

Universidade Federal Fluminense
Centro de Estudos Gerais
Instituto de Geociências
Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental

FELIPE MENDES CRONEMBERGER

DIAGNOSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTANA:
Geotecnologias Aplicadas ao Planejamento Ambiental

Niterói

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FELIPE MENDES CRONEMBERGER

DIAGNOSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTANA:
Geotecnologias Aplicadas ao Planejamento Ambiental

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dra. CRISTIANE NUNES FRANCISCO

Co-orientador: Prof. Dr. RAUL SANCHEZ VICENS

Niterói

2009

FELIPE MENDES CRONEMBERGER

DIAGNOSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTANA:
Geotecnologias Aplicadas ao Planejamento Ambiental

Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Ciência Ambiental
da Universidade Federal Fluminense,
como requisito parcial para obtenção do
Grau de Mestre. Área de Concentração:
Gestão Ambiental.

Aprovado em março de 2009.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. CRISTIANE NUNES FRANCISCO – Orientadora
UFF

Prof. Dr. RAUL SANCHEZ VICENS – Co-Orientador
UFF

Prof. Dr. CLAUDIO BELMONTE DE ATHAYDE BOHRER
UFF

Prof. Dra. CARLA BERNADETE MADUREIRA CRUZ
UFRJ

Niterói

2009

Dedico esta dissertação aos meus avós, que sempre souberam passar seus ensinamentos carregados de amor. Dedico em especial ao meu avô Gen. Ivan de Souza Mendes que na minha infância sentava para estudar comigo dizendo “tem se que saber bem as bases antes de qualquer outra coisa”.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Raul Sanchez Vicens que “me colocou numa bicicleta sem freio e empurrou ladeira abaixo”, o responsável a final por me ensinar grande parte das ferramentas de geoprocessamento aqui utilizadas, e especialmente por todo o companheirismo destes anos de LAGEF.

Ao prof. Claudio Bohrer e a todos do laboratório de ecologia de paisagem, em especial ao Rafael, pelas contribuições a minha pesquisa.

Ao prof. Guilherme e amigos do LAGEF, Thaizes, Natales, Tiagos, Felipes e Eduardo, pela rica e divertida convivência.

A prof. Carla Madureira e ao ESPAÇO, Vine, Rafa, Luana e galera, pelos ensinamentos, materiais e conversas trocadas.

Aos profs. do PGCA Ivan, Jovelino, Peter May, Orlando e Cassilda, e ao Eduardo.

A minha turma PGCA 2007, com quem aprendemos que quase toda a pluralidade de idéias cabe sim dentro de uma mesma sala. Aos companheiros Roger, Andres, Zé, Leo, Alessandro, Rafael, Pando as amazonas Lu, Lilian, Sua, Renata, Michele,

Aos meus amigos de longa data que estão sempre ai pra ajudar, em especial ao Andre, Lucas e Philipe pelas contribuições a pesquisa.

A minha família que sempre me apoiou. Aos meus tios & tias, primos & primas, em especial aos meus tios Márcia & Juca.

A minha família de Volta Redonda, em especial meus sogros Pegê e Celeste pelo exemplo e ajuda que sempre deram e por me ensinarem as bases do planejamento.

A minhas irmãs Carol e Mariana, e ao Charles, que cada um em sua área contribuíram com suas idéias, visões e com minhas sobrinhas queridas Marina e Flora.

A meu Pai, por compartilhar o conhecimento da historia do rio Santana e por me apresentar o vale ainda em minha infância.

A minha Mãe, querida e adorada, que sempre me iluminou, acreditou em mim e me apoiou em todas os momentos com seu carinho e compreensão.

A minha amada, Julia, companheira das horas boas e difíceis que me guiou para e na senda do mestrado, suportando meus papos sem fim sobre a dissertação e ainda aprimorando minhas idéias.

SUMÁRIO

Lista das Figuras	X
Lista das Tabelas.....	XI
Lista de Mapas	XII
Resumo	XIII
Abstract.....	XIV
1.INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	6
2. ÁREA DE ESTUDO	7
2.1 Caracterização física da bacia do rio Santana.....	9
2.1.1 Geologia.....	9
2.1.2 Geomorfologia	11
2.1.3 Pedologia	14
2.1.4 Clima.....	16
2.2 Caracterização fisiográfica do rio Santana	18
2.3 Vegetação	21
2.4 Unidades de Conservação existentes na região	25
2.4.1 REBIO Tinguá	25
2.4.2 REBIO Araras.....	26
2.4.3 APA	26
2.5 Histórico de Ocupação	28
3. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	30
3.1 A Paisagem e o planejamento	230
3.1.1 A utilização de modelos no planejamento da Paisagem	34
3.2 Bacias Hidrograficas como unidade espacial de planejamento	235
3.2.1 As bacias hidrográficas e seus aspectos Legais	336
3.3 Modelos sustentáveis de utilização do Terra	38
3.4 Fundamentos Metodológicos do Planejamento Ambiental	40
3.4.1 Inventario Ambiental.....	43
3.4.2 Análise Ambiental	43

3.4.3	Diagnóstico Ambiental	44
3.4.4	Prognóstico Ambiental	45
3.4.5	Zoneamento Ambiental	46
4.	METODOLOGIA	47
4.1	Inventario	49
4.1.1	Informações cartográficas	49
4.1.2	Imagens de Sensoriamento Remoto	50
4.2	Análise	52
4.3	Metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista	53
4.3.1	Gráfico de Sustentabilidade da Paisagem	54
4.4	Equação Universal da Perda de Solo (EUPS).....	56
4.5	Conflitos de Uso do solo.....	57
4.6	Áreas de Preservação Permanentes e Classes de Relevô	58
4.7	Corredores Ecológicos	59
4.5	Prognóstico	59
5.	DIAGNOSTICO FISICO-CONSERVACIONISTA DA BACIA DO RIO SANTANA.....	60
5.1	Setorização da Bacia	60
5.2	Cobertura vegetal original - PARÂMETRO CO	64
5.3	Cobertura Vegetal atual – Parâmetro CA	69
5.4	Declividade Média – Parâmetro DM	74
5.5	Densidade de Drenagem – Parâmetro DD	77
5.6	Balanco Hídrico	80
5.7	Erosividade da Chuva Parâmetro E	84
5.8	Potencial erosivo – parâmetro PE	87
5.9	Resultados do Diagnóstico Físico-Conservacionista.....	90
6.	ANÁLISES COMPLEMENTARES DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO SANTANA	93
6.1	Equação Universal da Perda de Solo (EUPS).....	93
6.1.1	Fator erosividade da chuva - E	93
6.1.2	Fator erodibilidade dos solos - K.....	94

6.1.3 Fator comprimento de rampa - L	95
6.1.4 Fator declividade - S	95
6.1.5 Fator topográfico - LS	95
6.1.6 Fator de uso do solo e de praticas conservacionistas - CP	96
6.2 Conflitos no uso da terra	98
6.3 Áreas de Preservação Permanentes e Classes de Relevo	102
6.4 Corredores Ecológicos	104
7. PROGNOSTICO	106
7.1 Uso Racional do Solo	106
8.CONCLUSÃO	110
8.1 Recomendações	114
8. BIBLIOGRAFIA	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo: Bacia do Rio Santana	6
Figura 2a – Foz do Rio Santana.....	7
Figura 2a –Rio Guandu nas proximidades de Japeri	7
Figura 3 – Relevo de escarpas seranas	10
Figura 4 – Relevo Montanhoso.....	11
Figura 5 – Relevo de Colinas Isoladas e Baixada	11
Figura 6 – Precipitação, Evapotranspiração e Temperatura ao longo do ano na bacia	17
Figura 7– Rio Santana na década de 1970	18
Figura 8 – Rio Santana na década de 1970	18
Figura 9 – Rio Santana atualmente (2009)	18
Figura 10 – Rio Santana atualmente (2009)	18
Figura 11 – Remanescentes florestais ao longo do gradiente altitudinal.....	20
Figura 12 – Remanescentes de Floresta Ombrófila Montana.....	21
Figura 13 – Vegetação secundaria em estagio médio de regeneração	23
Figura 14 – Vegetação secundaria em estagio inicial de regeneração.....	23
Figura 15 – Ponte sobre o rio Santana	28
Figura 16 – Esquema gráfico do modelo de Corredor-Mancha-Matriz	32
Figura 17 – Fluxograma da concepção metodológica para o planejamento ambiental	41
Figura 18 – Fluxograma das etapas metodológicas da dissertação	47
Figura 19 – Materiais e informações presentes na dissertação	50
Figura 20 – Paisagem no setor do Alto curso do rio Santana	61
Figura 21 – Paisagem no setor do Medio curso do rio Santana.....	61
Figura 22 – Paisagem no setor do Baixo curso do rio Santana	62
Figura 23 – Paisagem no setor da Foz do rio Santana	62
Figura 24 – Estabilidade da Paisagem.....	89
Figura 25 – Voçoroca junto a RJ-125, Miguel Pereira	97
Figura 26 – Esquema de Gleba produtiva no vale do rio Santana	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ordem Hierárquica dos rios da bacia do rio Santana.....	19
Tabela 2 – Sub-bacias da bacia do rio Santana e setores a que pertencem	60
Tabela 3 – Delimitações dos setores e sub-bacias da bacia do rio Santana.....	60
Tabela 4 – Classificação quanto ao grau de semelhança para o Parâmetro CO	64
Tabela 5 – Área original e atual de cobertura vegetal da bacia, por fitofisionomia	64
Tabela 6 – Área de vegetação original e atual por fitofisionomias por setor da bacia	65
Tabela 7 – Grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e atual da bacia	67
Tabela 8 – Classes de Uso e Cobertura do Solo	68
Tabela 9 - proteção fornecida ao solo por classe de uso.....	69
Tabela 10 - Parâmetro CA Índice de Proteção Total.....	69
Tabela 11 – Classes de uso e cobertura do solo por setor da bacia do rio Santana	70
Tabela 12 - Classes de Declividade - Parâmetro DM.....	73
Tabela 13 – Caracterização Fisiográfica do Relevo por setor da bacia do rio Santana	74
Tabela 14 - Classificação da Densidade de Drenagem –Parâmetro DD	76
Tabela 15 – Densidade de Drenagem por setor da bacia do rio Santana.....	77
Tabela 16 – Classes de balanço hídrico para o estado do Rio de Janeiro.....	80
Tabela 17 – Balanço Hídrico por Setor da bacia do rio Santana	80
Tabela 18 – Classificação dos Índices de Erosividade para o Estado do Rio de Janeiro	83
Tabela 19 – Índice de erosividade por setor da bacia do rio Santana	84
Tabela 20 – Classes de potencial erosivo	86
Tabela 21 – Classe do potencial erosivo dos solos por setor da bacia do rio Santana	87
Tabela 22 – Resultados do diagnóstico físico-conservacionista na bacia do rio Santana	89
Tabela 23 – Valores do fator erodibilidade (K) e da tolerância de perda dos solos na bacia ...	92
Tabela 24 – Valores de C em função das classes de uso	94
Tabela 25 – Conflitos do uso do Solo na bacia do rio Santana	96
Tabela 26 – Classes de Relevo de acordo com valores TPI	100
Tabela 27 – Ocorrência de APP segundo suas classes	100
Tabela 28 – Classes de uso racional do solo.....	104

