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Gnb7") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Gnb6") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Gnb7") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Gnb7" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb7" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb6" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 29 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados com rochas básicas 8 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Gnb8
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatGnb-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperare (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperare (Nome = "Gnb8a-grade");
dist2 = Recuperare (Nome = "Gnb8b-grade");
dist3 = Recuperare (Nome = "Gnb8c-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb8-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Gnb8") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnb10") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Gnb8") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Gnb8") ? (dist3*0.01) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Gnb9") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Gnb11") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnb8" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb8" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb8" && dist3 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb10" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb9" && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb11" && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 30 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaiss intercalados com rochas básicas 9 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Gnb9
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnb-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperar (Nome = "Gnb9a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Gnb9b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb9-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Gnb9") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnb9") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Gnb8") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Gnb9" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb9" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb8" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 31 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaiss intercalados com rochas básicas 10 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Gnb10
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnb-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperar (Nome = "Gnb10a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Gnb10b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb10-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Gnb10") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Gnb10") ? (dist2*0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnb8") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnb11") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnb10" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb10" && dist2 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb8" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb11" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb9") ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 32 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaiss intercalados com rochas básicas 1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Gnb11
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatGnb-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades2");
dist = Recuperar (Nome = "Gnb11-grade");
result = Novo (Nome = "RGnb11-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 100 && inc == "Gnb11") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 50 && inc == "Gnb8") ? (dist*-0.01) + 0.5:
  (dist < 50 && inc == "Gnb10") ? (dist*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Gnb11" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnb8" && dist >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Gnb10" && dist >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 33 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaiss intercalados quartzitos 1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnq1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnq-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperar (Nome = "Gnq1a-grde");
dist2 = Recuperar (Nome = "Gnq1b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnq1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Gnq1") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Gnq2") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnq1") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnq1" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq1" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq2" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 34 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados quartzitos 2 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnq2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnq-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnq2a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnq2b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnq2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Gnq2") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Gnq1") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnq2") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnq2" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq2" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 35 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados quartzitos 3 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnq3
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1 ("MatGnq-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist = Recuperere (Nome = "Gnq3-grade");
result = Novo (Nome = "RGnq3-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 100 && inc == "Gnq3") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.005) + 0.5:
  (dist < 50 && inc == "Gnq4") ? (dist*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Gnq3" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Gnq4" && dist >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 36 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados quartzitos 4 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnq4
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatGnq-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnq4a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnq4b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Gnq4c-grade");
result = Novo (Nome = "RGnq4-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Gnq4") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Gnq3") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Gnq4") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist3 < 200 && inc == "Gnq4") ? (dist3*0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist3*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Gnq4" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq4" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq4" && dist3 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq3" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist3 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 37 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Gnaisse intercalados quartzitos 5 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Gnq5
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGnq-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Gnq5a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Gnq5b-grade");
result = Novo (Nome = "RGnq5-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Gnq5") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Gnq5a") ? (dist2*0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Gnq5" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Gnq5a" && dist2 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 38 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granitos cataclasados entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua de Re-Grc
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatGrc-MNT");
// instanciação
inc = Recuperar (Nome = "Unidades1");
dist = Recuperar (Nome = "Grc-grade");
result = Novo (Nome = "Grc-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 100 && inc == "Grc") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Grc" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 39 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granito-gnaisses 1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-GrGn1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatGrGn-MNT");
// instanciação
inc = Recuperar (Nome = "Unidades3");
dist = Recuperar (Nome = "GrGn1-grade");
result = Novo (Nome = "RGrGn1-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 100 && inc == "GrGn1") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "GrGn1" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 40 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granito-gnaisses 2 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-GrGn2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatGrGn-MNT");
// instanciação
inc = Recuperar (Nome = "Unidades3");
dist = Recuperar (Nome = "GrGn2-grade");
result = Novo (Nome = "RGrGn2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 100 && inc == "GrGn2") ? (dist*0.005) + 0.5:
  (dist < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "GrGn2" && dist >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 41 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granito porfíricos 1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Grp1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3, dist4 ("MatGrp-MNT");
// instanciação
inc = Recuperar (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperar (Nome = "Grp1a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Grp1b-grade");
dist3 = Recuperar (Nome = "Grp1c-grade");
dist4 = Recuperar (Nome = "Grp1d-grade");
result = Novo (Nome = "RGrp1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 400 && inc == "Grp1") ? (dist1*0.00125) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Grp1") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Grp1") ? (dist3*0.01) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Grp2") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (dist4 < 100 && inc == "Grp1") ? (dist4*0.005) + 0.5:
  (dist4 < 50 && inc == "Grp3") ? (dist4*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Grp1" && dist1 >= 400) ? Digital (1):
  (inc == "Grp1" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Grp1" && dist3 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Grp1" && dist4 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Grp2" && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Grp3" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 42 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granito porfíricos 2 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Grp2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2("MatGrp-MNT");
// instanciação
inc = Recuperar (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperar (Nome = "Grp2a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Grp2b-grade");
result = Novo (Nome = "RGrp2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Grp2") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Grp2") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Grp1") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Grp3") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Grp2" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Grp2" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Grp1" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Grp3" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 43 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granito porfíricos 3entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Grp3
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2("MatGrp-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperere (Nome = "Grp3a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Grp3b-grade");
result = Novo (Nome = "RGrp3-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Grp3") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Grp2") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Grp1") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Grp4") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Grp3") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Grp3" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Grp3" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Grp2" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Grp1" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Grp4" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 44 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granito porfíricos 4 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Grp4
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatGrp-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperere (Nome = "Grp4a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Grp4b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Grp4c-grade");
result = Novo (Nome = "RGrp4-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Grp4") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Grp4") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Grp3") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Grp4") ? (dist3*0.01) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Grp5") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Grp4" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Grp4" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Grp4" && dist3 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Grp3" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Grp5" && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 45 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Granito porfíricos 5 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Grp5
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatGrp-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperar (Nome = "Grp5a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Grp5b-grade");
result = Novo (Nome = "RGrp5-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Grp5") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Grp4") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Grp5") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Undade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Grp5" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Grp5" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Grp4" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Undade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 46 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatMig-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperar (Nome = "Mig1a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Mig1b-grade");
result = Novo (Nome = "RMig1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Mig1") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-undade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig1") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Undade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "N-Undade2") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Mig1" && dist1 > 200) ? Digital (1):
  (inc == "Mig1" && dist2 > 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Undade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "N-Undade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Undade2" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 47 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 2 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatMig-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperar (Nome = "Mig2a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Mig2b-grade");
dist3 = Recuperar (Nome = "Mig2c-grade");
result = Novo (Nome = "RMig2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Mig2") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig2") ? (dist2*0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig1") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig3") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist3 < 200 && inc == "Mig2") ? (dist3*0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist3*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Mig2" && dist1 > 100) ? Digital (1):
  (inc == "Mig2" && dist2 > 50) ? Digital (1):
  (inc == "Mig2" && dist3 > 200) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Mig1" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Mig3" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist3 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 47 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 3 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig3
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatMig-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperar (Nome = "Mig3a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Mig3b-grade");
dist3 = Recuperar (Nome = "Mig3c-grade");
result = Novo (Nome = "RMig3-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Mig3") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig3") ? (dist2*0.01) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Mig2") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Mig3") ? (dist3*0.01) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Mig4") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Mig3" && dist1 > 200) ? Digital (1):
  (inc == "Mig3" && dist2 > 100) ? Digital (1):
  (inc == "Mig3" && dist3 > 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Mig2" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Mig4" && dist3 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 48 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 4 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig4
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatMig-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Mig4a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Mig4b-grade");
result = Novo (Nome = "RMig4-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Mig4") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig4") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Mig3") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Mig5") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Mig4" && dist1 > 200) ? Digital (1):
  (inc == "Mig4" && dist2 > 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Mig3" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Mig5" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 50 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 5 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig5
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatMig-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Mig5a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Mig5b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Mig5c-grade");
result = Novo (Nome = "RMig5-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Mig5") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Mig4") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Mig5") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Mig5") ? (dist3*0.005) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist3*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Mig5" && dist1 > 50) ? Digital (1):
  (inc == "Mig5" && dist2 > 200) ? Digital (1):
  (inc == "Mig5" && dist3 > 100) ? Digital (1):
  (inc == "Mig4" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 51 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 6 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig6
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatMig-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades3");
dist = Recuperere (Nome = "Mig6-grade");
result = Novo (Nome = "RMig6-f", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 50 && inc == "Mig6") ? (dist*0.01) + 0.5:
  (dist < 100 && inc == "Mig7") ? (dist*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Mig6" && dist >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Mig7" && dist >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 52 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 7 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig7
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3 ("MatMig-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperere (Nome = "Mig7a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Mig7b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Mig7c-grade");
result = Novo (Nome = "RMig7-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 400 && inc == "Mig7") ? (dist1*0.00125) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Mig7") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "n-Unidade") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade1") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Mig7") ? (dist3*0.005) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Mig6") ? (dist3*-0.01) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Mig8") ? (dist3*-0.01) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Mig9") ? (dist3*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Mig7" && dist1 >= 400) ? Digital (1):
  (inc == "Mig7" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Mig7" && dist3 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade 1" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == " N-Unidade " && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Mig6" && dist3 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Mig8" && dist3 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Mig9" && dist3 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 53 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 8 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig8
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2, dist3, dist4 ("MatMig-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperere (Nome = "Mig8a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Mig8b-grade");
dist3 = Recuperere (Nome = "Mig8c-grade");
dist4 = Recuperere (Nome = "Mig8d-grade");
result = Novo (Nome = "RMig8-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 400 && inc == "Mig8") ? (dist1*0.00125) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Mig8") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "N-Unidade ") ? (dist2*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "N-Unidade1") ? (dist3*0.005) + 0.5:
  (dist3 < 100 && inc == "Mig8") ? (dist3*0.005) + 0.5:
  (dist3 < 50 && inc == "Mig9") ? (dist3*-0.01) + 0.5:
  (dist4 < 50 && inc == "Mig8") ? (dist4*0.01) + 0.5:
  (dist4 < 100 && inc == "Mig7") ? (dist4*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Mig8" && dist1 >= 400) ? Digital (1):
  (inc == "Mig8" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Mig8" && dist3 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Mig8" && dist4 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade" && dist2 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade1" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Mig9" && dist3 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Mig7" && dist4 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 54 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Migmatitos 9 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Mig9
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2("MatMig-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades3");
dist1 = Recuperere (Nome = "Mig9a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Mig9b-grade");
result = Novo (Nome = "RMig9-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Mig9") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Mig9") ? (dist2*0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig8") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Mig7") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Mig9" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Mig9" && dist2 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "Mig8" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "Mig7" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 55 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Quartzitos1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Qtz1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatQtz-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist1 = Recuperere (Nome = "Qtz1a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Qtz1b-grade");
result = Novo (Nome = "RQtz1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Qtz1") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
(dist1 < 200 && inc == "N-unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
(dist2 < 200 && inc == "Qtz1") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
(dist2 < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
(inc == "Qtz1" && dist1 > 200) ? Digital (1):
(inc == "Qtz1" && dist2 > 200) ? Digital (1):
(inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
(inc == "N-Unidade" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 56 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Quartzitos 2 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Qtz2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatQtz-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades1");
dist = Recuperere (Nome = "Qtz2a-grade");
result = Novo (Nome = "RQtz2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 100 && inc == "Qtz2") ? (dist*0.005) + 0.5:
(dist < 100 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.005) + 0.5:
(inc == "Qtz2" && dist > 100) ? Digital (1):
(inc == "N-Unidade" && dist >= 100) ? Digital (0):
Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 57 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Quartzitos 2a entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Qtz2a
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatQtz-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist = Recuperere (Nome = "Qtz2b-grade");
result = Novo (Nome = "RQtz2a-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 200 && inc == "Qtz2a") ? (dist*0.0025) + 0.5:
(dist < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
(inc == "Qtz2a" && dist >= 200) ? Digital (1):
(inc == "N-Unidade" && dist >= 200) ? Digital (0):
Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 58 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Quartzitos 3 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Qtz3
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatQtz-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades2");
dist = Recuperar (Nome = "Qtz3-grade");
result = Novo (Nome = "RQtz3-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist >= 0 && inc == "Qtz3") ? (dist*1) + 1:
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 59 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Ultramilonitos 1 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Utm1
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatUtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades2");
dist = Recuperar (Nome = "Utm1-grade");
result = Novo (Nome = "RUtm1-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 50 && inc == "Utm1") ? (dist*0.01) + 0.5:
  (dist < 100 && inc == "Utm3") ? (dist*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Utm1" && dist >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Utm3" && dist >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 60 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Ultramilonitos 2 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Utm2
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatUtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperar (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperar (Nome = "Utm2a-grade");
dist2 = Recuperar (Nome = "Utm2b-grade");
result = Novo (Nome = "RUtm2-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 50 && inc == "Utm2") ? (dist1*0.01) + 0.5:
  (dist1 < 100 && inc == "Utm3") ? (dist1*-0.005) + 0.5:
  (dist2 < 200 && inc == "Utm2") ? (dist2*0.0025) + 0.5:
  (dist2 < 250 && inc == "N-unidade") ? (dist2*-0.002) + 0.5:
  (inc == "Utm2" && dist1 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "Utm2" && dist2 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Utm3" && dist1 >= 100) ? Digital (0):
  (inc == "n-Unidade" && dist2 >= 250) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 61 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Ultramilonitos 3 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Utm3
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatUtm-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperere (Nome = "Utm3a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Utm3b-grade");
result = Novo (Nome = "RUtm3-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Utm3") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 200 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 250 && inc == "N-Unidade1") ? (dist1*-0.002) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Utm3") ? (dist2*0.005) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Utm1") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Utm2") ? (dist2*-0.01) + 0.5:
  (inc == "Utm3" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Utm3" && dist2 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 200) ? Digital (0):
  (inc == "N-Unidade1" && dist1 >= 250) ? Digital (0):
  (inc == "Utm1" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  (inc == "Utm2" && dist2 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 62 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Ultramilonitos 4 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Utm4
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatUtm-MNT");
// instanciação
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperere (Nome = "Utm4a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Utm4b-grade");
result = Novo (Nome = "RUtm4-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 100 && inc == "Utm4") ? (dist1*0.005) + 0.5:
  (dist1 < 50 && inc == "Utm5") ? (dist1*-0.01) + 0.5:
  (dist2 == 0 && inc == "Utm4") ? (dist2*1):
  (inc == "Utm4" && dist1 >= 100) ? Digital (1):
  (inc == "Utm4" && dist2 > 0) ? Digital (1):
  (inc == "Utm5" && dist1 >= 50) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 63 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Ultramilonitos 5 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Utm5
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist1, dist2 ("MatUtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist1 = Recuperere (Nome = "Utm5a-grade");
dist2 = Recuperere (Nome = "Utm5b-grade");
result = Novo (Nome = "RUtm5-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist1 < 200 && inc == "Utm5") ? (dist1*0.0025) + 0.5:
  (dist1 < 250 && inc == "N-Unidade") ? (dist1*-0.002) + 0.5:
  (dist2 < 50 && inc == "Utm5") ? (dist2*0.01) + 0.5:
  (dist2 < 100 && inc == "Utm4") ? (dist2*-0.005) + 0.5:
  (inc == "Utm5" && dist1 >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "Utm5" && dist2 >= 50) ? Digital (1):
  (inc == "N-Unidade" && dist1 >= 250) ? Digital (0):
  (inc == "Utm4" && dist2 >= 100) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 64 – Programa de especialização contínua de unidade material
inconsolidado Ultramilonitos 6 entre 0 e 1.

```
{// Programa para especialização contínua Re-Utm6
// declaração
  Tematico inc ("Materiais-Inco");
  Numerico result ("MatIn-Fuzzy"), dist ("MatUtm-MNT");
// instanciamento
inc = Recuperere (Nome = "Unidades2");
dist = Recuperere (Nome = "Utm6-grade");
result = Novo (Nome = "RUtm6-fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((dist < 200 && inc == "Utm6") ? (dist*0.0025) + 0.5:
  (dist < 200 && inc == "N_Unidade") ? (dist*-0.0025) + 0.5:
  (inc == "Utm6" && dist >= 200) ? Digital (1):
  (inc == "N_Unidade" && dist >= 200) ? Digital (0):
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 65 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados
com baixo potencial ao escoamento, quanto ao aspecto gênese e textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Escoamento Supeficial - Atributo
Gênese/Textura - casse baixa
// declaração
Numerico var1, var2 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciamento
var1 = Recuperere (Nome="Retrab2-fuzzy");
var2 = Recuperere (Nome="RAL-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_GT1a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var1 + 1*var2;
}
```