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa Geológico da bacia do rio Santana	9
Mapa 2 – Mapa Geomorfológico da bacia do rio Santana	12
Mapa 3 – Mapa Pedológico da bacia do rio Santana	14
Mapa 4 – Mapa de Temperatura media anual da bacia do rio Santana	16
Mapa 5 – Mapa de Precipitação media anual da bacia do rio Santana	16
Mapa 6 – Mapa de Unidades de Conservação da bacia do rio Santana	26
Mapa 7 – Mapa de Setorização da bacia do rio Santana	63
Mapa 8 – Mapa Fitofisionômico da bacia do rio Santana	66
Mapa 9 – Mapa de Uso e Cobertura do solo da bacia do rio Santana	71
Mapa 10 – Mapa de Declividade da bacia do rio Santana.....	75
Mapa 11 – Mapa Hidrográfico da bacia do rio Santana	78
Mapa 12 – Mapa de Precipitação - Evapotranspiração da bacia do rio Santana	82
Mapa 13 – Mapa de Erosividade da bacia do rio Santana	85
Mapa 14 – Mapa de Potencial Erosivo da bacia do rio Santana.....	88
Mapa 15a – Equação Universal da Perda de Solo	95
Mapa 15 – Mapa de Conflitos do Uso do Solo na bacia do rio Santana	99
Mapa 16a – Topographic position index	101
Mapa 16 – Mapa de APP e áreas indicadas a Corredor Ecológico na bacia do rio Santana ..	103
Mapa 17 – Mapa de Uso Racional do Solo na bacia do rio Santana	107

RESUMO

A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do rio Santana, junto aos municípios de Japeri, Miguel Pereira, Paracambi e Vassouras no estado do Rio de Janeiro. Os procedimentos utilizados nesta pesquisa integram metodologias de diversos autores na elaboração de um roteiro metodológico para o planejamento ambiental, pautado nos fenômenos físicos da paisagem em especial nos processos erosivos do solo.

Com o objetivo de diagnosticar os diversos aspectos físicos, bióticos e de uso da terra na bacia, visando à elaboração de diretrizes e estratégias de preservação ambiental foi utilizada a metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista, adaptada para o Brasil por Beltrame (1994). A metodologia permite, a partir de uma setorização da Bacia, a avaliação de sete parâmetros identificando o estado ambiental da mesma. Aliada a esta metodologia foram utilizadas, a Equação Universal de Perda de Solo para complementação dos parâmetros e geração dos mapas de diagnóstico e prognóstico, e a ferramenta “Topographic Position Index” para mapeamento da geomorfologia utilizado na elaboração do mapa de áreas de preservação permanentes e corredores ecológicos.

A bacia do rio Santana como um todo teve um resultado moderado quanto ao seu grau de risco de degradação ambiental. De maneira geral o resultado na bacia apresentou a média de todos os setores, conseguindo equilibrar os piores com os melhores índices e desta forma se colocando como uma bacia ainda razoavelmente preservada que, no entanto, encontra-se bem próximo de uma descaracterização do viés ambiental.

A interpretação dos resultados obtidos nos modelos de diagnóstico indicou uma utilização do solo bem acima das capacidades naturais, o relevo acentuado e as precipitações e calor intensos na bacia por si só já são obstáculos ao uso intensivo do solo, aliado as leis de preservação ambiental fica inviabilizada a utilização das encostas para a pecuária tradicional. Assim faz se necessária uma nova ótica na utilização do solo, na qual deve se aliar a preservação natural aos retornos econômicos, que podem advir dela. Neste trabalho em decorrência das observações sobre perda de solo e necessidades legais de conciliação da terra apontaram os sistemas agroflorestais como principal forma de utilização racional dos solos nas vertentes e áreas ciliares aos rios e nascentes.

ABSTRACT

The research was carried through in the river basin of rio Santana, next to the cities of Japeri, Miguel Pereira, Paracambi and Vassouras in the state of Rio De Janeiro. The procedures used in this research integrate methodologies of diverse authors in the elaboration of a methodological script for the environmental planning, based in the physical phenomena of the landscape in special in the erosive processes of the soils.

With the objective to diagnosis the diverse physical and biotic aspects and the use of the land in the basin and aiming at the elaboration of lines and strategies of enviromental preservation, was used the methodology of the Diagnosis Physic-Conservationist, adapted to Brazil by Beltrame (1994). The methodology allows, from a setorization of the Basin, the evaluation of seven parameters identifying the environmental state of the same one. Allied to this methodology it have been use, the Universal Soil Loss Equation (USLE) for complementation of the parameters and generation of the diagnosis and prognostic maps, and the tool "Topographic Position Index" for mapping of the geomorphology used in the elaboration of the map of ecological corridors and areas of permanent preservation.

The basin of the river Santana as a whole had a moderate result in its degree of risk of environmental degradation. In a generalized manner the result in the basin presented measured of all the sectors, obtaining in such a way a balance of the worse ones with the best indices, and placing it as a basin still reasonable preserved that, however, meets well next to lose its natural character.

The interpretation of the results gotten in the models of the diagnosis indicated an use of the ground above the natural capacities, the accented relief and the intense precipitations and heat in the basin by itself already are obstacles to the intense use of the ground, ally the laws of environmental preservation are made impracticable the use of the hillsides for cattle in the traditional way. Thus it makes necessary a new optics in the use of the ground, in which the natural preservation to the economic returns must be entered into an alliance. In this work the result of the comments on loss of soil and legal necessities of conciliation of the land have pointed the agro-forestays systems as main form of rational use of ground in the hillsides and near areas to the rivers and springs.

1. INTRODUÇÃO

As relações históricas das sociedades com o meio ambiente, seus modos de apropriação do mundo material, suas relações sociais e práticas culturais são forças que modificam a paisagem e alteram o funcionamento dos sistemas naturais ao longo do tempo. Desta forma a transformação das áreas naturais em ambientes propícios a atividade econômica e social tem causado sérios danos ao equilíbrio da natureza no planeta.

A partir da revolução industrial cresceram os impactos na natureza causados pela sociedade e suas novas tecnologias, como por exemplo, as linhas de montagem e a produção massificada. Desde então os efeitos danosos podem ser observados nos diversos níveis de organização biológica, energética e material e nas diversas escalas espaciais indo do local ao global. As primeiras consequências são evidenciadas com a perda de biodiversidade, poluição dos recursos naturais e mudanças climáticas.

Estas e outras questões ambientais foram reconhecidas como problemas a partir do final dos anos 60 quando a ocorrência de desastres ecológicos levou ao surgimento de opiniões que não aceitavam que os governos ficassem sem respostas. Foi então que o relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - conhecido como Relatório Brundtland - (WCED, 1987), apresentou a possibilidade de um planejamento ambiental inserido no sistema econômico, lançando a idéia de desenvolvimento sustentável. Assim continuamente o tema ambiental ganha destaque nas discussões sobre os caminhos do desenvolvimento. O planejamento antes puramente econômico adquiriu um viés ambiental e passa a ser estimulado nas economias das grandes potências.

O início do planejamento no Brasil tem como marca *O Plano de Metas* do governo de Juscelino Kubistchek, apresentado em 1956, que tem como meta o desenvolvimento econômico brasileiro ainda sem preocupações diretas com o meio ambiente. Um longo tempo

levou para as concepções de desenvolvimento sustentável chegassem às políticas públicas brasileiras. Pode-se dizer que o planejamento ambiental no Brasil teve início a partir de 1981 com a elaboração das políticas nacionais de meio ambiente (PNMA), porém a repercussão da causa ambiental nos meios de comunicação e civil só veio ocorrer em 1992 com a conferência das nações unidas para o meio ambiente e desenvolvimento (RIO-92). Um dos resultados elaborados nesta conferência foi Agenda 21, que propõem um roteiro de ações concretas, com metas, recursos e responsabilidades definidas para o planejamento ambiental.

A adoção do planejamento ambiental local no Brasil ainda esta longe de ser uma realidade, a exploração econômica de curto prazo e as relações sociais que representam a gestão pública continuam a gerar um enorme custo socioambiental e de difícil reversão.

Mas recentemente alguns instrumentos foram criados para fortalecer todos os níveis de planejamento, do regional ao local, tendo como meta o desenvolvimento sustentável e a preservação. Entre eles temos: os zoneamentos ecológicos econômicos dos estados, os planos de manejo para as unidades de conservação, os planos estratégicos de recursos hídricos das bacias hidrográficas e os planos diretores.

Entende-se por planejamento ambiental o planejamento das ações humanas no território, considerando a capacidade de sustentação dos ecossistemas em nível local e regional, sem perder de vista as questões de equilíbrio das escalas maiores, visando à melhoria da qualidade de vida humana, dentro de uma ética ecológica. Nesse contexto, o planejamento ambiental pressupõe três princípios de ação humana sobre os ecossistemas, os quais podem ser combinados em diversos gradientes: os princípios de preservação, da recuperação e da conservação do ambiente, na perspectiva de atingir ao desenvolvimento sustentável (Franco, 2000 *apud* Pagani & Cavalheiro, 2004).

Assim, com a execução de um planejamento integrado, as áreas propícias para o desenvolvimento econômico devem ser caracterizadas, sempre respeitando os ecossistemas da região. O planejamento ambiental acaba se tornando, desta forma, um instrumento essencial para a conciliação entre o crescimento econômico e a exploração racional dos recursos naturais (Tornerio, 2000).

Para que isso seja viável, um dos possíveis produtos do planejamento ambiental deverá ser o zoneamento ambiental. Para Mota (1981), esse zoneamento resultará numa adequada distribuição das atividades num determinado espaço, evitando-se, com isso, efeitos indesejáveis no ambiente.

A elaboração de um Zoneamento Ambiental, pautado nas necessidades político-ambientais e numa visão mais abrangente da paisagem, torna-se um instrumento necessário a tomada de decisão e a preservação natural. Tendo como objetivo Preservar sem comprometer as atividades econômicas e sociais, estabelecendo assim parâmetros e metas para o desenvolvimento sustentável.

O Zoneamento Ambiental segundo Sanchez (1995) tem como função principal ordenar a diversidade de sistemas naturais, definindo os compartimentos e comportamentos dessa diversidade, para que diferentes ofertas da natureza deixem de ser estimadas como objetos imediatos de consumo e sejam valorizadas como expressões sensíveis de uma dinâmica, cuja compreensão condiciona a sustentabilidade do desenvolvimento.

Baseado nestas afirmativas este trabalho tem como objetivo propor bases para um planejamento ambiental, pautado nos diversos aspectos físicos, bióticos e uso do solo na área da bacia hidrográfica do rio Santana, em especial nas questões de erosão do solo, e representado através de um Sistema de Informação Geográfica. Procurando contribuir na elaboração de diretrizes e estratégias de ação que possam desencadear num melhor processo de gestão ambiental e no Zoneamento Ambiental efetivo da bacia.

A bacia hidrográfica do rio Santana está inserida e encerra o município de Miguel Pereira e, portanto, estratégico para a gestão integrada da bacia hidrográfica e do município. O rio Santana é um grande contribuinte do rio Guandu, principal manancial provedor de água da região metropolitana do Rio de Janeiro. O fornecimento de recursos hídricos, gerados gratuitamente pela natureza, é de vital importância para o ser humano e por tanto deve ser conservado, através de ações capazes de manter a oferta destes recursos naturais.

Esta região, explorada desde o século XVIII, teve sua economia toda baseada na produção agrícola de diversos insumos, sendo responsável pela fragmentação de grandes áreas de mata atlântica. Com o advento da estrada de ferro, por volta de 1900, houve um expressivo crescimento demográfico, surgindo às primeiras cidades e alterando as atividades econômicas. A partir de então se intensificou o processo de degradação ambiental.

A extração e queimada da cobertura vegetal original para o plantio de monoculturas, pecuária extensiva e como fonte de energia levaram o vale do rio Santana a um esgotamento dos recursos naturais e, conseqüentemente, ao declínio das atividades econômicas.

A paisagem na região hoje é o resultando da ação destes diferentes momentos do desenvolvimento da sociedade sobre a matriz natural. A vegetação está distribuída em estreitas matas ciliares e pequenos fragmentos florestais situados em encostas e fundos de vale

envoltos por pastagens para gado e morros descampados, com vertentes erodidas e presença de processos erosivos intensos. Por tanto a utilização de uma abordagem voltada para a compreensão da paisagem, que procure conciliar os aspectos humanos a morfologia da paisagem é essencial.

Em função da análise das questões abordadas estabeleceu-se a organização desta dissertação em sete capítulos, a contar da introdução.

O primeiro capítulo apresenta a Introdução e objetivos propostos nesta dissertação

O segundo capítulo apresenta uma caracterização da bacia hidrográfica do rio Santana, abordando aspectos físicos, vegetacionais e históricos da área de estudo. A partir da qual procura se analisar os impactos socioeconômicos as morfologias da paisagem.

O terceiro capítulo responde pelo referencial teórico que aborda as diferentes linhas de pensamento no qual o trabalho se baseia. Enfoca as bases teóricas do zoneamento ambiental, em especial os procedimentos diagnósticos propostos por Xavier da Silva, na aplicação do diagnóstico físico-conservacionista (DFC), metodologia proposta por Hidalgo (1990) e adaptada à realidade brasileira por Beltrame (1994), no ordenamento territorial proposto por Sanchez (1995) e na abordagem dialética de Rodriguez (1997), onde o conceito de ecologia da paisagem é usado como base para uma análise sistêmica do espaço. Neste capítulo é dado ênfase ao uso do geoprocessamento para análise ambiente e na proposta de estratégias para conservação, apontando as discussões a respeito da dimensão atual do conceito de gestão, sobretudo a gestão ambiental e a adoção da bacia hidrográfica como unidade adequada para o tratamento dos componentes e da dinâmica da paisagem e suas inter-relações concernentes ao planejamento e ao desenvolvimento, locais.

O quarto capítulo apresenta as metodologias utilizadas e a descrição das ferramentas técnicas para elaboração dos resultados. A metodologia objetiva determinar o potencial de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica, a partir de fatores naturais, e projetar mudanças futuras na paisagem, como subsídios ao zoneamento ambiental.

No quinto capítulo estão os resultados da aplicação do DFC para a bacia do rio Santana. O cálculo do valor do processo de degradação da bacia em função dos sete parâmetros adotados: cobertura vegetal original e atual, declividade, erosividade e erodibilidade, densidade de drenagem e balanço hídrico. Ainda avalia o estado ambiental da bacia, destacando o processo de ocupação e transformação dessa área, e a partir da equação universal da perda de solos apresenta os conflitos de uso do solo identificados.

No sexto capítulo estão as análises posteriores do diagnóstico físico conservacionista, neste capítulo estão a equação universal da perda de solo (EUPS), o mapa de conflitos de uso, as análises de áreas de preservação permanentes (APP), classes de relevo utilizando a ferramenta “topographic Positional Index” (TPI) e as análises de relevância dos corredores ecológicos.

O sétimo capítulo apresenta o prognóstico do uso do solo na bacia. O prognóstico proposto integra o conflito de uso do solo com as necessidades legais, áreas de preservação permanentes, e de se promover um corredor ecológico de forma a compor um mapa de uso racional do solo.

O oitavo capítulo sedimenta algumas reflexões empíricas e metodológicas atreladas a esta pesquisa e conclusões finais a cerca da dissertação.

OBJETIVO GERAL

Criar, analisar e adaptar metodologias de diagnóstico com bases geo-ecológicas para bacia hidrográfica do rio Santana, como subsídio ao Planejamento Ambiental local.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Criar um banco de dados georreferenciados, na escala 1:50.000, das informações ambientais da bacia hidrográfica do rio Santana.
- Adaptar a metodologia do diagnóstico físico-conservacionistas à realidade dos municípios interioranos fluminenses.
- Aplicar a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) para avaliação dos impactos decorrentes do uso do solo na bacia do rio Santana.
- Propor soluções para adequação do uso e cobertura do solo na implementação do corredor ecológico Tinguá-Bocaina.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo situa-se a sudoeste do Estado do Rio de Janeiro, no limite nordeste da baixada de Sepetiba, município de Miguel Pereira (figura 1). O vale do rio Santana nasce próximo à cidade de Miguel Pereira e estende-se para sudoeste, até os arredores da cidade de Japeri. A bacia hidrográfica deste rio é circundada pela serra do Pau Ferro na proximidade de Paracambi, pela serra da Bandeira na proximidade de Japeri, a sudeste pela serra do Tinguá e a Leste pela serra do Couto. O rio Santana (figura 2a) e o ribeirão das Lajes formam o rio Guandu próximo a Japeri (figura 2b), constituindo a principal drenagem da baixada de Sepetiba.

Figura 1 – Área de estudo: Bacia do Rio Santana

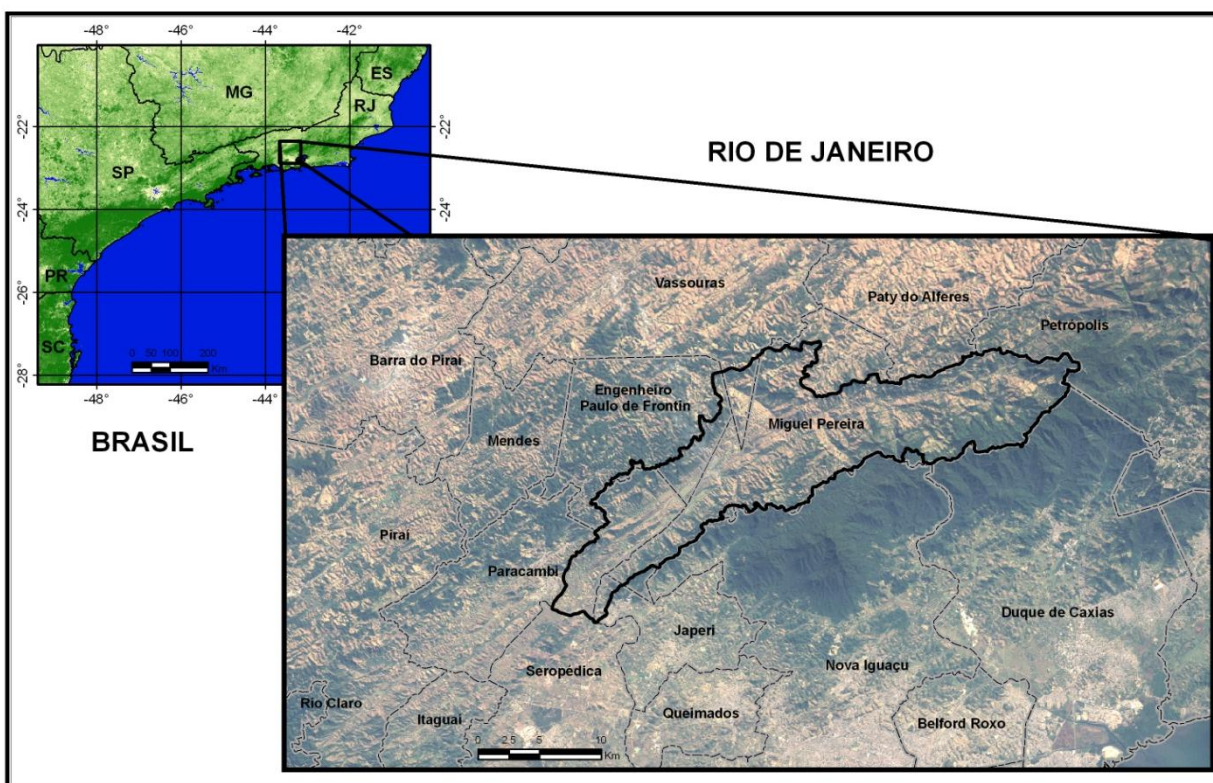


Figura 2a – Foz do rio Santana



Figura 2b – Rio Guandu nas proximidades de Japeri



2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO RIO SANTANA

Os principais fatores físicos associados ao relevo na região podem ser descritos segundo suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas. Desta forma estes diferentes aspectos são abordados a seguir:

2.1.1 Geologia

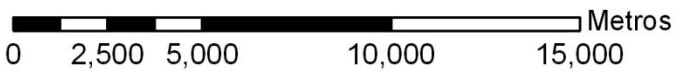
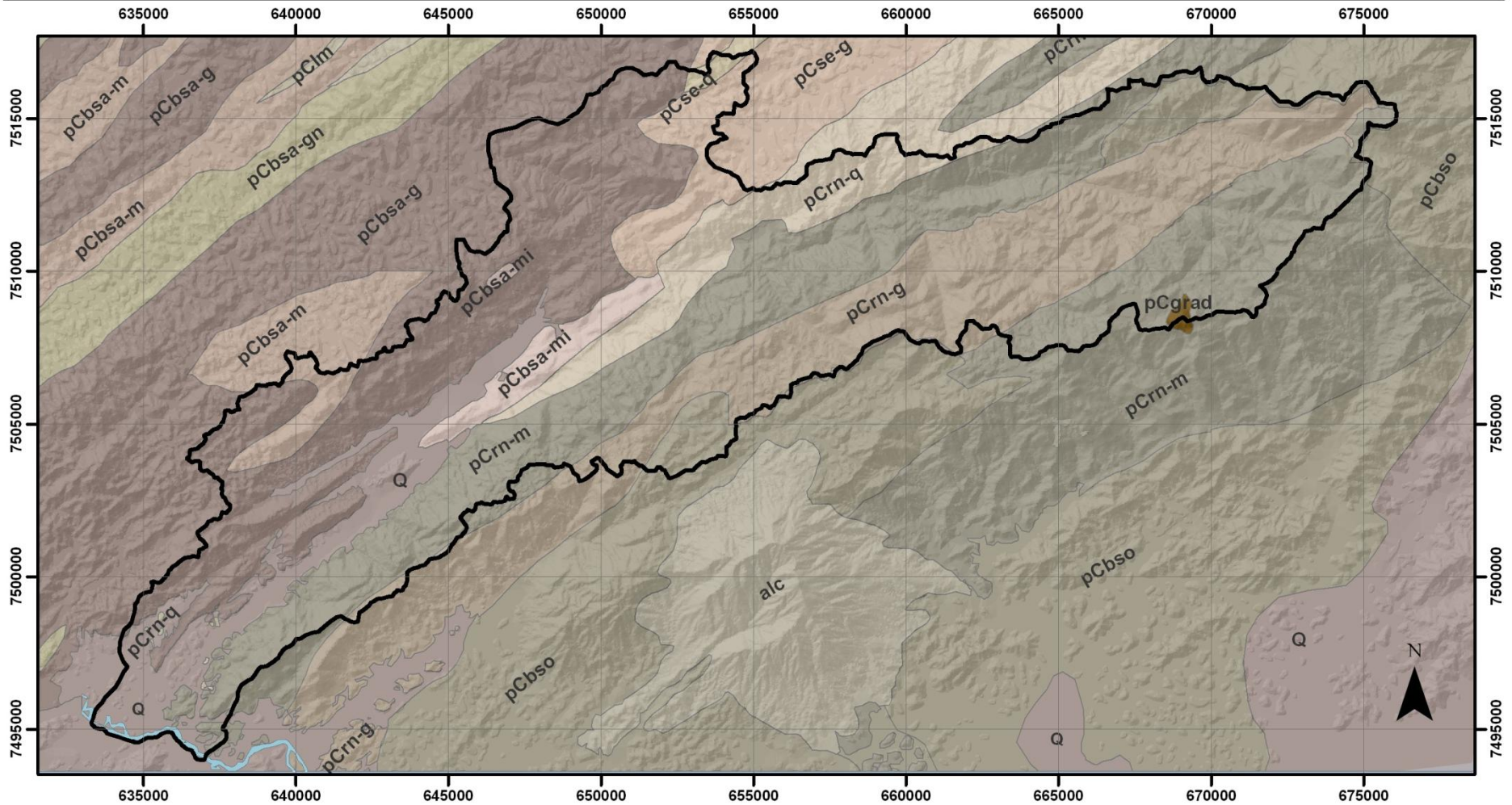
Segundo o mapa geológico (DRM/RJ 1982 - mapa 1), o vale do rio Santana é limitado pelas unidades: *Serra das Araras*, um batólito, composto por granitóides e migmatitos e exposto na serra da Bandeira; e *Rio Negro*, composta por migmatitos estromáticos e gnaisses com lentes de quartzito expostos na serra do Pau Ferro.

O vale do rio Santana tem um marcante controle estrutural evidenciado pelo encaixe no lineamento Jacuecanga-Conrado, cuja movimentação, relacionada à reativação tectônica Sul-atlantiana, perduraria até os dias atuais, originando pequenos sismos observados na região de Angra dos Reis em 1989 (Penha & Barand 1989).

O marcante controle estrutural, associado a uma litologia menos resistente aos processos de intemperismo e erosão, parece ter condicionado o recuo diferencial e a degradação mais intensa desse trecho da escarpa da Serra do Mar. A competência erosiva do rio Guandu recuou a escarpa da Serra das Araras até o lineamento Jacuecanga-Conrado, capturando o rio Santana e o ribeirão das Lajes, que, anteriormente, drenavam para o vale do rio Paraíba do Sul (CPRM, 2001).

Penha *et al.* (1997) enumeram várias evidências sugestivas de tectonismo no vale do rio Santana, tais como: retilinearidade do vale segundo traços de falhas antigas e/ou recentes; inversão nos sentidos de drenagens; captura fluvial; processo de depressão em forma alongada. A bacia está enquadrada por uma série de feições de degraus ao longo de perfis longitudinais dos talwegues, produzidos por falhas paralelas de direção SW-NE, do tipo fossa tectônica, denominado graben do rio Santana. Em contraposição a este lineamento paralelo ao front da escarpa, estão os vales estruturais com direção SE-NW, ortogonais a este Lineamento.

MAPA 1 - GEOLOGIA DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa Litológico - CPRM e LGA UFRRJ		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Legenda	Classes Geológicas	pCgrad Aplogranito Leucocratico	alc Maciço Alcalino do Tingua
	pCbsam Batol. Sa. das Araras (Itaocara)	Q Quaternario	pCseg Rochas diques basalticas (Gnasses)
	pCbsagn Batol. Sa. das Araras (Gnaisses)	pCrng Unidade Rio Negro (granito)	
	pCbsam Batol. Sa. das Araras (Migmatitos)	pCrnm Unidade Rio Negro (migmatito)	
	pCbsag Batol. Sa. das Araras (granitoide)	pCrnq Unidade Rio Negro (quartzito)	
	pCbso Batolito Serra dos Orgaos		

2.1.2 Geomorfologia

A bacia do rio Santana está inserida na Unidade Geomorfológica Escarpas das Serras das Araras e Paracambi, que consiste num degrau de borda de planalto intensamente dissecado e recuado, apresentando cristas amorreçadas, emoldurando o recôncavo da Baixada de Sepetiba. Trata-se de uma unidade de relevo transicional entre os terrenos planos e colinas isoladas da Baixada de Sepetiba e o relevo colinoso da depressão interplanáltica do médio vale do rio Paraíba do Sul (CPRM, 2001).

Segundo CPRM (2001) a unidade apresenta um alto potencial de vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa, tanto pelo relevo escarpado submetido a um forte controle litoestrutural, quanto pelo desmatamento generalizado ocorrido. Trata-se do trecho da escarpa da Serra do Mar mais devastado no estado do Rio de Janeiro. Consiste numa unidade de relevo extremamente vulnerável a eventos de chuvas intensas.

Na bacia esta unidade apresenta cinco domínios geomorfológicos (mapa 2), a Saber:

Domínio das Escarpas Serranas, representado por relevo montanhoso extremamente acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados com desníveis superiores a 600m em altitudes, variando de 50 a 1.000 m. Com ocorrência de colúvios e depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha; (Figura 3)

Figura 3 – Relevo das Escarpas Serranas



Domínio Montanhoso, Relevo montanhoso, muito acidentado, localizado, em geral, no reverso da escarpa da Serra do Mar, em altitudes superiores a 800m, tem declividades acentuadas com media próxima a 25°. Neste domínio se encontram as cabeceiras do rio Santana e seu ponto mais alto, pico do Couto com 1766 m.; (Figura 4)

Figura 4 – Relevo Montanhoso



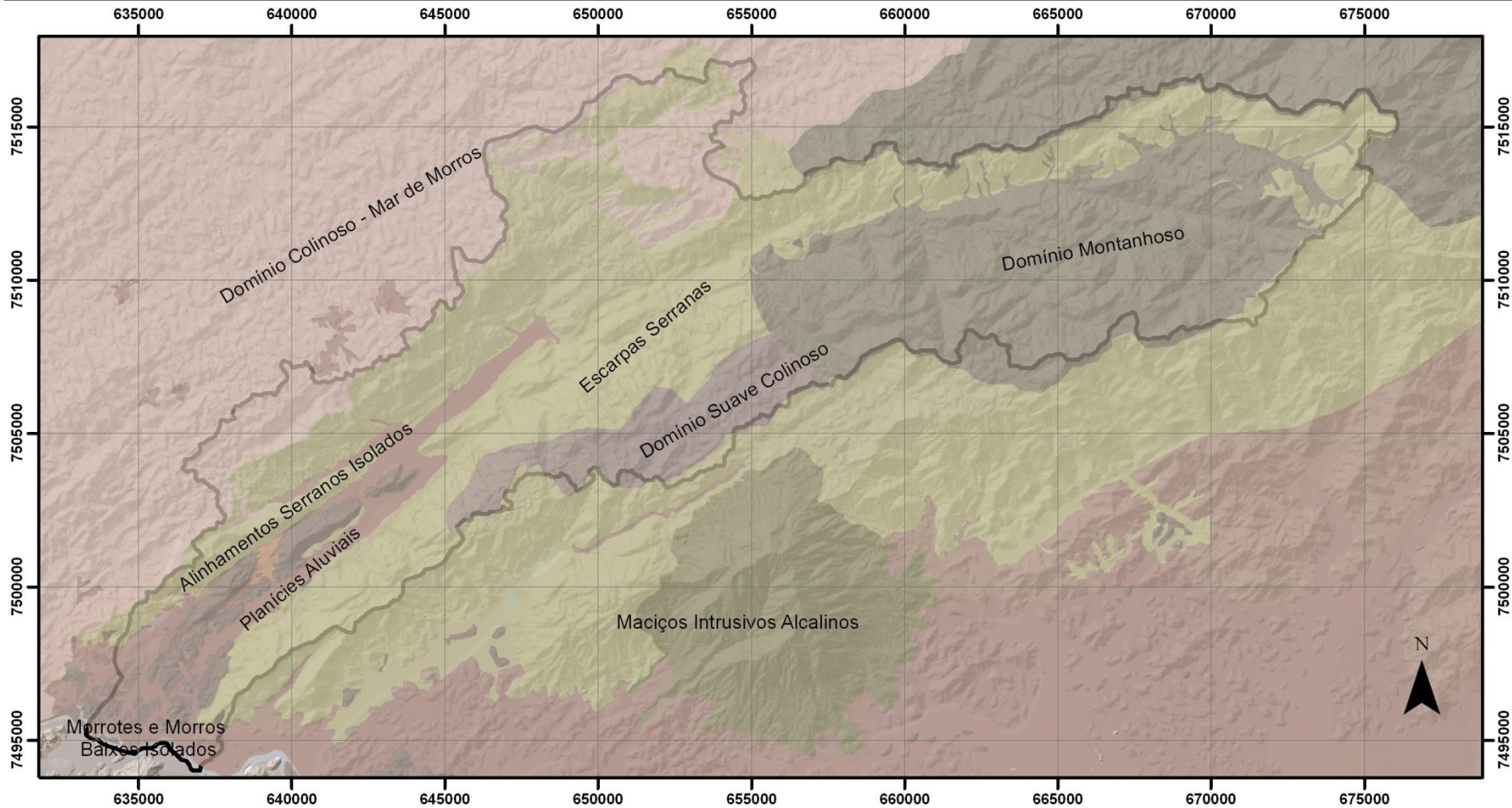
Domínio Suave Colinoso, inserido nos domínio das Escarpas Serranas e montanhoso, localizado no médio vale na borda da bacia, em altitudes medias de 700 m. Na região é conhecido como planalto da água-parada devido à grande quantidade de nascentes que brotam nesta região e que convergem para áreas alagadiças entre morros. Ocorrência de compartimentos colinosos e/ou de morros, em seções alveolares, com relevo suave ondulado.