Programa LEGAL 66 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com médio potencial ao escoamento, quanto ao aspecto gênese e textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Escoamento Supeficial - Atributo
Gênese/Textura – classe média
// declaração
Numerico var3, var4, var5, var6, var7 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciãõ
var3 = Recupere (Nome="RBtm1-fuzzy");
var4 = Recupere (Nome="RUtm4-fuzzy");
var5 = Recupere (Nome="RGnb8-fuzzy");
var6 = Recupere (Nome="RGnb10-fuzzy");
var7 = Recupere (Nome="RQtz1-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_GT2a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operãõ
result = 2*var3 + 2*var4 + 2*var5 + 2*var6 + 2*var7;
}
```

Programa LEGAL 67 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com alto potencial ao escoamento, quanto ao aspecto gênese e textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Escoamento Supeficial - Atributo
Gênese/Textura – classe alta
// declaração
Numerico var8, var9, var10, var11, var12, var13, var14, var15, var16, var17, var18, var19, var20 ("MatIn-
Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciãõ
var8 = Recupere (Nome="Retrab1-fuzzy");
var9 = Recupere (Nome="Grc-fuzzy");
var10 = Recupere (Nome="RGrp3-fuzzy");
var11 = Recupere (Nome="RGrGn2-fuzzy");
var12 = Recupere (Nome="RGnq1-fuzzy");
var13 = Recupere (Nome="RGnq2-fuzzy");
var14 = Recupere (Nome="RGnq3-fuzzy");
var15 = Recupere (Nome="RGnq4-fuzzy");
var16 = Recupere (Nome="RGnq5-fuzzy");
var17 = Recupere (Nome="RMig1-fuzzy");
var18 = Recupere (Nome="RMig3-fuzzy");
var19 = Recupere (Nome="RMig4-fuzzy");
var20 = Recupere (Nome="RMig9-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_GT3a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operãõ
result = 3*var8 + 3* var9 + 3*var10 + 3*var11 + 3*var12 + 3*var13 + 3*var14 + 3*var15 + 3*var16 +
3*var17 + 3*var18 + 3*var19 + 3*var20;
}
```

Programa LEGAL 68 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com alto potencial ao escoamento, quanto ao aspecto gênese e textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Escoamento Supeficial - Atributo
Gênese/Textura – classe alta
// declaração
Numerico var21, var22, var23, var24, var25, var26, var27, var28, var29, var30, var31, var32, var33 ("MatIn-
Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var21 = Recupere (Nome="RGnb3-fuzzy");
var22 = Recupere (Nome="RGnb4-fuzzy");
var23 = Recupere (Nome="RGnb5-fuzzy");
var24 = Recupere (Nome="RGnb6-fuzzy");
var25 = Recupere (Nome="RGnb7-fuzzy");
var26 = Recupere (Nome="RUtm1-fuzzy");
var27 = Recupere (Nome="RUtm2-fuzzy");
var28 = Recupere (Nome="RUtm5-fuzzy");
var29 = Recupere (Nome="RUtm6-fuzzy");
var30 = Recupere (Nome="RBtm2-fuzzy");
var31 = Recupere (Nome="RBtm3-fuzzy");
var32 = Recupere (Nome="RBtm4-fuzzy");
var33 = Recupere (Nome="RBtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_GT3b", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var21 + 3*var22 + 3*var23 + 3*var24 + 3*var25 + 3*var26 + 3*var27 + 3*var28 + 3*var29 +
3*var30 + 3*var31 + 3*var32 + 3*var33;
}
```

Programa LEGAL 68 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com muito alto potencial ao escoamento, quanto ao aspecto gênese e textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Escoamento Supeficial - Atributo
Gênese/Textura – Classe muito alta
// declaração
Numerico var34, var35, var36, var37, var38, var39, var40, var41, var42, var43, var44, var45, var46, var47,
var48, var49, var50, var51 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var34 = Recupere (Nome="RUtm3-fuzzy");
var35 = Recupere (Nome="RGnb1-fuzzy");
var36 = Recupere (Nome="RGnb2-fuzzy");
var37 = Recupere (Nome="RGnb9-fuzzy");
var38 = Recupere (Nome="RGnb11-fuzzy");
var39 = Recupere (Nome="RMig2-fuzzy");
var40 = Recupere (Nome="RMig5-fuzzy");
var41 = Recupere (Nome="RMig6-fuzzy");
var42 = Recupere (Nome="RMig7-fuzzy");
var43 = Recupere (Nome="RMig8-fuzzy");
var44 = Recupere (Nome="RGrp1-fuzzy");
var45 = Recupere (Nome="RGrp2-fuzzy");
var46 = Recupere (Nome="RGrp4-fuzzy");
var47 = Recupere (Nome="RGrp5-fuzzy");
var48 = Recupere (Nome="RGrGn1-fuzzy");
var49 = Recupere (Nome="RQtz2-fuzzy");
var50 = Recupere (Nome="RQtz2a-fuzzy");
var51 = Recupere (Nome="RQtz3-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_GT4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 4*var34 + 4*var35 + 4*var36 + 4*var37 + 4*var38 + 4*var39 + 4*var40 + 4*var41 + 4*var42 +
4*var43 + 4*var44 + 4*var45 + 4*var46 + 4*var47 + 4*var48 + 4*var49 + 4*var50 + 4*var51;
}
```

Programa LEGAL 69 – Programa somatória de unidades de materiais inconsistentes para obtenção de superfície contínua, quanto ao aspecto gênese e textura.

```
{// Programa em LEGAL de somatória das Materiais Inconsistentes - Escoamento Supeficial - Atributo
Genese/Textura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5 ("MatIn-Escoamento"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var1 = Recupere (Nome="MatIn_Es_GT1a");
var2 = Recupere (Nome="MatIn_Es_GT2a");
var3 = Recupere (Nome="MatIn_Es_GT3a");
var4 = Recupere (Nome="MatIn_Es_GT3b");
var5 = Recupere (Nome="MatIn_Es_GT4a");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_GTTot", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 + var2 + var3 + var4 + var5;
}
```

Programa LEGAL 70 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com baixo potencial ao escoamento, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Escoamento Supeficial - Atributo
Espessura – Classe baixa
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5, var6, var7, var8, var9, var10, var11, var12 ("MatIn-Fuzzy"), result
("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var1 = Recupere (Nome="RGnb5-fuzzy");
var2 = Recupere (Nome="RGnb8-fuzzy");
var3 = Recupere (Nome="RGnb9-fuzzy");
var4 = Recupere (Nome="RGnb10-fuzzy");
var5 = Recupere (Nome="RGnb11-fuzzy");
var6 = Recupere (Nome="RMig1-fuzzy");
var7 = Recupere (Nome="RMig2-fuzzy");
var8 = Recupere (Nome="RMig3-fuzzy");
var9 = Recupere (Nome="RMig4-fuzzy");
var10 = Recupere (Nome="RUtm3-fuzzy");
var11 = Recupere (Nome="RUtm4-fuzzy");
var12 = Recupere (Nome="RUtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_Esp1", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var1 + 1*var2 + 1*var3 + 1*var4 + 1*var5 + 1*var6 + 1*var7 + 1*var8 + 1*var9 + 1*var10 +
1*var11 + 1*var12;
}
```

Programa LEGAL 71 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com médio potencial ao escoamento, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Escoamento Supeficial - Atributo
Espessura – Classe média
// declaração
Numerico var13, var14, var15, var16, var17, var18, var19, var20, var21 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var13 = Recupere (Nome="Retrab2-fuzzy");
var14 = Recupere (Nome="RGrp2-fuzzy");
var15 = Recupere (Nome="RGrp5-fuzzy");
var16 = Recupere (Nome="RGnq3-fuzzy");
var17 = Recupere (Nome="RGnb1-fuzzy");
var18 = Recupere (Nome="RGnb2-fuzzy");
var19 = Recupere (Nome="RGnb4-fuzzy");
var20 = Recupere (Nome="RUtm6-fuzzy");
var21 = Recupere (Nome="RBtm4-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_Esp2", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 2*var13 + 2*var14 + 2*var15 + 2*var16 + 2*var17 + 2*var18 + 2*var19 + 2*var20 + 2*var21;
}
```

Programa LEGAL 72 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com alto potencial ao escoamento, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Escoamento Superficial - Atributo Espessura
// declaração – Classe Alta
Numerico var22, var23, var24, var25, var26, var27, var28, var29, var30, var31, var32, var33, var34, var35, var36, var37, var38, var39, var40, var41, var42, var43, var44, var45, var46, var47, var48, var49 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var22 = Recupere (Nome="Retrab1-fuzzy");
var23 = Recupere (Nome="Grc-fuzzy");
var24 = Recupere (Nome="RGrp1-fuzzy");
var25 = Recupere (Nome="RGrp3-fuzzy");
var26 = Recupere (Nome="RGrp4-fuzzy");
var27 = Recupere (Nome="RGrGn1-fuzzy");
var28 = Recupere (Nome="RGrGn2-fuzzy");
var29 = Recupere (Nome="RQtz1-fuzzy");
var30 = Recupere (Nome="RQtz2-fuzzy");
var31 = Recupere (Nome="RQtz2a-fuzzy");
var32 = Recupere (Nome="RQtz3-fuzzy");
var33 = Recupere (Nome="RGnq1-fuzzy");
var34 = Recupere (Nome="RGnq2-fuzzy");
var35 = Recupere (Nome="RGnq4-fuzzy");
var36 = Recupere (Nome="RGnb3-fuzzy");
var37 = Recupere (Nome="RGnb6-fuzzy");
var38 = Recupere (Nome="RGnb7-fuzzy");
var39 = Recupere (Nome="RMig5-fuzzy");
var40 = Recupere (Nome="RMig6-fuzzy");
var41 = Recupere (Nome="RMig7-fuzzy");
var42 = Recupere (Nome="RMig8-fuzzy");
var43 = Recupere (Nome="RMig9-fuzzy");
var44 = Recupere (Nome="RUtm1-fuzzy");
var45 = Recupere (Nome="RUtm2-fuzzy");
var46 = Recupere (Nome="RBtm1-fuzzy");
var47 = Recupere (Nome="RBtm2-fuzzy");
var48 = Recupere (Nome="RBtm3-fuzzy");
var49 = Recupere (Nome="RBtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_Esp3", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var22 + 3*var23 + 3* var24 + 3*var25 + 3*var26 + 3*var27 + 3*var28 + 3*var29 + 3*var30 +
3*var31 + 3*var32 + 3*var33 + 3*var34 + 3*var35 + 3*var36 + 3*var37 + 3*var38 + 3*var39 +
3*var40 + 3*var41 + 3*var42 + 3*var43 + 3*var44 + 3*var45 + 3*var46 + 3*var47 + 3*var48 +
3*var49;
}
```

Programa LEGAL 73 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com muito alto potencial ao escoamento, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Escoamento Supeficial - Atributo
Espessura – Classe muito alta
// declaração
Numerico var50, var51 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var50 = Recuperere (Nome="RGnq5-fuzzy");
var51 = Recuperere (Nome="RAI-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_Esp4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 4*var50 + 4*var51;
}
```

Programa LEGAL 74 – Programa de somatória de unidades de materiais inconsistentes para obtenção de superfície contínua, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Escoamento Supeficial - Atributo
Espessura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4 ("MatIn-Escoamento"), result ("MatIn-Escoamento");
// instanciação
var1 = Recuperere (Nome="MatIn_Es_Esp1");
var2 = Recuperere (Nome="MatIn_Es_Esp2");
var3 = Recuperere (Nome="MatIn_Es_Esp3");
var4 = Recuperere (Nome="MatIn_Es_Esp4");
result = Novo (Nome = "MatIn_Es_Esp", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 + var2 + var3 + var4;
}
```

Programa LEGAL 75 – Programa ponderação de unidades de substrato rochoso para obtenção de superfície contínua realtiva ao aspecto potencial ao escoamento.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação substrato rochoso - Escoamento Supeficial
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5, var6, var7, var8, var9 ("Substrato-Fuzzy"), result ("Substrato-
Escoamento");
// instanciação
var1 = Recuperere (Nome="Grc-f");
var2 = Recuperere (Nome="Btm-f");
var3 = Recuperere (Nome="Utm-f");
var4 = Recuperere (Nome="Gnb-f");
var5 = Recuperere (Nome="Gnq-f");
var6 = Recuperere (Nome="Mig-f");
var7 = Recuperere (Nome="GrGn-f");
var8 = Recuperere (Nome="Grp-f");
var9 = Recuperere (Nome="Qtz-f");
result = Novo (Nome = "Sub_Escoamento", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var1 + 1*var2 + 1*var3 + 2*var4 + 2*var5 + 3*var6 + 3*var7 + 4*var8 + 4*var9;
}
```