Domínio da Baixada, que corresponde a uma estreita planície fluvial entre as escarpas serranas, porém comprida com aproximadamente 30 km de extensão por em media 1 km de largura, totalizando 2.000 ha de baixada; Inserida na região da baixada encontra-se o domínio das colinas isoladas em geral são pequenos morrotes que chegam a no Maximo 200 m de altitude com declividades moderadas. (Figura 5)

Figura 5 – Relevo de Colinas isoladas e Baixada



MAPA 2 - GEOMORFOLOGIA DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa Geomorfológico CPRM e LGA UFRRJ		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Domínios Geomorfológicos	
	Alinhamentos Serranos Isolados
	Escarpas Serranas
	Domínio Colinoso - Mar de Morros
	Maciços Intrusivos Alcalinos
	Morrotes e Morros Baixos Isolados
	Domínio Montanhoso
	Domínio Suave Colinoso
	Planícies Aluviais

2.1.3 Pedologia

Segundo Bohrer et al (s.d.) os solos são a resultante de uma combinação da litologia dominante, das variações do relevo, do clima e da cobertura vegetal, que exerce influência através de processos físicos e hidrológicos (fixação mecânica, interceptação, infiltração, evapotranspiração), e ecológicos (produção de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes).

A classificação dos solos por sua vez leva em consideração diversas características morfológicas, como cor, teor de umidade, estrutura, textura, consistência e espessura dos horizontes (Lepsch, 1976 *apud* Bohrer, s.d.). Com base nos mapeamentos de solos produzidos pela EMBRAPA e DRM, a área de estudo possui as seguintes classes (mapa 3), atualizadas de acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999):

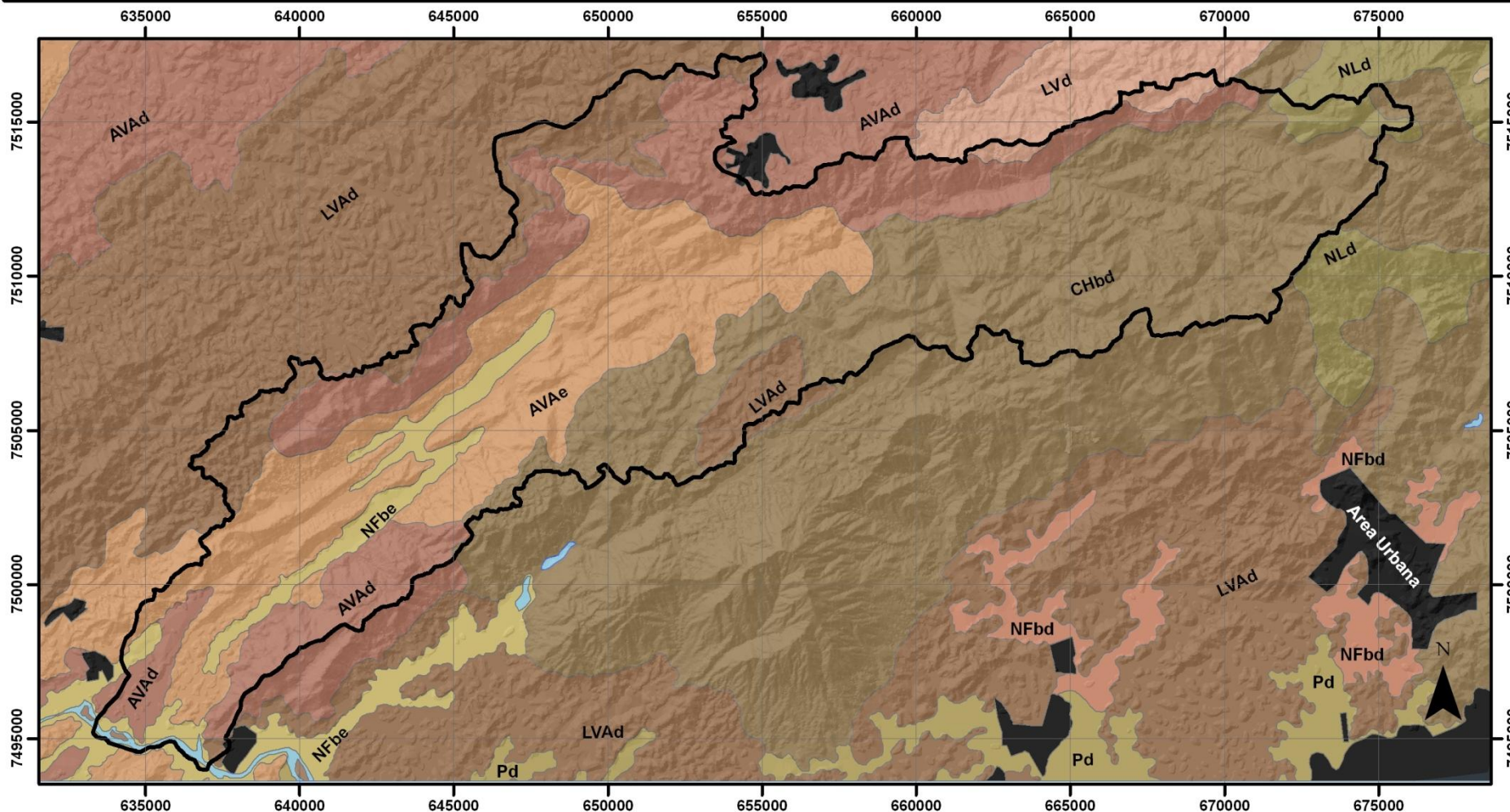
Argissolos Vermelho-Amarelo – solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural argiloso logo abaixo do horizonte A, com teores variáveis de nutrientes e baixos de Fe_2O_3 (Embrapa, 1999). São em geral profundos e bem drenados, com estrutura de moderada a forte. Derivam da decomposição de rochas do Pré-Cambriano (Farias, 2006). Apresentam certo potencial erosivo devido ao acentuado gradiente textural e adensamento do topo do horizonte B, que reflete na redução da permeabilidade do solo (Bohrer, s.d.). São os solos predominantes na bacia. Ocorrendo principalmente nas encostas.

Latossolos - Ocorre sob condições de relevo suave ondulado até montanhoso e está relacionado com a vegetação de floresta ombrófila (Bohrer, s.d.). Tem como característica a presença de um horizonte B latossólico e apresenta em todo o perfil um avançado estágio de intemperização. São destituídos de minerais primários e secundários alteráveis, predominando argila caulínica e óxidos de ferro e alumínio, com baixa capacidade de troca e saturação. São solos normalmente planos, muito profundos, muito porosos, acentuadamente ou fortemente drenados e ácidos. (EMBRAPA, 1999). Incluem Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo ocupam as colinas e parte das escarpas da Serra do Mar, ocorrendo nos limites da bacia.

Cambissolo Háplico - solos com horizonte B incipiente ou câmbico, rasos a pouco profundos, moderadamente a bem drenados. De acordo com o conteúdo de matéria orgânica e argila no horizonte A, podem ser classificados de Hístico, Úmico ou Háplico, estes os mais pobres em matéria orgânica (EMBRAPA, 1999). Ocorrem principalmente no topo da serra.

Planossolos – são solos minerais, geralmente hidromórficos, com seqüência de horizontes A-Bt-C, caracterizados por mudança textural abrupta que, no solo seco, forma uma fratura de separação entre o horizonte B e o sobrejacente. Apresenta condição de drenagem imperfeita ou má (Bohrer, s.d.).

MAPA 3 - PEDOLOGIA DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências:		Data:	
Mapa Pedológico - CPRM		Fev - 2009	
Autor:	Projeção:	Datum:	Escala:
Felipe Mendes Cronemberger	UTM	WGS - 84	1: 200.000

Legenda: Classes de Solos				
	Area Urbana		LVd	Latossolo Vermelho Distrofico
	Corpo de Agua		LVAAd	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrofico
	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrofico		NFbd	Neossolo Fluvico argila baixa Distrofico
	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrofico		NFbe	Neossolo Fluvico argila baixa Eutrofico
	Cambissolo Haplico argila baixa Distrofico		NLD	Neossolo Litico Distrofico
			Pd	Planossolo Hidromorfo distrofico

Neossolos Flúvicos – são solos minerais pouco evoluídos, derivados de sedimentos aluviais recentes (Quaternário) com horizonte A assentado sobre horizonte C, constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si (EMBRAPA, 1999). Ocorre principalmente na planície de inundação do rio Santana. Pouco suscetíveis à erosão, normalmente apresentam problemas de inundações durante a estação chuvosa. A fertilidade é normalmente maior pela concentração de sedimentos e matéria orgânica transportados pela erosão. (Brasil, 1972; Lopes, 2004 *apud* Farias, 2006).