Programa LEGAL 76 – Programa atribuição de peso ao atributo declividade, quanto ao aspecto potencial ao escoamento.

```
{// Programa para atribuição de peso – Atributo Declividade – Potencial ao Escoamento
// declaração
  Numerico dec ("Declividade-Fuzzy"), result ("Escoamento_Super");
// instanciamento
dec = Recuperar (Nome = "Dec_Fuzzy4");
result = Novo (Nome = "Dec_EcSup4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 0.36307*dec;
}
```

Programa LEGAL 77 – Programa atribuição de peso ao atributo densidade de drenagem, quanto ao aspecto potencial ao escoamento.

```
{// Programa para atribuição de peso – Atributo Densidade de drenagem – Potencial ao Escoamento
// declaração
  Numerico dre ("RedeRio-Fuzzy"), result ("Escoamento_Super");
// instanciamento
dre = Recuperar (Nome = "Drebuffer4");
result = Novo (Nome = "DreEsc_Sup4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 0.2174*dre;
}
```

Programa LEGAL 78 – Programa atribuição de peso ao atributo gênese/textura de materiais inconsolidados, quanto ao aspecto potencial ao escoamento.

```
{// Programa para atribuição de peso - Atributo MatIn_G/T - Potencial ao Escoamento
// declaração
  Numerico mat ("MatIn-Escoamento"), result ("Escoamento_Super");
// instanciamento
mat = Recuperar (Nome = "MatIn_Es_GTTot");
result = Novo (Nome = "GTEsc_Sup", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 0.24221*mat;
}
```

Programa LEGAL 79 – Programa atribuição de peso ao atributo espessura de materiais inconsolidados, quanto ao aspecto potencial ao escoamento.

```
{// Programa para atribuição de peso - MatIn_Espesura – Potencial ao Escoamento
// declaração
  Numerico mat ("MatIn-Escoamento"), result ("Escoamento_Super");
// instanciamento
mat = Recuperar (Nome = "MatIn_Es_Esp");
result = Novo (Nome = "MEspEsc_Sup", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 0.12875*mat;
}
```

Programa LEGAL 80 – Programa atribuição de peso ao atributo substrato rochoso, quanto ao aspecto potencial ao escoamento.

```
{// Programa para atribuição de peso - Atributo Substrato - Potencial ao Escoamento
// declaração
  Numerico sub ("Substrato-Escoamento"), result ("Escoamento_Super");
// instanciamento
sub = Recuperar (Nome = "Sub_Escoamento");
result = Novo (Nome = "SubEsc_Sup", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 0.04557*sub;
}
```

Programa LEGAL 81 – Programa obtenção de superfície contínua representativa do potencial ao escoamento da área.

```
{// Programa para obtenção Mapa Escoamento Superficial Fuzzy
// declaração
  Numerico result, dre, dec, mat1, mat2, sub ("Escoamento_Super");
// instanciamento
dre = Recuperar (Nome = "DreEsc_Sup4");
dec = Recuperar (Nome = "Dec_EcSup4");
mat1 = Recuperar (Nome = "GTEsc_Sup");
mat2 = Recuperar (Nome = "MEspEsc_Sup");
sub = Recuperar (Nome = "SubEsc_Sup");
result = Novo (Nome = "Esc4_Sup_Fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = dre + dec + mat1 + mat2 + sub;
}
```

Programa LEGAL 82 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com baixa susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto gênese/textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Gênese/Textura
// declaração
Numerico var1 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciamento
var1 = Recuperar (Nome="Retrab1-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_GT1a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var1;
}
```

Programa LEGAL 83 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com média suscptibilidade a erosão, quanto ao aspecto gênese/textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Gênese/Textura
// declaração
Numerico var2, var3, var4, var5, var6, var7, var8, var9, var10, var11, var12, var13, var14, var15, var16, var17,
var18 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instancição
var2 = Recupere (Nome="Retrab2-fuzzy");
var3 = Recupere (Nome="RGrp4-fuzzy");
var4 = Recupere (Nome="RGrp5-fuzzy");
var5 = Recupere (Nome="RGrGn1-fuzzy");
var6 = Recupere (Nome="RGnb1-fuzzy");
var7 = Recupere (Nome="RGnb2-fuzzy");
var8 = Recupere (Nome="RGnb9-fuzzy");
var9 = Recupere (Nome="RGnb11-fuzzy");
var10 = Recupere (Nome="RMig1-fuzzy");
var11 = Recupere (Nome="RMig2-fuzzy");
var12 = Recupere (Nome="RMig3-fuzzy");
var13 = Recupere (Nome="RMig4-fuzzy");
var14 = Recupere (Nome="RMig5-fuzzy");
var15 = Recupere (Nome="RMig6-fuzzy");
var16 = Recupere (Nome="RMig7-fuzzy");
var17 = Recupere (Nome="RMig8-fuzzy");
var18 = Recupere (Nome="RUtm3-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_GT2a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 2*var2 + 2*var3 + 2*var4 + 2*var5 + 2*var6 + 2*var7 + 2*var8 + 2*var9 + 2*var10 + 2*var11 +
2*var12 + 2*var13 + 2*var14 + 2*var15 + 2*var16 + 2*var17 + 2*var18;
}
```

Programa LEGAL 84 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com alta suscptibilidade a erosão, quanto ao aspecto gênese/textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Gênese/Textura
// declaração
Numerico var19, var20, var21, var22, var23, var24, var25, var26, var27, var28, var29, var30, var31 ("MatIn-
Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instancição
var19 = Recupere (Nome="Grc-fuzzy");
var20 = Recupere (Nome="RGrp1-fuzzy");
var21 = Recupere (Nome="RGrp2-fuzzy");
var22 = Recupere (Nome="RGrp3-fuzzy");
var23 = Recupere (Nome="RQtz2-fuzzy");
var24 = Recupere (Nome="RQtz2a-fuzzy");
var25 = Recupere (Nome="RQtz3-fuzzy");
var26 = Recupere (Nome="RGrGn2-fuzzy");
var27 = Recupere (Nome="RGnq1-fuzzy");
var28 = Recupere (Nome="RGnq2-fuzzy");
var29 = Recupere (Nome="RGnq3-fuzzy");
var30 = Recupere (Nome="RGnq4-fuzzy");
var31 = Recupere (Nome="RGnq5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_GT3a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var19 + 3*var20 + 3*var21 + 3*var22 + 3*var23 + 3*var24 + 3*var25 + 3*var26 + 3*var27 +
3*var28 + 3*var29 + 3*var30 + 3*var31;
}
```

Programa LEGAL 85 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com alta susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto gênese/textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Gênese/Textura
// declaração
Numerico var32, var33, var34, var35, var36, var37, var38, var39, var40, var41, var42, var43, var44, var45
("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var32 = Recupere (Nome="RMig9-fuzzy");
var33 = Recupere (Nome="RGnb3-fuzzy");
var34 = Recupere (Nome="RGnb4-fuzzy");
var35 = Recupere (Nome="RGnb5-fuzzy");
var36 = Recupere (Nome="RGnb6-fuzzy");
var37 = Recupere (Nome="RGnb7-fuzzy");
var38 = Recupere (Nome="RUtm1-fuzzy");
var39 = Recupere (Nome="RUtm2-fuzzy");
var40 = Recupere (Nome="RUtm5-fuzzy");
var41 = Recupere (Nome="RUtm6-fuzzy");
var42 = Recupere (Nome="RBtm2-fuzzy");
var43 = Recupere (Nome="RBtm3-fuzzy");
var44 = Recupere (Nome="RBtm4-fuzzy");
var45 = Recupere (Nome="RBtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_GT3b", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var32 + 3*var33 + 3*var34 + 3*var35 + 3*var36 + 3*var37 + 3*var38 + 3*var39 + 3*var40 +
3*var41 + 3*var42 + 3*var43 + 3*var44 + 3*var45;
}
```

Programa LEGAL 86 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com muito alta susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto gênese/textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Gênese/Textura
// declaração
Numerico var46, var47, var48, var49, var50, var51 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var46 = Recupere (Nome="RBtm1-fuzzy");
var47 = Recupere (Nome="RUtm4-fuzzy");
var48 = Recupere (Nome="RQtz1-fuzzy");
var49 = Recupere (Nome="RA1-fuzzy");
var50 = Recupere (Nome="RGnb8-fuzzy");
var51 = Recupere (Nome="RGnb10-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_GT4a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 4*var46 + 4*var47 + 4*var48 + 4*var49 + 4*var50 + 4*var51;
}
```

Programa LEGAL 86 – Programa de somatória de unidades de materiais inconsolidados para obtenção de superfície contínua, quanto ao aspecto gênese/textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Genese/Textura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5 ("MatIn-Erosao"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var1 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_GT1a");
var2 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_GT2a");
var3 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_GT3a");
var4 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_GT3b");
var5 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_GT4a");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_GT", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 + var2 + var3 + var4 + var5;
}
```

Programa LEGAL 87 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com baixa susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Espessura
// declaração
Numerico var50, var51 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var50 = Recupere (Nome="RGnq5-fuzzy");
var51 = Recupere (Nome="RAI-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_Esp1", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var50 + 1*var51;
}
```

Programa LEGAL 88 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com média susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Espessura
// declaração
Numerico var22, var23, var24, var25, var26, var27, var28, var29, var30, var31, var32, var33, var34, var35,
var36, var37, var38, var39, var40, var41, var42, var43, var44, var45, var46, var47, var48, var49 ("MatIn-
Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var22 = Recupere (Nome="Retrab1-fuzzy");
var23 = Recupere (Nome="Grc-fuzzy");
var24 = Recupere (Nome="RGrp1-fuzzy");
var25 = Recupere (Nome="RGrp3-fuzzy");
var26 = Recupere (Nome="RGrp4-fuzzy");
var27 = Recupere (Nome="RGrGn1-fuzzy");
var28 = Recupere (Nome="RGrGn2-fuzzy");
var29 = Recupere (Nome="RQtz1-fuzzy");
var30 = Recupere (Nome="RQtz2-fuzzy");
var31 = Recupere (Nome="RQtz2a-fuzzy");
var32 = Recupere (Nome="RQtz3-fuzzy");
var33 = Recupere (Nome="RGnq1-fuzzy");
var34 = Recupere (Nome="RGnq2-fuzzy");
var35 = Recupere (Nome="RGnq4-fuzzy");
var36 = Recupere (Nome="RGnb3-fuzzy");
var37 = Recupere (Nome="RGnb6-fuzzy");
var38 = Recupere (Nome="RGnb7-fuzzy");
var39 = Recupere (Nome="RMig5-fuzzy");
var40 = Recupere (Nome="RMig6-fuzzy");
var41 = Recupere (Nome="RMig7-fuzzy");
var42 = Recupere (Nome="RMig8-fuzzy");
var43 = Recupere (Nome="RMig9-fuzzy");
var44 = Recupere (Nome="RUtm1-fuzzy");
var45 = Recupere (Nome="RUtm2-fuzzy");
var46 = Recupere (Nome="RBtm1-fuzzy");
var47 = Recupere (Nome="RBtm2-fuzzy");
var48 = Recupere (Nome="RBtm3-fuzzy");
var49 = Recupere (Nome="RBtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_Esp2", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 2*var22 + 2*var23 + 2*var24 + 2*var25 + 2*var26 + 2*var27 + 2*var28 + 2*var29 + 2*var30 +
2*var31 + 2*var32 + 2*var33 + 2*var34 + 2*var35 + 2*var36 + 2*var37 + 2*var38 + 2*var39 + 2*var40 +
2*var41 + 2*var42 + 2*var43 + 2*var44 + 2*var45 + 2*var46 + 2*var47 + 2*var48 + 2*var49;
}
```

Programa LEGAL 89 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com alta susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Espessura
// declaração
Numerico var13, var14, var15, var16, var17, var18, var19, var20, var21 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var13 = Recupere (Nome="Retrab2-fuzzy");
var14 = Recupere (Nome="RGrp2-fuzzy");
var15 = Recupere (Nome="RGrp5-fuzzy");
var16 = Recupere (Nome="RGnq3-fuzzy");
var17 = Recupere (Nome="RGnb1-fuzzy");
var18 = Recupere (Nome="RGnb2-fuzzy");
var19 = Recupere (Nome="RGnb4-fuzzy");
var20 = Recupere (Nome="RUtm6-fuzzy");
var21 = Recupere (Nome="RBtm4-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_Esp3", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var13 + 3*var14 + 3*var15 + 3*var16 + 3*var17 + 3*var18 + 3*var19 + 3*var20 + 3*var21;
}
```

Programa LEGAL 90 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com muito alta susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosao - Atributo Espessura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5, var6, var7, var8, var9, var10, var11, var12 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var1 = Recupere (Nome="RGnb5-fuzzy");
var2 = Recupere (Nome="RGnb8-fuzzy");
var3 = Recupere (Nome="RGnb9-fuzzy");
var4 = Recupere (Nome="RGnb10-fuzzy");
var5 = Recupere (Nome="RGnb11-fuzzy");
var6 = Recupere (Nome="RMig1-fuzzy");
var7 = Recupere (Nome="RMig2-fuzzy");
var8 = Recupere (Nome="RMig3-fuzzy");
var9 = Recupere (Nome="RMig4-fuzzy");
var10 = Recupere (Nome="RUtm3-fuzzy");
var11 = Recupere (Nome="RUtm4-fuzzy");
var12 = Recupere (Nome="RUtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Eros_Esp4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 4*var1 + 4*var2 + 4*var3 + 4*var4 + 4*var5 + 4*var6 + 4*var7 + 4*var8 + 4*var9 + 4*var10 + 4*var11 + 4*var12;
}
```

Programa LEGAL 91 – Programa de somatória de unidades de materiais inconsolidados para obtenção de superfície contínua, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Erosão - Atributo Espessura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4 ("MatIn-Erosao"), result ("MatIn-Erosao");
// instanciação
var1 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_Esp1");
var2 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_Esp2");
var3 = Recupere (Nome="MatIn_Ero_Esp3");
var4 = Recupere (Nome="MatIn_Eros_Esp4");
result = Novo (Nome = "MatIn_Ero_EspTot", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 + var2 + var3 + var4;
}
```

Programa LEGAL 92 – Programa atribuição de peso ao atributo potencial ao escoamento, quanto ao aspecto susceptibilidade a erosão.