Neossolo Litólico Distrófico – são solos minerais pouco evoluídos, rasos, constituídos por um horizonte A assentado diretamente sobre a rocha, ou sobre um horizonte C ou B incipiente e pouco espesso. É comum possuírem elevados teores de minerais primários menos resistentes ao intemperismo, assim como cascalhos e calhaus de rocha semi-intemperizada na massa do solo, estando, em geral, associados aos Cambissolos.

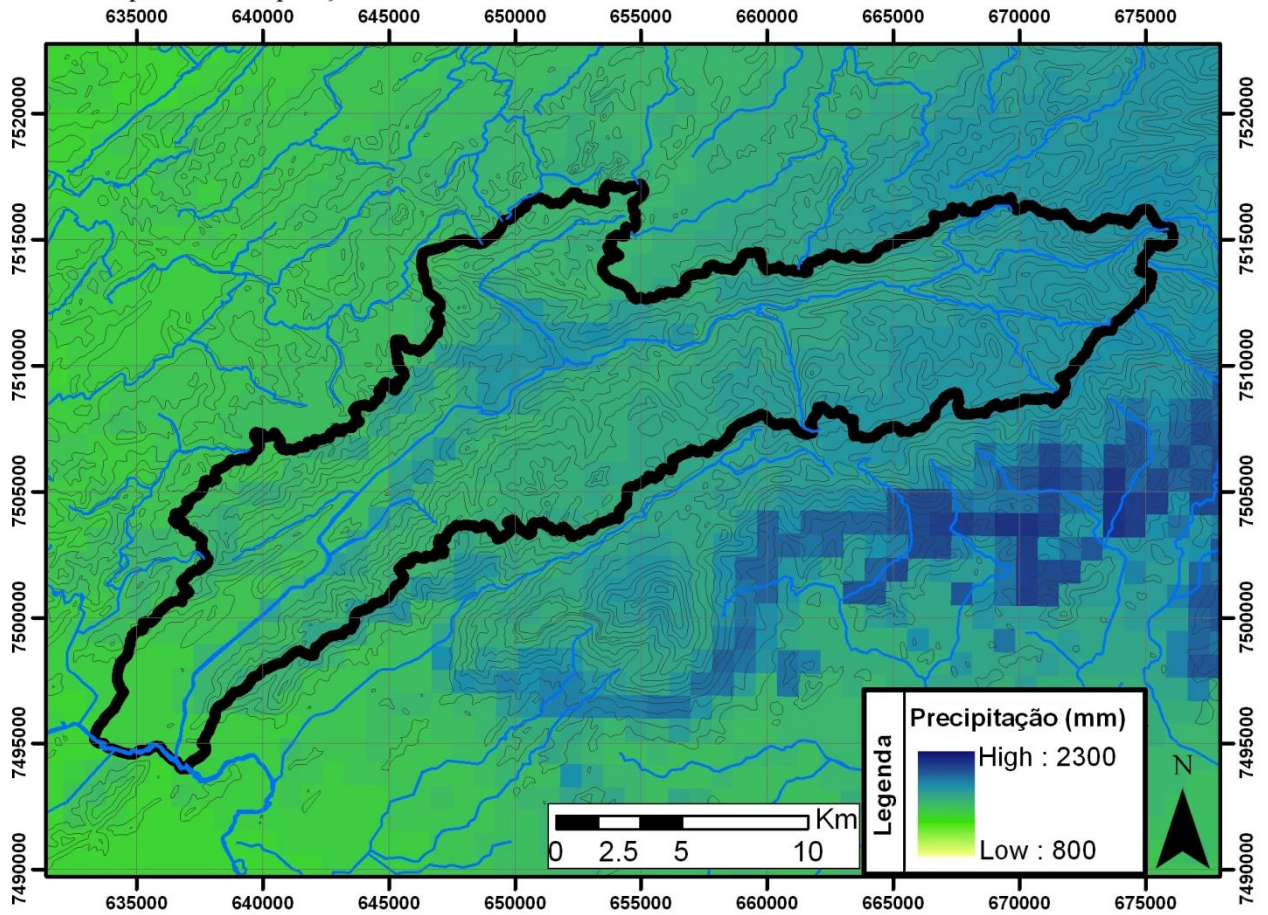
2.1.4 Clima

A partir dos grids climáticos do WORLDCLIM pode-se caracterizar o clima da bacia como tropical úmido, com temperatura média anual entre 24°C e 28°C (mapa 5), elevados índices pluviométricos, cuja média anual varia de 1500 mm a 2300 mm (mapa 4). O período de precipitação pluviométrica máxima vai de novembro a março e, o de mínima, de junho a agosto. Sendo que julho é o mês mais seco, com precipitação média mensal inferiores a 50 mm e, janeiro, o mês mais chuvoso, com média de 300 mm.

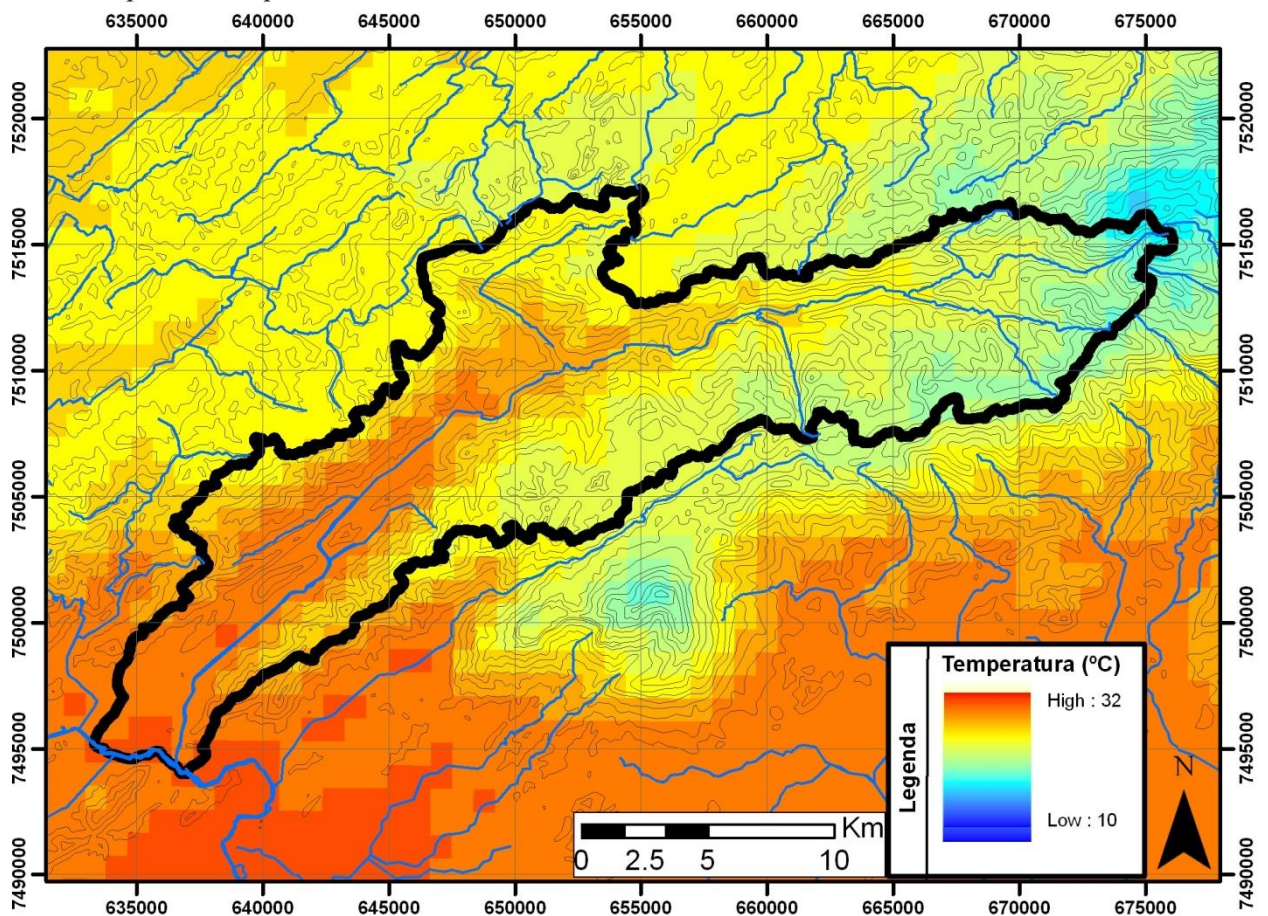
As características morfológicas da serra determinam uma série de variedades climáticas, tanto no que se refere à temperatura quanto à precipitação, principalmente devido às diferenças de altitude. As temperaturas são mais quentes nas planícies com médias mensais máximas de 32°C em janeiro e fevereiro, moderadamente quente nas vertentes e mesotérmicas no alto da serra do Mar com médias mensais mínima de 17°C de junho a julho.

A evapotranspiração potencial também sofre variações bruscas no espaço, variando cerca de 200 mm ao mês entre as partes mais e menos úmidas. A barlavento da serra do Tinguá, no topo da bacia, a evapotranspiração fica entorno de 50 a 90 mm, com médias mínimas de 50 mm nos meses de junho a agosto. A evapotranspiração é mais intensa principalmente na baixada, junto a foz do rio Santana, com máxima próximas a 300 mm mensais, enquanto que nas partes menos úmidas, junto à foz do rio Santana, a evapotranspiração potencial varia entre 100 a 250 mm mensais.

Mapa 4 - Precipitação total anual na Bacia do rio Santana



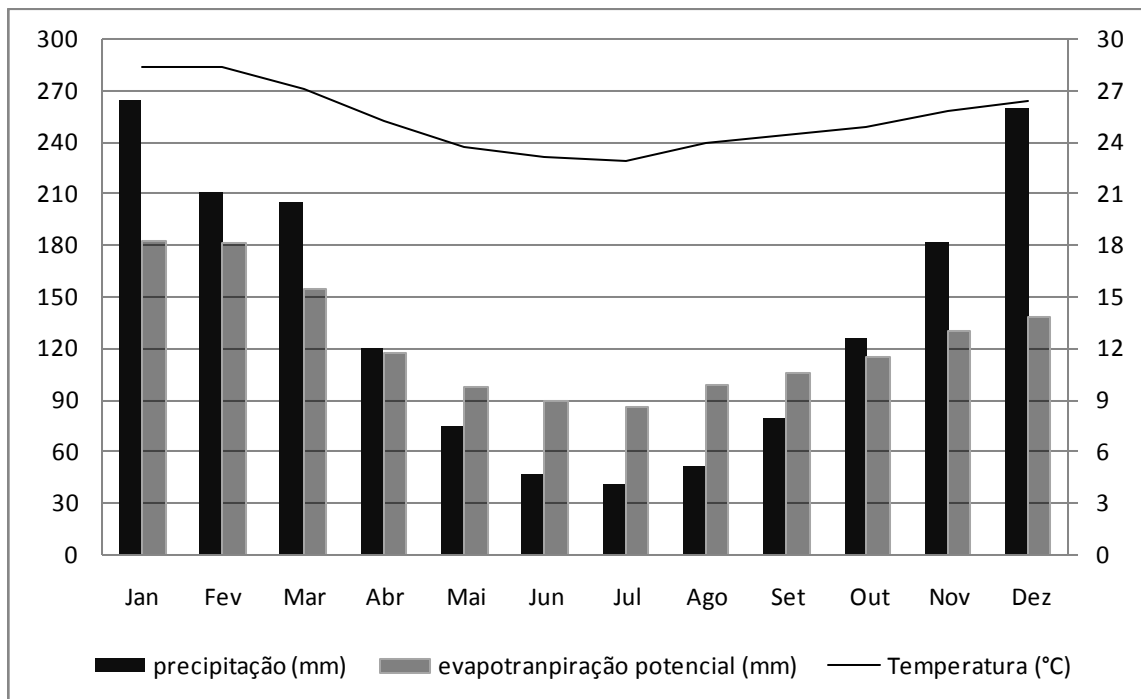
Mapa 5 - Temperatura media anual da Bacia do rio Santana



Referências: Mapas de Precipitação e Temperatura Mensal - WORLDCLIM			Data: Fev - 2009
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 300.000

Com base nos mapas climáticos gerados neste trabalho foi elaborada uma tabela com os dados médios de temperatura, precipitação e evapotranspiração da bacia (Figura 6).

Figura 6- Precipitação, Evapotranspiração e Temperatura ao longo do ano



2.2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO RIO SANTANA

As características fisiográficas apresentadas pela bacia do Rio Santana facilitam a preservação de seus mananciais, que aliadas a um clima tropical úmido e a floresta Ombrófila densa, permitem um volume considerável de vazão dos canais de drenagem

As obras de retificação do canal principal do rio Santana são documentadas desde a década de 40 (Goes, 1942). Estas tornaram o sistema fluvial, originalmente meandrante de canal raso e larga planície de inundação (figura 7 e 8), em um rio retilíneo com barrancos profundos (figura 9 e 10). A partir da década de 60, começaram a operar na região areais. A extração de areia se deu de forma intensa e agressiva, quase todo o canal, junto a baixada, era explorado através de dragas elétricas situadas uma próxima a outra, retirando por volta de 1.000 m³ por dia, na fase de maior exploração durante a década de 70.

Figura 7 – Rio Santana na década de 70



Figura 8 - Rio Santana na década de 70



Figura 9 – Rio Santana atualmente (2009)



Figura 10 - Rio Santana atualmente (2009)



Na tentativa de alcançar seu perfil de equilíbrio, o canal de drenagem se modificou: rebaixou, deixando expostos barrancos com até 10m de altura; estreitou-se, passando de um rio largo e raso, que chegava a 50 m de largura e menos de 1m de profundidade, para um rio estreito, mas também raso, com média menor que 10m de largura e pouco mais de 1 m de profundidade.

A fim de estabelecer um ordenamento da rede de canais que drenam uma bacia, alguns autores propõe critérios de hierarquização de bacias. Dentre os critérios mais utilizados destacam-se o de Horton (1933) e o de Strahler (1952)¹ (SEA, 2009).

De acordo com o critério de Strahler, os rios foram hierarquizados na bacia conforme observado na tabela 1. Observou-se também em campo a existência de vários cursos intermitentes que aparecem nos períodos de maior precipitação, porém estes não foram contabilizados na hierarquização.

Tabela 1 – Ordem Hierárquica dos rios da bacia do rio Santana

Ordem	Nº de Canais	Extensão (Km)
1 ^a	274	259
2 ^a	73	102
3 ^a	9	45,6
4 ^a	3	26
5 ^a	1	43,1
Total:	360	475,7

A bacia do rio Santana tem uma área de 333,5 km² apresentando um total de 360 canais com uma extensão de 475,7 km. Possui alta densidade de drenagem com padrão de drenagem retangular, no contato dos rios contribuintes com o rio Santana e, em direção as cabeceiras de drenagem, observa-se um padrão associado ao dendrítico. Na escala observada (1:50.000) o leito principal do rio Santana se caracteriza com um rio de 5^a ordem, na junção de suas nascentes com o rio Falcão. Os principais tributários do rio Santana são: rios Falcão e São João da Barra, de 4^a ordem; rios Vera Cruz, Santa Branca, Cachoeirão, Floresta e córrego João Correia, de 3^a ordem.

¹ Critério é estabelecido a partir dos seguintes princípios: (A) canais que não possuem afluentes são canais de 1^a ordem; (B) quando dois canais de mesma ordem se encontram, o canal resultante aumenta uma ordem e (C). Quando canais de ordens diferentes se encontram, o canal resultante mantém o valor de maior ordem. Neste critério, cada segmento de canal existente na rede hidrográfica recebe uma determinada ordem, sendo que a bacia como um todo assume a ordem do canal de maior valor

2.3 VEGETAÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Santana apresenta diversas fitofisionomias de Mata Atlântica (figura 11), termo genérico que abrange às formações florestais ombrófilas e estacionais extra-amazônicas, além das formações não florestais associadas: manguezais, restingas e campos de altitude (Câmara 1991; Joly et al. 1999).

Figura 11 – Remanescentes florestais ao longo do gradiente altitudinal



Originalmente toda a região de estudo era recoberta pela Mata Atlântica, que se estendia da planície do Guandu até as escarpas interioranas do Vale do Paraíba e Serra do Mar, com perfil de vegetação marcado pela transição das formações florestais por faixas de altitude. Na paisagem da bacia, existe um predomínio das formações florestais, classificadas por Veloso et al. (1991) em Floresta Ombrófila Densa. Segundo Veloso *et. al.* (1991), as formações distinguem-se por delimitações altimétricas, em Floresta Aluvial (depressões e terraços aluviais ao longo dos rios), Floresta de Terras baixas até 50m, Floresta Submontana de 50 a 500m, Floresta Montana de 500 a 1500m e Alto-montana acima de 1500.

A Floresta Ombrófila Densa é constituída por uma vegetação formada principalmente por espécies arbóreas perenes geralmente formando um dossel espesso e estratificado, fanerófitos perenefólios. A altura do dossel varia de 20-35m, podendo ocorrer indivíduos emergentes em áreas espaçadas. A ocorrência deste tipo de vegetação relaciona-se a fatores climáticos como, elevadas temperaturas (médias de 25°C) e pluviosidade bem distribuída durante o ano, sem um período biologicamente seco. Pode comportar até três estratos de plantas, sendo eles: estrato herbáceo, que consiste de ervas e plântulas de regeneração natural das árvores; estrato arbustivo, formado principalmente de plantas lenhosas arbustivas e

herbáceas de grande porte; e estrato arbóreo, dominado por espécies macrofanerófitas. É intensa a ocorrência de epífitas e lianas.

A Floresta Ombrófila Densa Alto-montana ocorre acima dos 1500 m, sendo caracterizada por uma formação arbórea mesofanerofítica com até 20 m de altura, que se localiza no cume das altas montanhas sobre solos litólicos. A vegetação é composta por indivíduos de famílias universais, no entanto muitas de suas espécies são endêmicas (IBGE, 1992). A formação Alto-montana se manteve íntegra principalmente próxima ao cume dos relevos dissecados, sendo pouco representativa em área, mas muito importante devido ao endemismo típico desta formação. Nesta faixa de altitude as neblinas são constantes e algumas espécies adaptadas dificilmente ocorrem em trechos mais baixos, tendo uma função de condensação e precipitação da neblina, “mata de neblina”.

Os remanescentes florestais mais bem preservados da bacia encontram-se sobre as encostas e topos de morro, principalmente nas vertentes mais íngremes da serra do Tingüá, sendo compostos por Floresta Ombrófila Densa Montana (figura 12). A Floresta Ombrófila Montana se localiza em áreas de relevo montanhoso, sobre litologias pré-cambrianas, entre 500 e 1500 m de altitude, com fisionomia arbórea densa, de troncos relativamente delgados e altura de dossel em torno de 20m. Na área em pauta a ocorrência desta vegetação está geralmente associada às vertentes, o que acarreta em alteração na estrutura vegetal devido à constante queda de encostas e conseqüentemente abertura de clareira seguida de regenerações secundárias, definindo uma estrutura estratificada de dossel e densos sub-bosques.

Figura 12 – Remanescente de Floresta Ombrófila Montana



A vegetação situada nas planícies de inundação do rio Santana era formada por floresta Aluvial e junto aos sopés dos morros era composta pela Floresta de Terras Baixas. Estas formações foram a mais afetada pelos sucessivos ciclos de exploração humana, concentrados nas áreas mais planas e de menor altitude, que facilitavam o uso agrícola e pecuário, tendo sido totalmente derrubadas.

A formação Submontana também foi bastante afetada pelo longo histórico de ocupação humana na região, principalmente pela exploração madeireira e agropecuária, restando poucos fragmentos com composição florística e estrutura semelhantes às originais. A baixa fertilidade dos solos e os processos erosivos, aliados à queimada anual do pasto, tornam cada vez mais difícil o processo de regeneração natural, predominando fragmentos isolados de diversos tamanhos em estágio inicial a médio de regeneração.

A vegetação na área de estudo apresenta diferentes níveis de alteração antrópica em função do tempo de ocupação da região. Desta forma utilizou-se a classificação da vegetação segundo os graus de sucessão ecológica (CONAMA 06/1994), caracterizadas a seguir.