```
{// Programa para ponderação peso - Atributo Potential Escoamento - Mapa Susceptibilidade Erosao -  
// declaração  
  Numerico esc ("Escoamento_Super"), result ("Suscp_Erosao");  
// instanciação  
esc = Recuperere (Nome = "Esc4_Sup_Fuzzy");  
result = Novo (Nome = "PotEsc4_Erosao", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = 0.42702*esc;  
}
```

Programa LEGAL 93 – Programa atribuição de peso ao atributo gênese e texturas das unidades de materiais inconsolidados, quanto ao aspecto susceptibilidade a erosão.

```
{// Programa para ponderação peso- Atributo Genese/Textura Mat Inço -Mapa Susceptibilidade Erosao  
// declaração  
  Numerico mat ("MatIn-Erosao"), result ("Suscp_Erosao");  
// instanciação  
mat = Recuperere (Nome = "MatIn_Ero_GTTot");  
result = Novo (Nome = "MI_GT3_Erosao", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = 0.40351*mat;  
}
```

Programa LEGAL 94 – Programa atribuição de peso ao atributo espessura das unidades de materiais inconsolidados, quanto ao aspecto susceptibilidade a erosão.

```
{// Programa para obtenção Mapa Susceptibilidade Erosao - Mat In Espessura  
// declaração  
  Numerico mat ("MatIn-Erosao"), result ("Suscp_Erosao");  
// instanciação  
mat = Recuperere (Nome = "MatIn_Ero_EspTot");  
result = Novo (Nome = "MI_Esp_Erosao", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = 0.16946*mat;  
}
```

Programa LEGAL 95 – Programa obtenção de superfície contínua representativa da susceptibilidade a erosão da área.

```
{// Programa para obtenção Mapa Susceptibilidade Erosao Fuzzy  
// declaração  
  Numerico result, pot, mat1, mat2 ("Suscp_Erosao");  
// instanciação  
pot = Recuperere (Nome = "PotEsc4_Erosao");  
mat1 = Recuperere (Nome = "MI_GT3_Erosao");  
mat2 = Recuperere (Nome = "MI_Esp_Erosao");  
result = Novo (Nome = "Sup4_Erosao_Fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = pot + mat1 + mat2;  
}
```

Programa LEGAL 96 – Programa de espacialização contínua da declividade de acordo com faixas restritivas ao desenvolvimento de atividades agrícolas.

```
{// Programa para transformacao da Declividade
// declaração
  Numerico result ("Pot-Agricola"), dec ("Declividade-MNT");
// instanciação
dec = Recuperar (Nome = "Dec_Grade_Porc");
result = Novo (Nome = "Dec_PotAgr4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = ((dec > 8 && dec < 20) ? (dec*-0.25) + 6:
  (dec <= 8) ? (dec*0) + 4:
  (dec >= 20) ? (dec*0) + 1:
  Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 97 – Programa inversão superfície contínua representativa da susceptibilidade a erosão, para caracterização de potencial agrícola.

```
{// Programa para Inversao da Susceptibilidade a Erosao
// declaração
  Numerico result ("Pot-Agricola"), susc ("Suscp_Erosao");
// instanciação
susc = Recuperar (Nome = "Sup4_Erosao_Fuzzy");
result = Novo (Nome = "Erosao4_PotAgr", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 1);
// operação
result = ((susc*-0.6369) + 4);
}
```

Programa LEGAL 98 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com baixo potencial agrícola, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agricola - Atributo Espessura
// declaração
Numerico var1, var2 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var1 = Recuperar (Nome="RGnq5-fuzzy");
var2 = Recuperar (Nome="RAL-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Esp1", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var1 + 1*var2;
}
```

Programa LEGAL 99 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com médio potencial agrícola, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agricola - Atributo Espessura
// declaração
Numerico var3, var4, var5, var6, var7 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var3 = Recuperar (Nome="RQtz1-fuzzy");
var4 = Recuperar (Nome="RQtz2-fuzzy");
var5 = Recuperar (Nome="RQtz2a-fuzzy");
var6 = Recuperar (Nome="RQtz3-fuzzy");
var7 = Recuperar (Nome="RBtn1-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Esp2", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 2*var3 + 2*var4 + 2*var5 + 2*var6 + 2*var7;
}
```

Programa LEGAL 100 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com alto potencial agrícola, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agricola - Atributo
Espessura
// declaração
Numerico var8, var9, var10, var11, var12, var13, var14, var15, var16, var17, var18, var19, var20 ("MatIn-
Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var8 = Recupere (Nome="Retrab1-fuzzy");
var9 = Recupere (Nome="Grc-fuzzy");
var10 = Recupere (Nome="RGnb3-fuzzy");
var11 = Recupere (Nome="RGnb4-fuzzy");
var12 = Recupere (Nome="RGrGn2-fuzzy");
var13 = Recupere (Nome="RGnq2-fuzzy");
var14 = Recupere (Nome="RGnb7-fuzzy");
var15 = Recupere (Nome="RMig6-fuzzy");
var16 = Recupere (Nome="RGrp4-fuzzy");
var17 = Recupere (Nome="RBtn3-fuzzy");
var18 = Recupere (Nome="RBtn5-fuzzy");
var19 = Recupere (Nome="RUtm1-fuzzy");
var20 = Recupere (Nome="RUtm2-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn _Esp3", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var8 + 3*var9 + 3*var10 + 3*var11 + 3*var12 + 3*var13 + 3*var14 + 3*var15 + 3*var16 +
3*var17 + 3*var18 + 3*var19 + 3*var20;
}
```

Programa LEGAL 101 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com muito alto potencial agrícola, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agricola - Atributo
Espessura
// declaração
Numerico var36, var37, var38, var39, var40, var41, var42, var43, var44, var45, var46, var47, var48, var49,
var50, var51 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var36 = Recupere (Nome="RGnb10-fuzzy");
var37 = Recupere (Nome="RGnb11-fuzzy");
var38 = Recupere (Nome="RMig1-fuzzy");
var39 = Recupere (Nome="RMig2-fuzzy");
var40 = Recupere (Nome="RMig3-fuzzy");
var41 = Recupere (Nome="RMig4-fuzzy");
var42 = Recupere (Nome="RMig5-fuzzy");
var43 = Recupere (Nome="RMig7-fuzzy");
var44 = Recupere (Nome="RMig8-fuzzy");
var45 = Recupere (Nome="RMig9-fuzzy");
var46 = Recupere (Nome="RUtm3-fuzzy");
var47 = Recupere (Nome="RUtm4-fuzzy");
var48 = Recupere (Nome="RUtm5-fuzzy");
var49 = Recupere (Nome="RUtm6-fuzzy");
var50 = Recupere (Nome="RBtn2-fuzzy");
var51 = Recupere (Nome="RBtn4-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn _Esp4a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 4*var36 + 4*var37 + 4*var38 + 4*var39 + 4*var40 + 4*var41 + 4*var42 + 4*var43 + 4*var44 +
4*var45 + 4*var46 + 4*var47 + 4*var48 + 4*var49 + 4*var50 + 4*var51;
}
```

Programa LEGAL 102 – Programa de somatória de unidades de materiais inconsistentes para obtenção de superfície contínua representativa de potencial agrícola, quanto ao aspecto espessura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Potencial Agrícola - Atributo
Espessura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5 ("MatIn-PotAgr"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var1 = Recuperar (Nome="MatIn_Esp1");
var2 = Recuperar (Nome="MatIn_Esp2");
var3 = Recuperar (Nome="MatIn_Esp3");
var4 = Recuperar (Nome="MatIn_Esp4");
var5 = Recuperar (Nome="MatIn_Esp4a");
result = Novo (Nome = "MatIn_EspTot", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 + var2 + var3 + var4 + var5;
}
```

Programa LEGAL 103 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com baixo potencial agrícola, quanto ao aspecto textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Potencial Agrícola - Textura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5, var6, var7, var8, var9, var10 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-
PotAgr");
// instanciação
var1 = Recuperar (Nome="Retrab1-fuzzy");
var2 = Recuperar (Nome="RUtm3-fuzzy");
var3 = Recuperar (Nome="RGnb1-fuzzy");
var4 = Recuperar (Nome="RGnb2-fuzzy");
var5 = Recuperar (Nome="RGnb9-fuzzy");
var6 = Recuperar (Nome="RGnb11-fuzzy");
var7 = Recuperar (Nome="RMig2-fuzzy");
var8 = Recuperar (Nome="RMig5-fuzzy");
var9 = Recuperar (Nome="RMig6-fuzzy");
var10 = Recuperar (Nome="RMig7-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Tex1a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var1 + 1*var2 + 1*var3 + 1*var4 + 1*var5 + 1*var6 + 1*var7 + 1*var8 + 1*var9 + 1*var10;
}
```

Programa LEGAL 104 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com baixo potencial agrícola, quanto ao aspecto textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Potencial Agrícola - Textura
// declaração
Numerico var11, var12, var13, var14, var15, var16, var17, var18, var19, var20 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var11 = Recuperar (Nome="RMig8-fuzzy");
var12 = Recuperar (Nome="RMig9-fuzzy");
var13 = Recuperar (Nome="RGrp3-fuzzy");
var14 = Recuperar (Nome="RQtz1-fuzzy");
var15 = Recuperar (Nome="RUtm4-fuzzy");
var16 = Recuperar (Nome="RGnb10-fuzzy");
var17 = Recuperar (Nome="RGnb8-fuzzy");
var18 = Recuperar (Nome="RAI-fuzzy");
var19 = Recuperar (Nome="RBtm1-fuzzy");
var20 = Recuperar (Nome="RGrGn2-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_Tex1b", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var11 + 1*var12 + 1*var13 + 1*var14 + 1*var15 + 1*var16 + 1*var17 + 1*var18 + 1*var19 +
1*var20;
```

Programa LEGAL 104 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com médio potencial agrícola, quanto ao aspecto textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Potencial Agrícola - Atributo Textura
// declaração
Numerico var21, var22, var23, var24, var25, var26, var27, var28, var29, var30, var31, var32, var33, var34,
var35, var36 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var21 = Recupere (Nome="RMig1-fuzzy");
var22 = Recupere (Nome="RMig3-fuzzy");
var23 = Recupere (Nome="RMig4-fuzzy");
var24 = Recupere (Nome="RGnb3-fuzzy");
var25 = Recupere (Nome="RGnb4-fuzzy");
var26 = Recupere (Nome="RGnb5-fuzzy");
var27 = Recupere (Nome="RGnb6-fuzzy");
var28 = Recupere (Nome="RGnb7-fuzzy");
var29 = Recupere (Nome="Rutm1-fuzzy");
var30 = Recupere (Nome="Rutm2-fuzzy");
var31 = Recupere (Nome="Rutm5-fuzzy");
var32 = Recupere (Nome="Rutm6-fuzzy");
var33 = Recupere (Nome="RBtm2-fuzzy");
var34 = Recupere (Nome="RBtm3-fuzzy");
var35 = Recupere (Nome="RBtm4-fuzzy");
var36 = Recupere (Nome="RBtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn _Tex2a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 2*var21 + 2*var22 + 2*var23 + 2*var24 + 2*var25 + 2*var26 + 2*var27 + 2*var28 + 2*var29 +
2*var30 + 2*var31 + 2*var32 + 2*var33 + 2*var34 + 2*var35 + 2*var36;
}
```

Programa LEGAL 105 – Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com alto potencial agrícola, quanto ao aspecto textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Potencial Agrícola - Atributo Textura
// declaração
Numerico var37, var38, var39, var40, var41, var42, var43, var44, var45, var46, var47, var48, var49 ("MatIn-
Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var37 = Recupere (Nome="RGrp1-fuzzy");
var38 = Recupere (Nome="RGrp2-fuzzy");
var39 = Recupere (Nome="RGrp4-fuzzy");
var40 = Recupere (Nome="RGrp5-fuzzy");
var41 = Recupere (Nome="RGrGn1-fuzzy");
var42 = Recupere (Nome="RGnq1-fuzzy");
var43 = Recupere (Nome="RGnq2-fuzzy");
var44 = Recupere (Nome="RGnq3-fuzzy");
var45 = Recupere (Nome="RGnq4-fuzzy");
var46 = Recupere (Nome="RGnq5-fuzzy");
var47 = Recupere (Nome="RQtz2-fuzzy");
var48 = Recupere (Nome="RQtz2a-fuzzy");
var49 = Recupere (Nome="RQtz3-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn _Text3a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var37 + 3*var38 + 3*var39 + 3*var40 + 3*var41 + 3*var42 + 3*var43 + 3*var44 + 3*var45 +
3*var46 + 3*var47 + 3*var48 + 3*var49;
}
```

Programa LEGAL 106– Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com muito alto potencial agrícola, quanto ao aspecto textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agrícola - Atributo Textura
// declaração
Numerico var50, var51 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var50 = Recupere (Nome="Grc-fuzzy");
var51 = Recupere (Nome="Retrab2-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn _Text4a", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 4*var50 + 4*var51;
}
```

Programa LEGAL 107 – Programa de somatória de unidades de materiais inconsolidados para obtenção de superfície contínua representativa de potenciail agrícola, quanto ao aspecto textura.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agricolal - Atributo Textura
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var5 ("MatIn-PotAgr"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var1 = Recupere (Nome="MatIn _Tex1a");
var2 = Recupere (Nome="MatIn _Tex1b");
var3 = Recupere (Nome="MatIn _Tex2a");
var4 = Recupere (Nome="MatIn _Text3a");
var5 = Recupere (Nome="MatIn _Text4a");
result = Novo (Nome = "MatIn_GTTot", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 + var2 + var3 + var4 + var5;
}
```

Programa LEGAL 108– Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com baixo potencial agrícola, quanto ao aspecto capacidade de troca catiônica.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agrícola - Atributo CTC
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4, var49 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var1 = Recupere (Nome="Retrab2-fuzzy");
var2 = Recupere (Nome="Grc-fuzzy");
var3 = Recupere (Nome="RGrGn2-fuzzy");
var4 = Recupere (Nome="RQtz1-fuzzy");
var49= Recupere (Nome="RAI-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_CTC1", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 1*var1+ 1*var2 + 1*var3 + 1*var4 + 1*var49;
}
```

Programa LEGAL 109– Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com médio potencial agrícola, quanto ao aspecto capacidade de troca catiônica.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agrícola - Atributo CTC
// declaração
Numerico var5, var6, var7, var8, var9, var10, var11, var12, var13, var14, var15, var16, var17, var18, var19, var20 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var5 = Recuperere (Nome="RGrp1-fuzzy");
var6 = Recuperere (Nome="RGrp2-fuzzy");
var7 = Recuperere (Nome="RGrp3-fuzzy");
var8 = Recuperere (Nome="RGrGn1-fuzzy");
var9 = Recuperere (Nome="RQtz2-fuzzy");
var10 = Recuperere (Nome="RQtz2a-fuzzy");
var11 = Recuperere (Nome="RQtz3-fuzzy");
var12 = Recuperere (Nome="RGnq3-fuzzy");
var13 = Recuperere (Nome="RGnq4-fuzzy");
var14 = Recuperere (Nome="RGnb8-fuzzy");
var15 = Recuperere (Nome="RGnb9-fuzzy");
var16 = Recuperere (Nome="RBtm1-fuzzy");
var17 = Recuperere (Nome="RBtm2-fuzzy");
var18 = Recuperere (Nome="RBtm3-fuzzy");
var19 = Recuperere (Nome="RBtm4-fuzzy");
var20 = Recuperere (Nome="RBtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_CTC2", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 2*var5 + 2*var6 + 2*var7 + 2*var8 + 2*var9 + 2*var10 + 2*var11 + 2*var12 + 2*var13 + 2*var14 + 2*var15 +
2*var16 + 2*var17 + 2*var18 + 2*var19 + 2*var20;
}
```

Programa LEGAL 110– Programa de ponderação de unidades de materiais inconsolidados com alto potencial agrícola, quanto ao aspecto capacidade de troca catiônica.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsolidados - Potencial Agrícola - Atributo CTC
// declaração
Numerico var21, var22, var23, var24, var25, var26, var27, var28, var29, var30, var31, var32, var33, var34, var35, var36,
var37, var38, var39, var40, var41, var42, var43 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var21 = Recuperere (Nome="Retrab1-fuzzy");
var22 = Recuperere (Nome="RGrp4-fuzzy");
var23 = Recuperere (Nome="RGrp5-fuzzy");
var24 = Recuperere (Nome="RGnq1-fuzzy");
var25 = Recuperere (Nome="RGnq2-fuzzy");
var26 = Recuperere (Nome="RGnq5-fuzzy");
var27 = Recuperere (Nome="RGnb1-fuzzy");
var28 = Recuperere (Nome="RGnb2-fuzzy");
var29 = Recuperere (Nome="RGnb3-fuzzy");
var30 = Recuperere (Nome="RGnb4-fuzzy");
var31 = Recuperere (Nome="RGnb5-fuzzy");
var32 = Recuperere (Nome="RGnb6-fuzzy");
var33 = Recuperere (Nome="RGnb7-fuzzy");
var34 = Recuperere (Nome="RGnb10-fuzzy");
var35 = Recuperere (Nome="RGnb11-fuzzy");
var36 = Recuperere (Nome="RMig1-fuzzy");
var37 = Recuperere (Nome="RMig3-fuzzy");
var38 = Recuperere (Nome="RMig4-fuzzy");
var39 = Recuperere (Nome="RMig9-fuzzy");
var40 = Recuperere (Nome="RUtm1-fuzzy");
var41 = Recuperere (Nome="RUtm2-fuzzy");
var42 = Recuperere (Nome="RUtm3-fuzzy");
var43 = Recuperere (Nome="RUtm5-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_CTC3", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 3*var21 + 3*var22 + 3*var23 + 3*var24 + 3*var25 + 3*var26 + 3*var27 + 3*var28 + 3*var29 + 3*var30 +
3*var31 + 3*var32 + 3*var33 + 3*var34 + 3*var35 + 3*var36 + 3*var37 + 3*var38 + 3*var39 + 3*var40 + 3*var41 +
3*var42 + 3*var43;
}
```

Programa LEGAL 111– Programa de ponderação de unidades de materiais inconsistentes com muito alto potencial agrícola, quanto ao aspecto capacidade de troca catiônica.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Potencial Agrícola - Atributo CTC
// declaração
Numerico var44, var45, var46, var47, var48, var50, var51 ("MatIn-Fuzzy"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var44 = Recuperar (Nome="RMig2-fuzzy");
var45 = Recuperar (Nome="RMig5-fuzzy");
var46 = Recuperar (Nome="RMig6-fuzzy");
var47 = Recuperar (Nome="RMig7-fuzzy");
var48 = Recuperar (Nome="RMig8-fuzzy");
var50 = Recuperar (Nome="RUtm4-fuzzy");
var51 = Recuperar (Nome="RUtm6-fuzzy");
result = Novo (Nome = "MatIn_CTC4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 4*var44 + 4*var45 + 4*var46 + 4*var47 + 4*var48 + 4*var50 + 4*var51;
}
```

Programa LEGAL 112– Programa de somatória de unidades de materiais inconsistentes para obtenção de superfície contínua representativa de potencial agrícola, quanto ao aspecto capacidade de troca catiônica.

```
{// Programa em LEGAL para ponderação Materiais Inconsistentes - Potencial Agrícola - Atributo CTC
// declaração
Numerico var1, var2, var3, var4 ("MatIn-PotAgr"), result ("MatIn-PotAgr");
// instanciação
var1 = Recuperar (Nome="MatIn_CTC1");
var2 = Recuperar (Nome="MatIn_CTC2");
var3 = Recuperar (Nome="MatIn_CTC3");
var4 = Recuperar (Nome="MatIn_CTC4");
result = Novo (Nome = "MatIn_CTCot", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 + var2 + var3 + var4;
}
```

Programa LEGAL 113 – Programa atribuição de peso ao atributo susceptibilidade a erosão, quanto ao aspecto potencial agrícola.

```
{// Programa para ponderação de peso - Susceptibilidade Erosão -Mapa Potencial Agrícola
// declaração
Numerico susc ("Pot-Agrícola"), result ("Potencial_Agrícola");
// instanciação
susc = Recuperar (Nome = "Erosao4_PotAgr");
result = Novo (Nome = "Erosao4_PA", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 0.254*susc;
}
```

Programa LEGAL 114 – Programa atribuição de peso ao atributo espessuras dos materiais inconsistentes, quanto ao aspecto potencial agrícola.

```
{// Programa para ponderação de peso - Mat In Espessura - Mapa Potencial Agrícola
// declaração
Numerico mat ("MatIn-PotAgr"), result ("Potencial_Agrícola");
// instanciação
mat = Recuperar (Nome = "MatIn_EspTot");
result = Novo (Nome = "Esp_PA", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = 0.15*mat;
}
```

Programa LEGAL 115 – Programa atribuição de peso ao atributo textura dos materiais consolidados, quanto ao aspecto potencial agrícola.

```
{// Programa para ponderação de peso - Mat In Textura - Mapa Potencial Agricola -  
// declaração  
  Numerico mat ("MatIn-PotAgr"), result ("Potencial_Agricola");  
// instanciamento  
mat = Recuperar (Nome = "MatIn_GTTot");  
result = Novo (Nome = "GT3_PA", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = 0.10*mat;  
}
```

Programa LEGAL 116 – Programa atribuição de peso ao atributo capacidade de troca catiônica dos materiais consolidados, quanto ao aspecto potencial agrícola.

```
{// Programa para ponderação de peso - Mat In CTC - Mapa Potencial Agricola  
// declaração  
  Numerico mat ("MatIn-PotAgr"), result ("Potencial_Agricola");  
// instanciamento  
mat = Recuperar (Nome = "MatIn_CTCTot");  
result = Novo (Nome = "CTC_PA", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = 0.10*mat;  
}
```

Programa LEGAL 117 – Programa atribuição de peso ao atributo declividade, quanto ao aspecto potencial agrícola.

```
{// Programa para ponderação de peso - Declividade - Mapa Potencial Agricola  
// declaração  
  Numerico dec ("Pot-Agricola"), result ("Potencial_Agricola");  
// instanciamento  
dec = Recuperar (Nome = "Dec_PotAgri4");  
result = Novo (Nome = "Dec4_PA", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = 0.35*dec;  
}
```

Programa LEGAL 118 – Programa obtenção de superfície contínua representativa do potencial agrícola da área.

```
{// Programa em LEGAL para obtencao Mapa Potencial Agricolal Fuzzy  
// declaração  
Numerico result, var1, var2, var3, var4, var5 ("Potencial_Agricola");  
// instanciamento  
var1 = Recuperar (Nome="Dec4_PA");  
var2 = Recuperar (Nome="Esp_PA");  
var3 = Recuperar (Nome="GT3_PA");  
var4 = Recuperar (Nome="CTC_PA");  
var5 = Recuperar (Nome="Erosao4_PA");  
result = Novo (Nome = "Potencial_Agricola4", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);  
// operação  
result = var1 + var2 + var3 + var4 + var5;  
}
```

Programa LEGAL 119 – Programa obtenção de máscara representativa de áreas restritivas por faixas de declividade.

```
{// Programa para obtencao de máscara a partir de superfície de declividade em graus
// declaração
  Numerico result ("Pot-Agricola"), dec ("Declividade-MNT");
// instanciamento
dec = Recuperar (Nome = "Dec_Grade_Gaus");
result = Novo (Nome = "Dec_PotAgri4_Leis", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = ((dec <= 25) ? (dec*-0) + 1:
          (dec > 25) ? (dec*0):
          Digital (0));
}
```

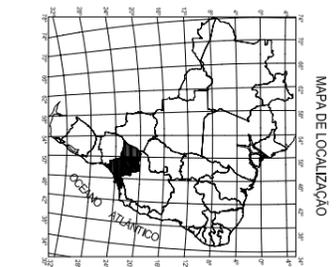
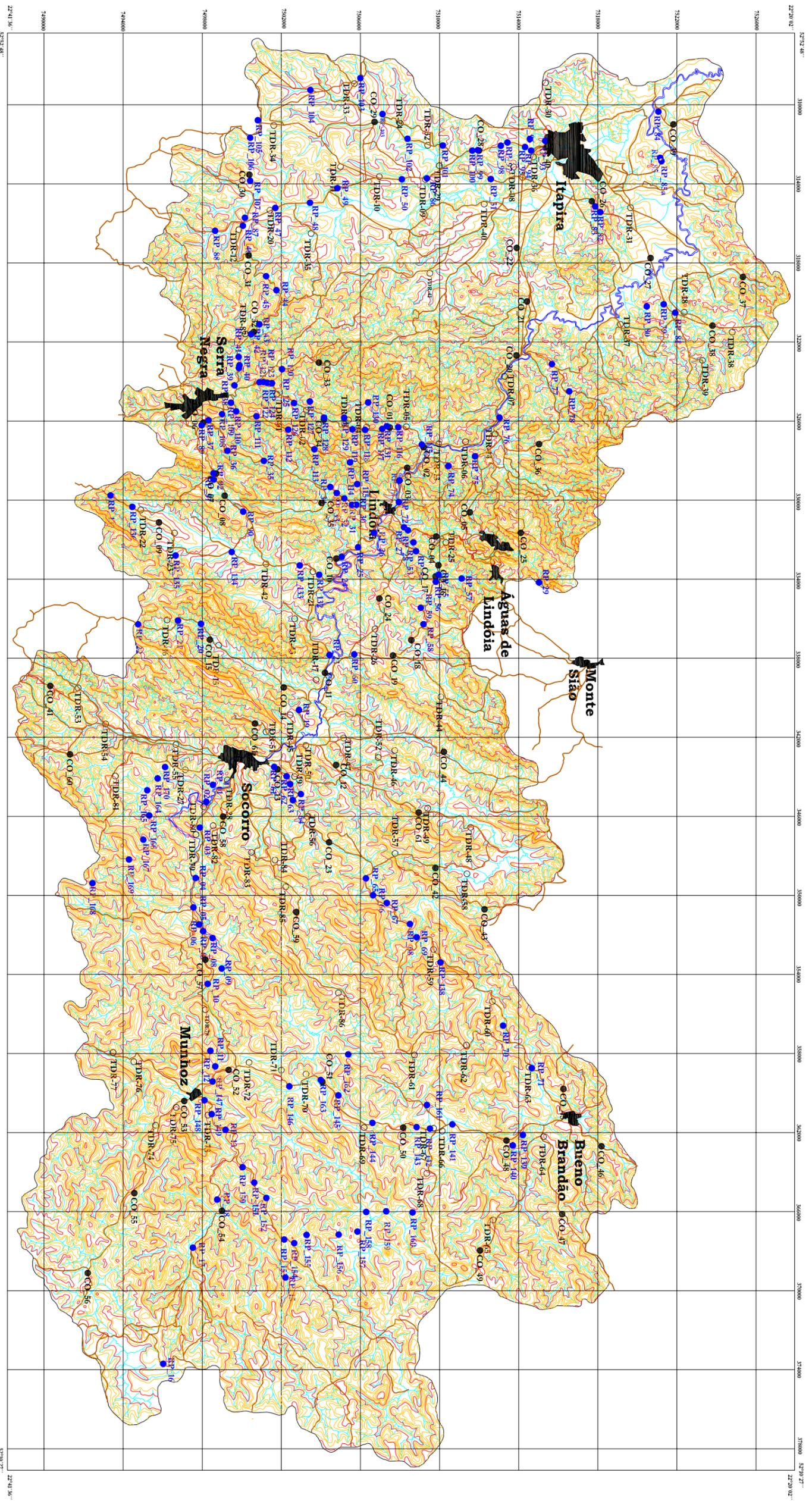
Programa LEGAL 120 – Programa obtenção de máscara representativa de áreas restritivas para faixas de distância de cursos de drenagem.

```
{// Programa para espacialização da Densidade de Drenagem
// declaração
  Numerico result ("Pot-Agricola "), dist ("Drenagem-MNT");
// instanciamento
dist = Recuperar (Nome = "Dren_Grade");
result = Novo (Nome = "Drebuffer_Lei", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = ((dist <= 30) ? (dist*-0):
          (dist > 30) ? (dist*0) +1:
          Digital (0));
}
```

Programa LEGAL 121 – Programa obtenção da superfície final representativa do potencial agrícola da área.

```
{// Programa em LEGAL para obtencao Mapa Potencial Agrícola Fuzzy
// declaração
Numerico result, var1, var2, var3, ("Potencial_Agricola");
// instanciamento
var1 = Recuperar (Nome=" Potencial_Agricola4");
var2 = Recuperar (Nome=" Drebuffer_Lei ");
var3 = Recuperar (Nome=" Dec_Grade_Gaus ");
result = Novo (Nome = " Potencial_Agricola4_Final", ResX=30, ResY=30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 4);
// operação
result = var1 * var2 * var3;
}
```

ANEXO I
Mapa de Documentação



Articulação das Folhas Topográficas

22°11'		22°11'	
49°W	49°W	49°W	49°W
Monte Carmo	Agua de Fria	Quilino Ima	
Arangua	Socorro	Matinhos	Cambará

Folhas Topográficas 1:50.000 do IBGE

Declinação Magnética cresce 8 anualmente

Datum Vertical - Marégrafo Imbituba - SC
Datum Horizontal - Córrego Alegre - MG

Projeção cartográfica UTM - Zona 23 Sul

Escala Gráfica

2000 0 2000 8000 m

Fonte: Cartas Topográficas IBGE - Escala 1:50.000 (1972)

Legenda

	Curso de drenagem principal		Estadas
	Course de drenagem secundários		Cidades
	Curva de nível (equidistância de 100m)		Pontos de observação e descritos em trabalho de campo
	Curva de nível (equidistância de 20m)		Pontos de amostragem de materiais inconsolidados
	Linha de Baixa Hidrográfica		Pontos de execução de ensaio in situ (Resistência à Penetração)

Anexo I - Mapa de Documentação

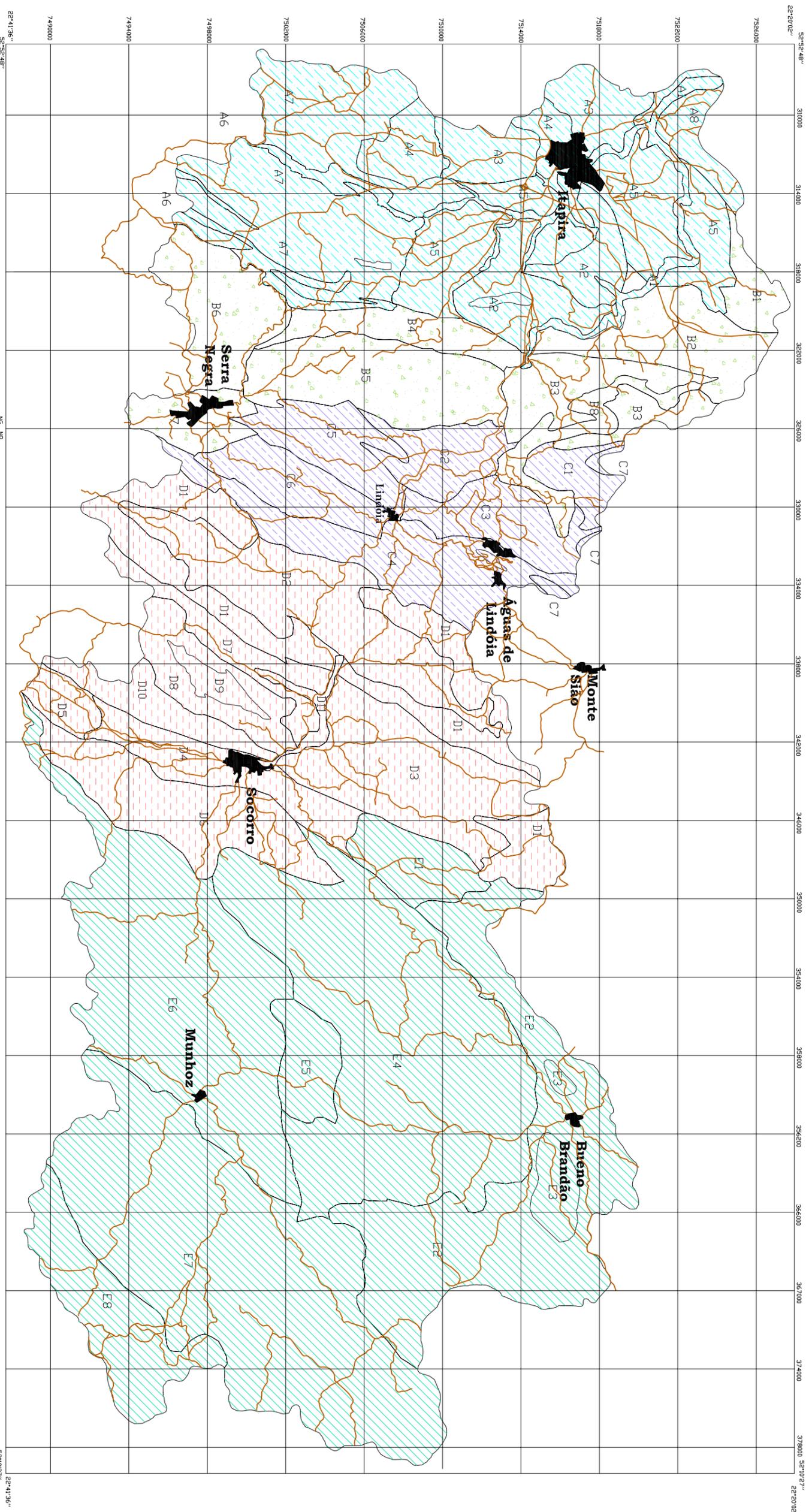


Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Geociências
Zonamento Geotecnológico com Análise de Logos, Tuzex e proposta de Estratificação para caracterização do maciço filito de Baixa do Rio do Peixe
do Rio do Peixe

ESSC - USP
Dep. de Geociências
Autor: Geólogo MSc. Sandra Yamamoto de Sá
(Orientador: Prof. Dr. César José Pavan)

ANEXO II
Mapa de Substrato Rochoso

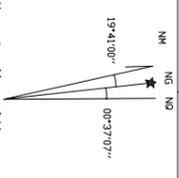
ANEXO III
Mapa de *Landforms*



Legenda
Sistemas de Landforms

Sistemas	Unidades	Descrição suscinta
A	A1, A2, A3, A4 A5, A6, A7, A8	Vale com ocorrência de planícies aluviais, colinas e serras. Predominam classes de declividade moderada a alta. Substrato de granitos e gnaissos intercalados a quartzitos.
B	B1, B2, B3, B4 B5, B6, B7, B8	Serras e serras. Predominam classes de declividade moderada a alta. Substrato de gnaissos intercalados com quartzitos e argilitos.
C	C1, C2, C3, C4 C5, C6, C7	Serras e serras associadas a vales externos. Predominam classes de declividade alta. Substrato de gnaissos intercalados com rochas básicas e argilitos.
D	D1, D2, D3, D4, D5 D6, D7, D8, D9, D10, D11	Vales e serras, colinas e serras. Predominam classes de declividade moderada a alta. Substrato de gnaissos intercalados a rochas básicas.
E	E1, E2, E3, E4 E5, E6, E7, E8	Serras, vales associados a colinas e serras. Predominam classes de declividade moderada a alta. Substrato de granitos porfíricos, argilitos e gnaissos grossos.

-  Estradas
-  Cidades



Declinação Magnética cresce anualmente

Datum Vertical - Mareógrafo Imbituba - SC

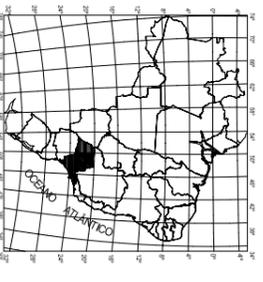
Datum Horizontal - Córrego Alegre - MG

Projeção cartográfica UTM - Zona 23 Sul

Escala Gráfica



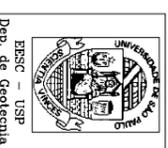
Fonte: Cartas Topográficas IBGE - Escala 150.000 (1972)



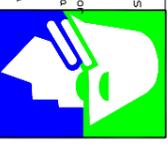
Articulação das Folhas Topográficas

47°W		28°15' S	
Hoje Guaçú		Águas de Lindóia	
Socorro		Munhoz	
Campul		Candui	

Folhas Topográficas 150.000 do IBGE

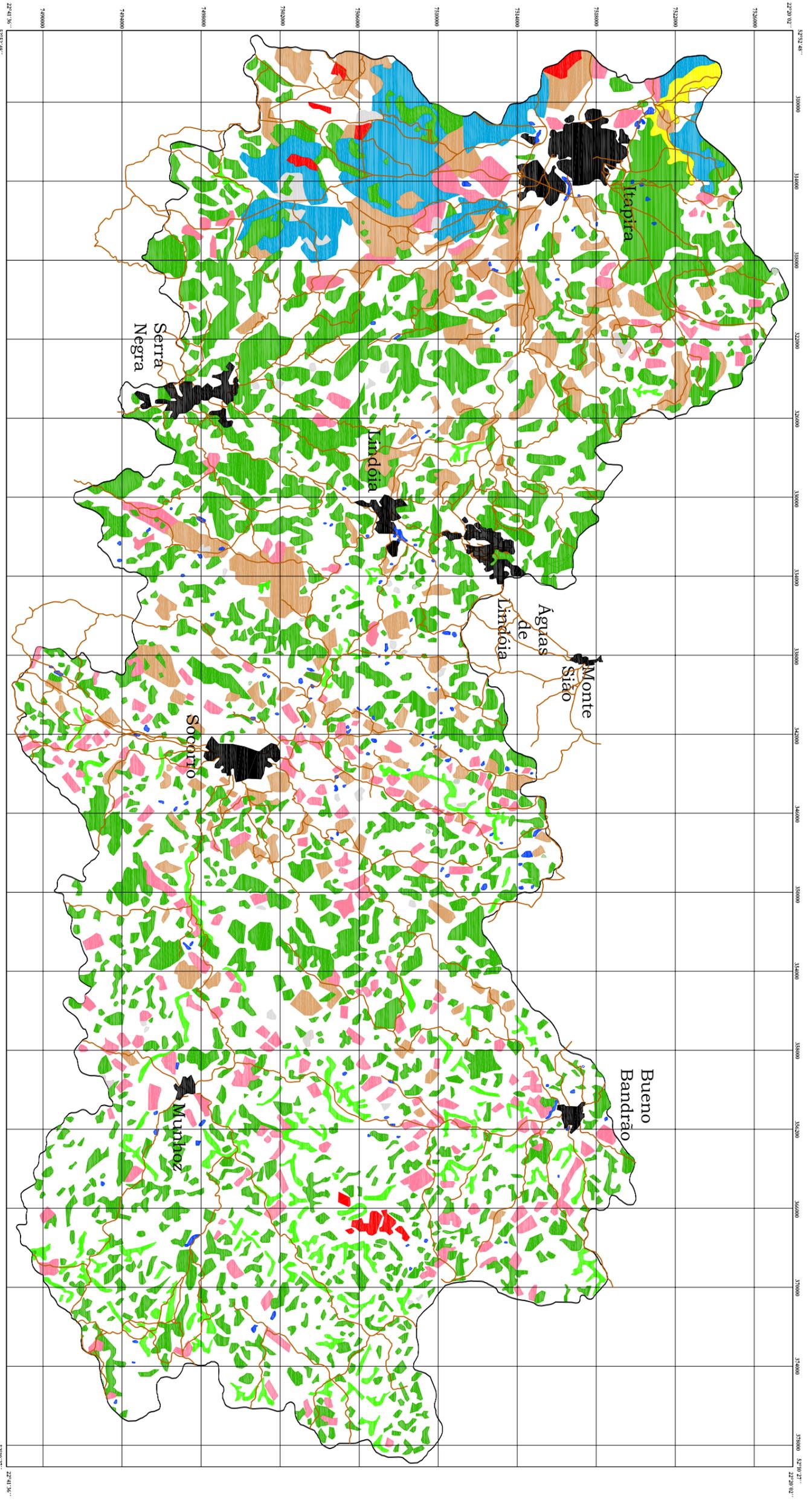

 Dep. de Geologia
 USP
 Universidade de São Paulo
 Escola de Engenharia de São Carlos
 Departamento de Geotecnica
 Zonamento Geomorfométrico com Auxílio
 de Lógica Fuzzy e proposta de Geoindicador
 para caracterização do meio físico da Bacia
 do Rio do Peixe
 Autor: Geólogo MSc. Sandro Fernandes do Silva
 Orientador: Prof. Dr. Gául José Paquin

Anexo III - Mapa de Landforms



ANEXO IV
Mapa de Materiais Inconsolidados

ANEXO V
Mapa de Uso e Ocupação

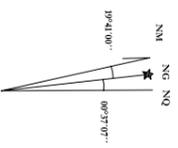
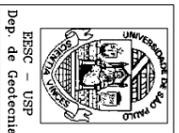


Legenda - Classes de Uso e Ocupação do Terreno

- Mata Nativa - Cerrado
- Mata Ciliar
- Pastagem
- Cana-de-açúcar
- Área de Reflorestamento
- Café
- Outras Culturas
- Cidades
- Corpos de água
- Área de várzea Rio do Peixe
- Solo exposto
- Estradas

Anexo V - Mapa de Uso e Ocupação do Terreno

Universidade de São Paulo
 Escola de Engenharia de São Carlos
 Departamento de Geotécnica
 Zonamento Geomorfométrico com Auxílio
 de Lógica Fuzzy e proposta de geoinformática
 para caracterização do relevo físico da Bacia
 do Rio do Peixe
 Autora: Geóloga MSc. Sandra Fernandes da Silva
 Orientador: Prof. Dr. Daniel José Pejon

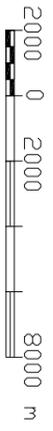


Declinação Magnética cresce gradualmente

Datum Vertical - Marégrafo Imbituba - SC
 Datum Horizontal - Corrego Alegre - MG

Projeção cartográfica UTM - Zona 23 Sul

Escala Gráfica

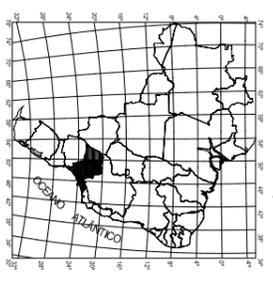


Fonte: Cartas Topográficas IBGE - Escala 1:50.000 (1972)

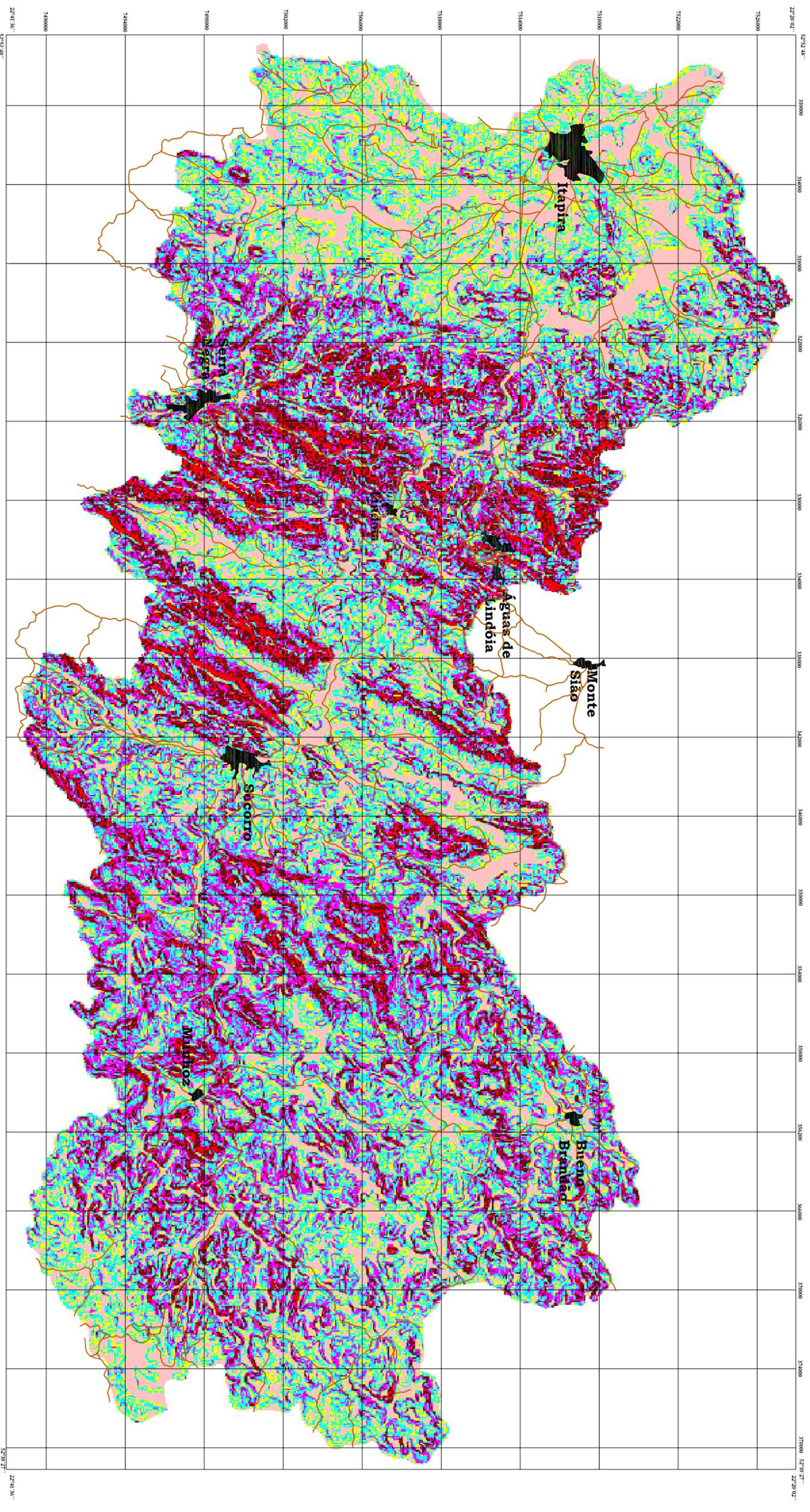
Articulação das Folhas Topográficas

47°W 32°S			
Moji Guaçu	Aguas de Lindóia	Duro Fino	
Apuro	Socorro	Muphoz	Candui

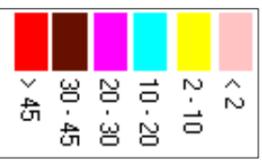
Folhas Topográficas 1:50.000 do IBGE



ANEXO VI
Carta de Declividade



Legenda - Classes de Declividades



NM NG NO
 19°41'00"
 00°31'00"

Declinação Magnética cresce 8 anualmente

Datum Vertical - Mareógrafo Inabitada - SC
 Datum Horizontal - Corrego Alegre - MG

Projeção cartográfica UTM - Zona 23 Sul

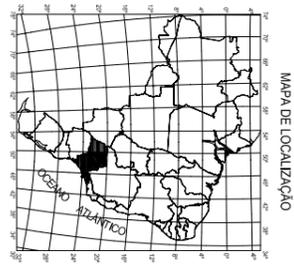


Fonte: Cartas Topográficas IBGE - Escala 1:50000 (1972)

Articulação das Folhas Topográficas

47°00'		48°00'	
Kolji Garçu	Águas de Lindóia	Duro Fino	
Apururo	Socorro	Mairipotuz	Caribui

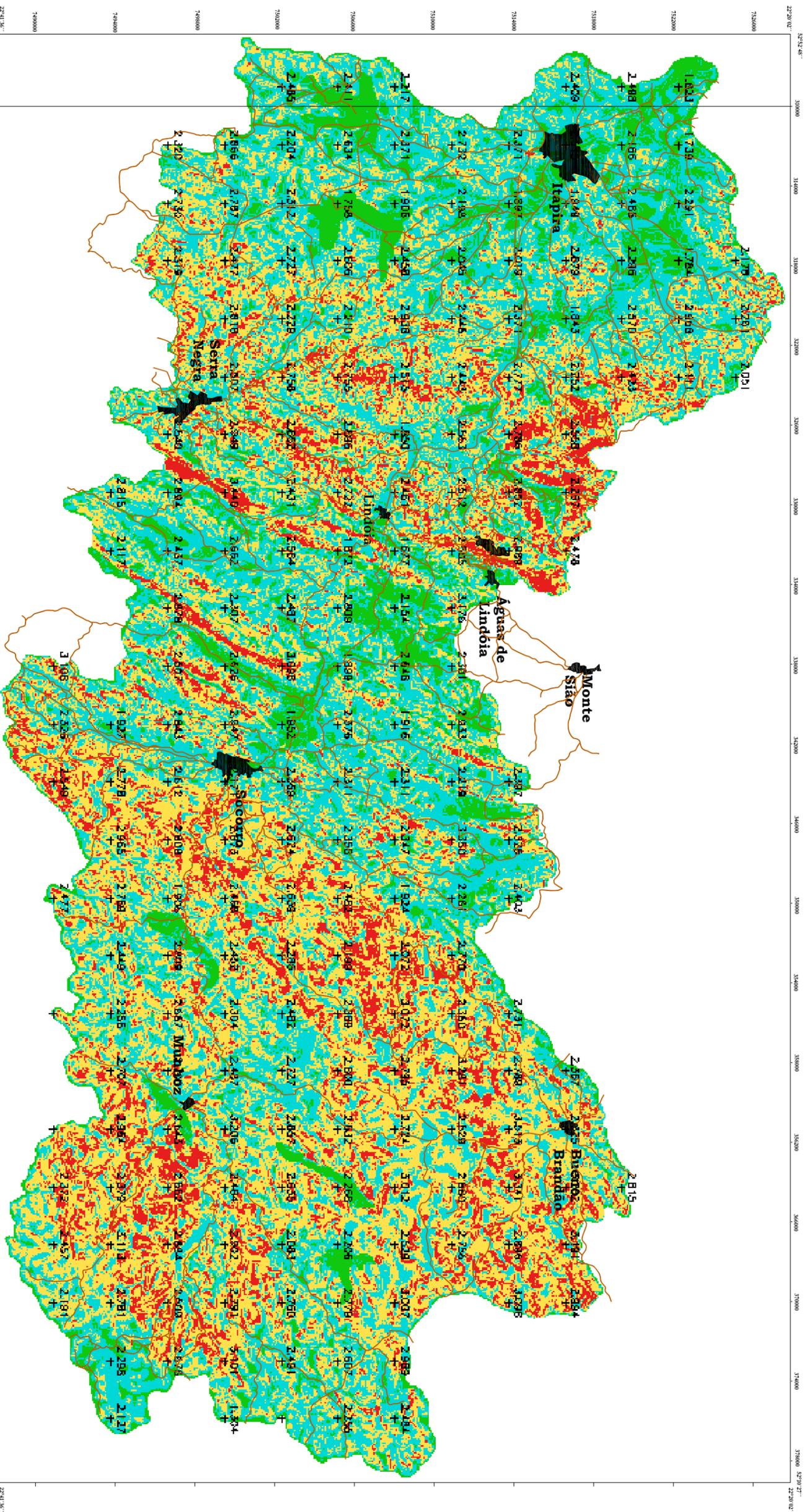
Folhas Topográficas 1:50000 do IBGE



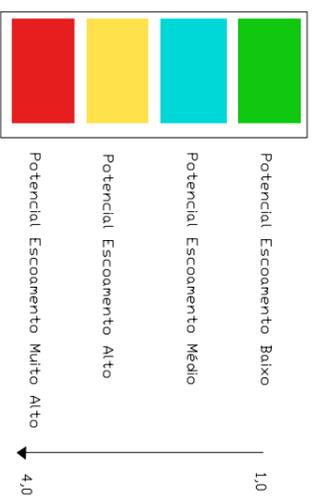
Anexo VI - Carta de Declividade do Terreno

Universidade de São Paulo
 Escola de Engenharia de São Carlos
 Departamento de Geotecnia
 Zonamento Geomorfométrico com Auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de Geoindicador para caracterização do meio físico de Bacia do Rio do Peixe
 Autora: Geóloga MSc. Sandra Fernandes da Silva
 Orientador: Prof. Dr. Davi José Pejon

ANEXO VII
Carta de Potencial ao Escoamento Superficial



Legenda – Classes de Potencial Escorrimento



Anexo VII - Carta de Potencial ao Escorrimento Superficial

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Geotecnica
Zonamento Geomorfométrico com Auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de Georidefinação para caracterização do meio físico do Bacia do Rio do Peixe
Autoria: Geólogo MSc. Sandra Fernandes da Silva
Orientador: Prof. Dr. Dani José Pejon

ESSC – USP
Dep. de Geotecnica

Articulação das Folhas Topográficas

47°W	227°E	Kç J. Garcia	
		Aguas de Lindóia	Duro Fino
		Socorro	Munhoz
			Carubal

Folhas Topográficas 1:50.000 do IBGE

Declinação Magnética cresce gradualmente

Datum Vertical – Marégrafo Inibituba – SC

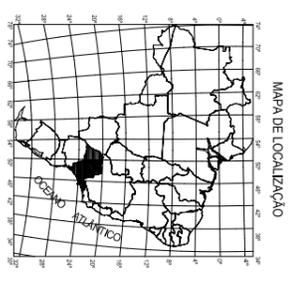
Datum Horizontal – Corrego Alegre – MG

Projeção cartográfica UTM – Zona 23 Sul

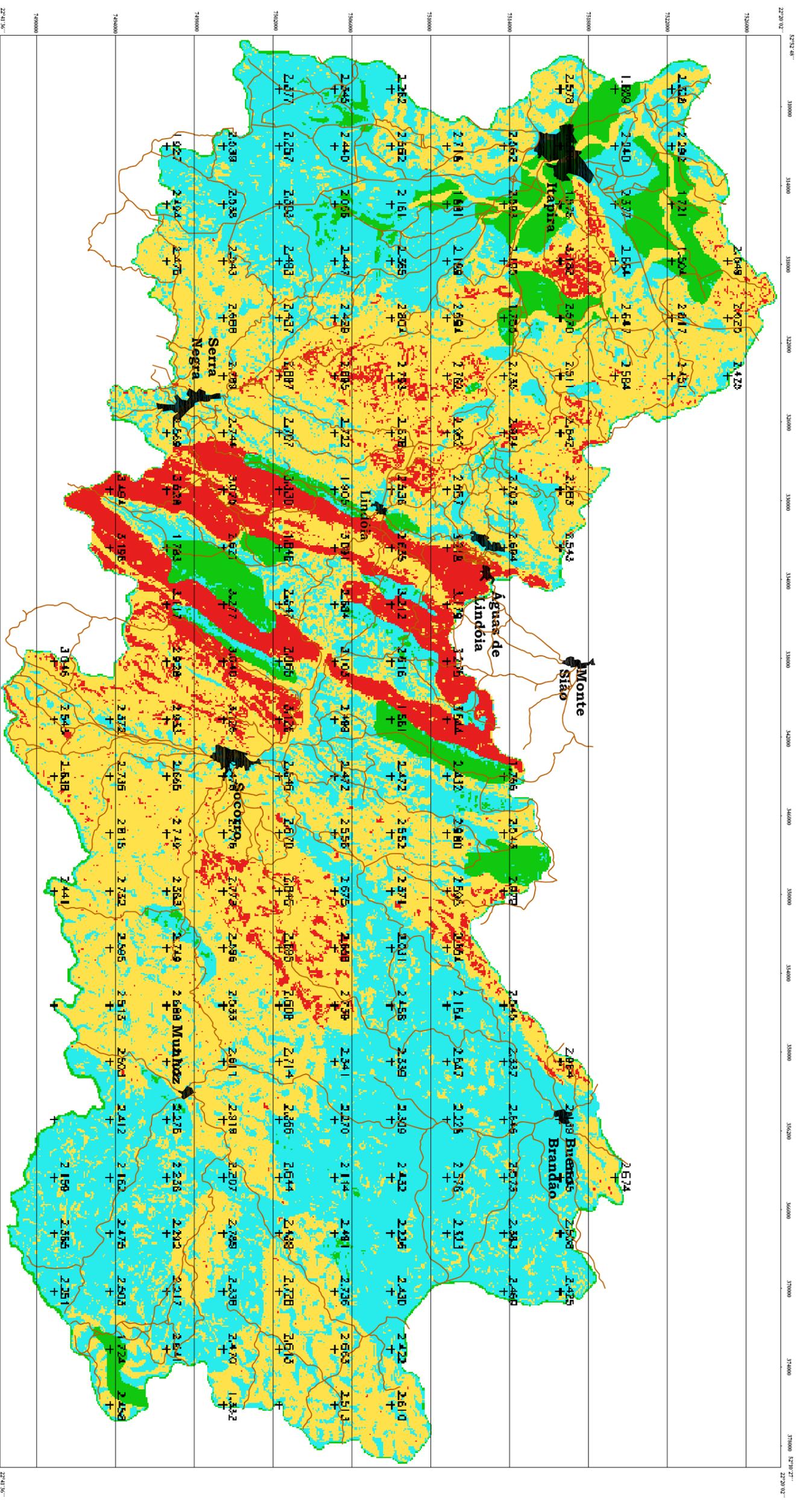
Escala Gráfica

2000 0 2000 8000 m

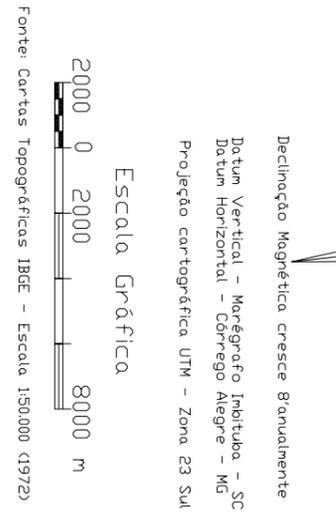
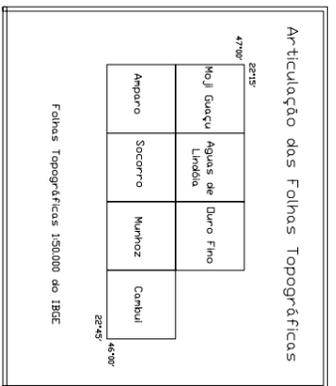
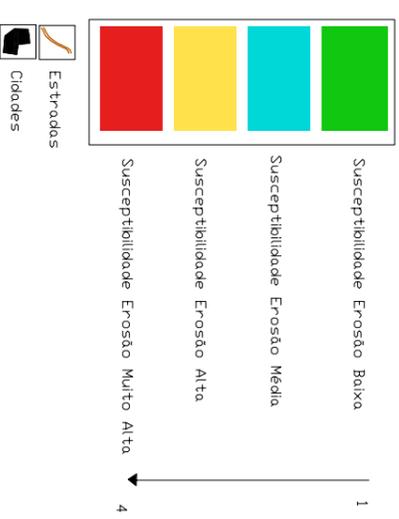
Fonte: Cartas Topográficas IBGE – Escala 1:50.000 (1972)



ANEXO VIII
Carta de Susceptibilidade a Erosão



Legenda – Classes de Susceptibilidade Erosão



Universidade de São Paulo

 Escola de Engenharia de São Carlos

 Departamento de Geotecnia

 Zoneamento Geomorfométrico com Auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de Geoindicador para caracterização do meio físico da Bacia do Rio do Peixe

 Autora: Geóloga MSc. Sandra Fernandes da Silva

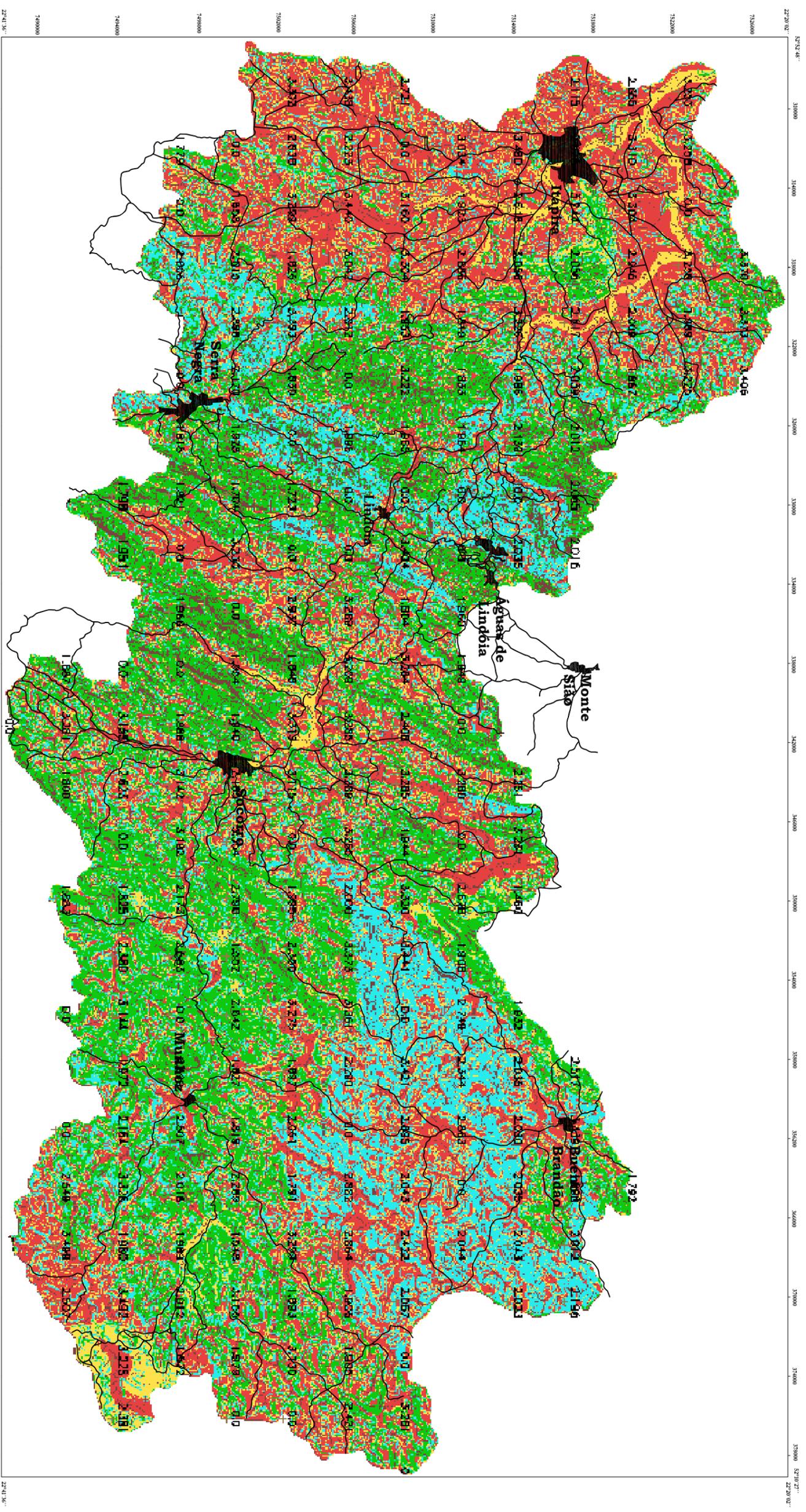
 Orientador: Prof. Dr. Daniel José Pejon

 Dep. de Geotecnia

Anexo VIII - Carta de Susceptibilidade Erosão

Fonte: Cartas Topográficas IBGE - Escala 1:50.000 (1972)

ANEXO IX
Carta de Potencial Agrícola



Legenda – Classes de Potencial Agrícola

- Potencial Agrícola Baixo
 - Potencial Agrícola Médio
 - Potencial Agrícola Alto
 - Potencial Agrícola Muito Alto
 - Classe Restritiva ao desenvolvimento Agrícola
- 1 4

- Estradas
- Cidades

Anexo IX - Carta de Potencial Agrícola

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Geotecnica
Zonamento Geomorfométrico com Auxílio
de Lógica Fuzzy e proposta de Georrelacionador
para caracterização do meio físico da Bacia
do Rio do Peixe
Autora: Geóloga MSc. Sandra Fernandes de Silva
Orientador: Prof. Dr. Dani José Peijon

Articulação das Folhas Topográficas

22°20' S		47°00' W	
Hoj Guacu	Lindóia	Duro Fino	
Amparo	Socorro	Murinhos	Carubal
22°45' S			
46°00' W			

Folhas Topográficas 1:50.000 de IBGE

Declinação Magnética cresce 8' anualmente

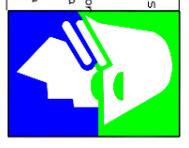
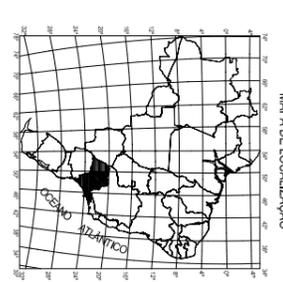
Datum Vertical – Marégrafo Imbituba – SC
Datum Horizontal – Corrego Alegre – MG

Projeção cartográfica UTM – Zona 23 Sul

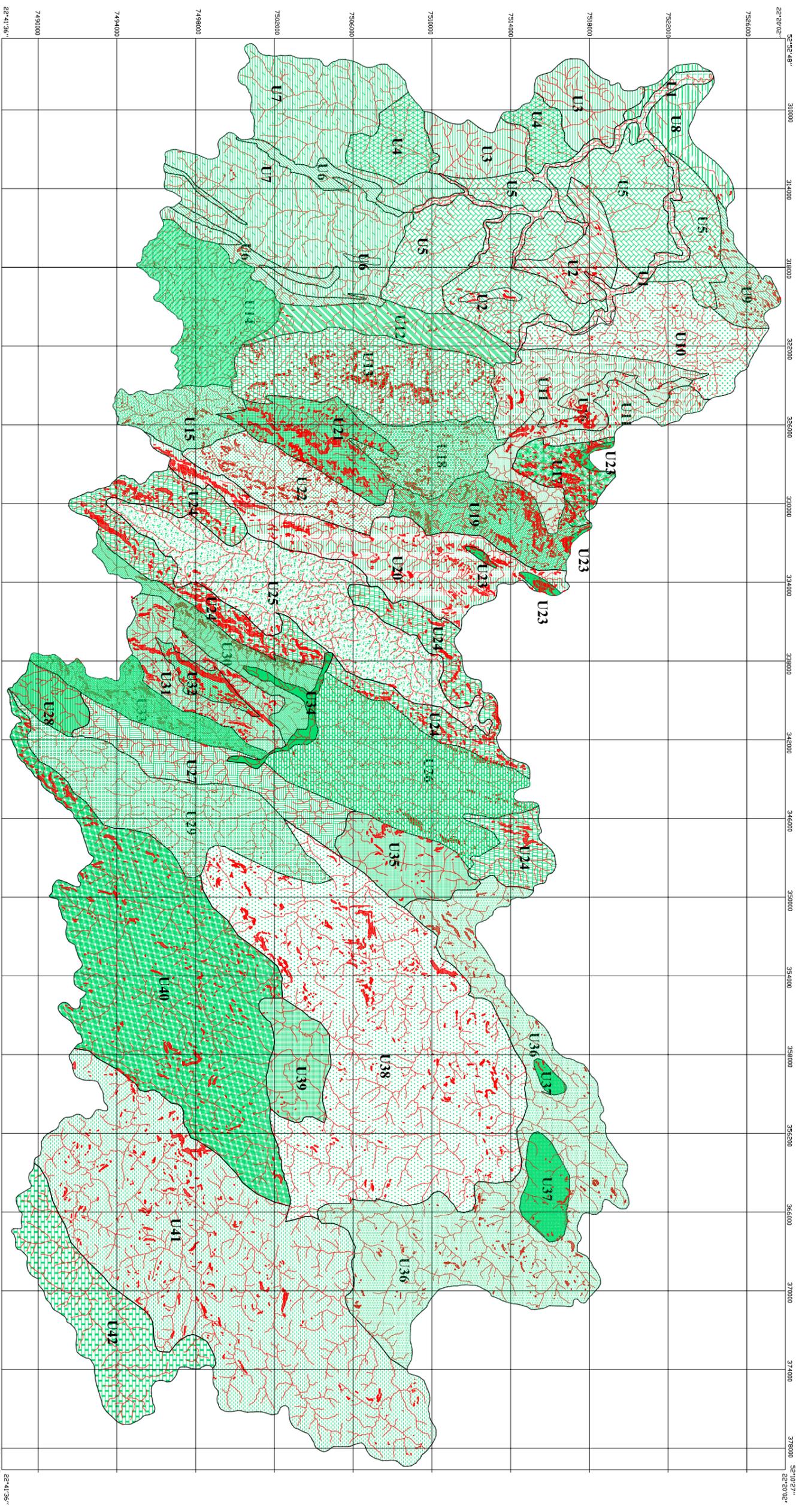
Escala Gráfica

2000 0 2000 8000 m

Fonte: Cartas Topográficas IBGE – Escala 1:50.000 (1972)



ANEXO X
Carta de Zoneamento Geoambiental



Articulação das Folhas Topográficas

47m	227m		
Mojl Guacu	Águas de Duro Fino		
Lindaia			
Secorro	Munhoz		
	Canalul		

Folhas Topográficas 1:50.000 do IBGE

Declinação Magnética cresce gradualmente

Datum Vertical - Marégrafo Imbituba - SC

Datum Horizontal - Corrego Alegre - MG

Projeção cartográfica UTM - Zona 23 Sul

Escala Gráfica



Fonte: Cartas Topográficas IBGE - Escala 1:50.000 (1972)

Legenda

U1	Unidade de zoneamento 1	U22	Unidade de zoneamento 22
U2	Unidade de zoneamento 2	U23	Unidade de zoneamento 23
U3	Unidade de zoneamento 3	U24	Unidade de zoneamento 24
U4	Unidade de zoneamento 4	U25	Unidade de zoneamento 25
U5	Unidade de zoneamento 5	U26	Unidade de zoneamento 26
U6	Unidade de zoneamento 6	U27	Unidade de zoneamento 27
U7	Unidade de zoneamento 7	U28	Unidade de zoneamento 28
U8	Unidade de zoneamento 8	U29	Unidade de zoneamento 29
U9	Unidade de zoneamento 9	U30	Unidade de zoneamento 30
U10	Unidade de zoneamento 10	U31	Unidade de zoneamento 31
U11	Unidade de zoneamento 11	U32	Unidade de zoneamento 32
U12	Unidade de zoneamento 12	U33	Unidade de zoneamento 33
U13	Unidade de zoneamento 13	U34	Unidade de zoneamento 34
U14	Unidade de zoneamento 14	U35	Unidade de zoneamento 35
U15	Unidade de zoneamento 15	U36	Unidade de zoneamento 36
U16	Unidade de zoneamento 16	U37	Unidade de zoneamento 37
U17	Unidade de zoneamento 17	U38	Unidade de zoneamento 38
U18	Unidade de zoneamento 18	U39	Unidade de zoneamento 39
U19	Unidade de zoneamento 19	U40	Unidade de zoneamento 40
U20	Unidade de zoneamento 20	U41	Unidade de zoneamento 41
U21	Unidade de zoneamento 21	U42	Unidade de zoneamento 42

Áreas Restritivas

	Faixas de 30 metros dos cursos de drenagem
	Áreas de preservação permanente
	Linhas de arborização entre 20m e 25m
	Áreas com eixos e pontos a distância de floresta
	Áreas de preservação ambiental
	Faixas de arborização de 20m e 25m em encostas ou em partes de nascentes de preservação ambiental

Anexo X - Carta de Zoneamento Geoambiental

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Geotecnica
Zonamento Geoambiental com Auxílio de Lógica Fuzzy e Propósito de Geoinformação para Caracterização do Meio Físico da Bacia do Rio do Peixe
Autoria: Geólogo MSc. Sandra Fernandes da Silva
Orientador: Prof. Dr. Davi José Peijon