A vegetação secundária em avançado estágio de sucessão se origina de áreas de encerramento de um determinado ciclo de colonização, em que as atividades antrópicas foram desativadas, com cerca de 20 a 30 anos. Este tipo de vegetação apresenta espécies com cerca de 20 m de altura, dossel contínuo e uni estratificado, com o aparecimento de algumas poucas emergentes. O diâmetro das árvores não varia muito, apresentando 20 cm em média. O sub-bosque já possui alguma estratificação, com os estratos bem aparentes de ervas e arbustos. A camada de liteira é mais espessa que a da floresta, devido a rápida produção de folhas e menor densidade de microrganismos decompositores. As espécies mais abundantes e características na área de estudo, são: Paineira (*Chorisia speciosa*), Sapucaia (*Lecythis sp.*), Canela (*Ocotea sp.* e *Nectandra sp.*), palmito (*Euterpe edulis*) e quaresmeira (*Tibouchina sp.*)

A vegetação secundária em médio estágio de sucessão corresponde às formações vegetais com período de sucessão de 10 a 20 anos, denominada Capoeirão (figura 13). O capoeirão possui altura entre 15 e 20 m de altura, dossel também contínuo e uni estratificado, e árvores com diâmetros entre 10 e 20 cm em média. O sub-bosque neste tipo é indiferenciado do dossel, praticamente sem estratos. Neste tipo a liteira é ainda mais espessa que na vegetação secundária avançada. Entre as espécies mais frequentes destacam-se o Guapuruvú (*Schyzolobium parahyba*), palmeiras (*Geonoma sp.*), Ipê (*Tabebuia sp.*), Angico (*Anadenanthera sp.*) e Pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*.)

Figura 13 – Vegetação secundária em estágio médio de regeneração



A vegetação secundária em baixo estágio de sucessão corresponde às formações vegetais com período de sucessão de 5 a 10 anos, denominado Capoeira. Nestas capoeiras predominam espécies lenhosas da sucessão inicial como arvoretas cuja altura média não ultrapassa 5 a 7 m e os diâmetros variam entre 5 e 10 cm. Não existe sub-bosque diferenciado, a competição entre plantas é elevada e a luminosidade penetra até o chão, permitindo a invasão por algumas ervas heliófitas como as gramíneas, ciperáceas e helicônias. Dentre as espécies arbustivas e arbóreas presentes, destacam-se: Embaúbas (*Cecropia sp.*), Maricá (*mimosa bimuceonata*), Tucum (*Astrocaryum aculeatissimum*), Aroeira (*Schinus terebinthifolius*), Inga (*Inga sp.*) e Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*). Observam-se ainda áreas de vegetação secundária recém abandonadas, correspondentes a pastagens e agriculturas invadidas por ervas e arbustos agressivos, denominadas genericamente de pasto sujo. Este tipo de vegetação baixa possui altura variando entre 1 e 4 m. Com poucos elementos lenhosos.

Figura 14 – Vegetação secundária em estágio inicial de regeneração



2.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO EXISTENTES NA REGIÃO

As unidades de conservação que fazem fronteira com a bacia do rio Santana na parte Sudeste formam um arco de vegetação preservada na parte alta do vale, em especial as Reservas Biológicas do Tinguá e Araras. Com esta proteção, as áreas florestadas na parte mais alta a sul da bacia estão em melhor estado de conservação, com grandes fragmentos.

Na bacia do rio Santana, há ainda a presença de três Áreas de Proteção Ambiental (APA) são elas: APA Guandu, APA Petrópolis e APA Santana. As APA têm como função principal normatizar os usos socioeconômicos em consonância com a preservação e conservação dos serviços ambientais. A existência destas áreas de preservação é de grande valia para compreensão geral do estado de conservação atual da bacia e de como esta pode vir a ser restaurada. Assim estas áreas, representadas no mapa 6, são descritas a seguir.

2.4.1 Reserva Biológica do Tinguá (REBIO Tinguá)

A REBIO Tinguá foi criada em 06 de agosto de 2002 pela PORTARIA N° 100/02-N, sob a responsabilidade do ICMBio, porém a unidade não se encontra com sua situação fundiária regularizada. Segundo IBAMA (2004) a REBIO Tinguá foi criada com o objetivo de proteger amostra representativa da Mata Atlântica e demais recursos naturais, com especial atenção para os recursos hídricos, e proporcionar o desenvolvimento de pesquisas científicas e educação ambiental. Ocupando uma área de 24.903 ha. A serra do Tinguá tem sua história relacionada aos antigos caminhos que ligavam à capital a região do Paraíba.

A REBIO Tinguá protege a maior parte da serra do Tinguá, local de relevo acidentado, com escarpas sulcadas por rios caudalosos. Destaca-se o maciço do Tinguá, uma montanha cônica com 1.600 m de altitude. A proteção da unidade é de vital importância para a conservação dos mananciais responsáveis pelo abastecimento da cidade do Rio de Janeiro e de quase 80% da Baixada Fluminense, com benefício direto para a população que utiliza este recurso (IBAMA, 2004). A proximidade com os centros urbanos trazem muitos conflitos, em especial, a pressão decorrente do crescimento das comunidades no entorno e as queimadas para limpeza de pastos nos limites da unidade. A caça e extração de palmitos também são muito praticadas na região da unidade.

2.4.2 Reserva Biológica de Araras (RBA)

A RBA foi criada já com situação fundiária regularizada, por meio de um termo de entrega da então Secretaria de Finanças à Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio. As terras devolutas pertencentes ao Estado, conhecidas como Fazenda de Araras, foram devidamente demarcadas para serem transformadas em Horto Florestal. Em 1950, o governo federal declarou as matas da Reserva como Florestas Protetoras dos Mananciais do Rio Araras. Em 1974 foi denominada de Estação Experimental de Horticultura (INEA, 2008).

Somente em 1977, por meio da Resolução nº 59 da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, passou a categoria de Reserva Biológica. Em 1987, a administração foi transferida à Fundação Instituto Estadual de Florestas (IEF-RJ). Localizada em Araras, segundo distrito do Município de Petrópolis, a RBA abrange área de aproximadamente 2.131 ha e está parcialmente incluída na Área de Proteção Ambiental de Petrópolis. Situada na Serra do Mar, apresenta relevo bastante acidentado, destacando-se pela presença de vertentes rochosas íngremes, chegando a 1.766 m (Pico do Couto) (INEA, 2008).

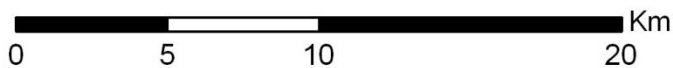
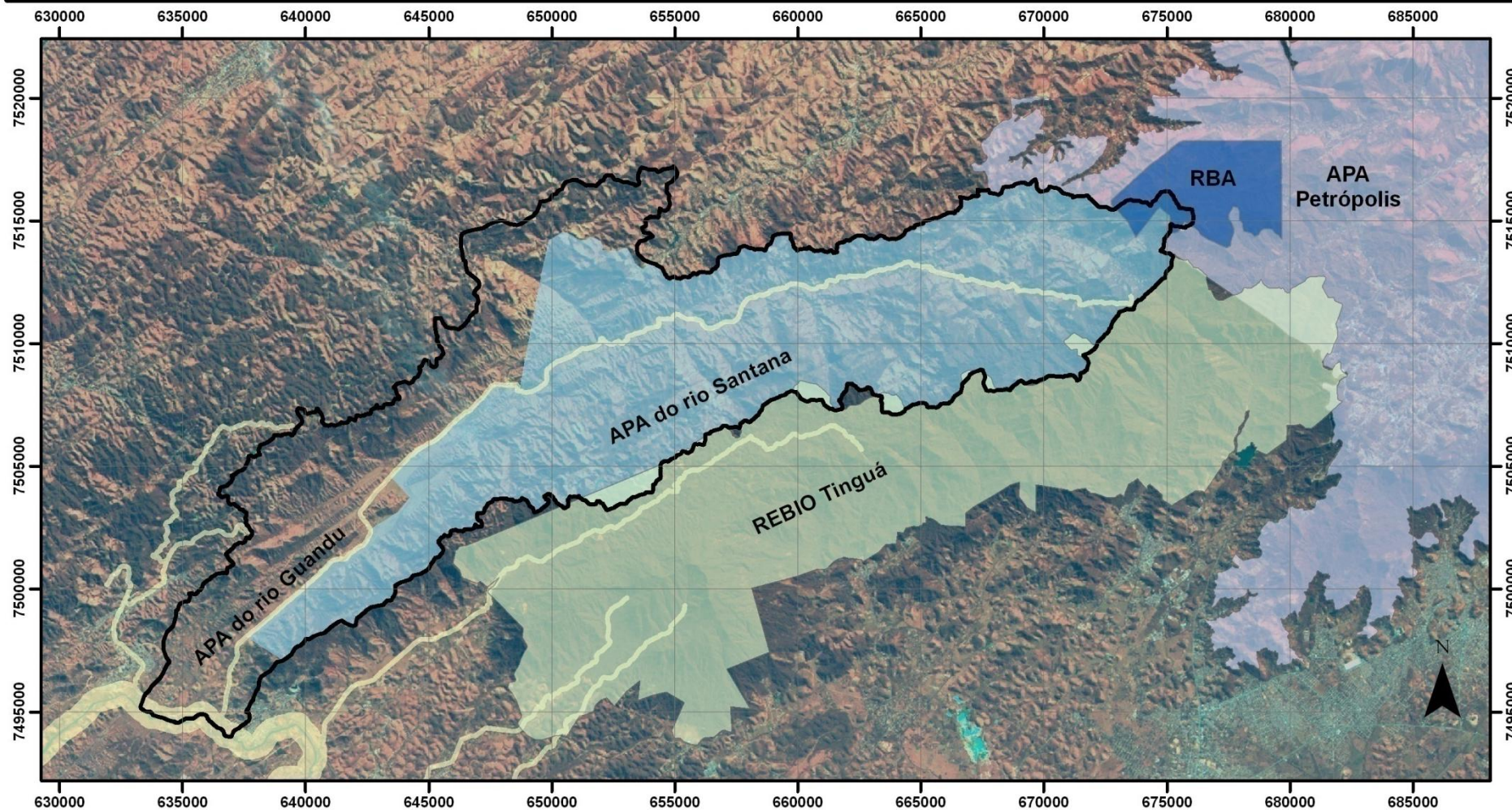
2.4.3 APA

A Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu foi criada em 2007 com o intuito de impedir a exploração de areia no leito dos rios principais e proteger os mananciais e cursos d'água, de forma a manter a qualidade da água. APA do rio Guandu tem cerca de 74 mil ha, foi criada na forma de um parque linear, compreendendo todos os terrenos situados numa faixa de largura de 500 m de ambas as margens ao longo dos cursos de água, desde da Usina Pereira Passos até a sua desembocadura na baía de Sepetiba, assim como as cabeceiras e a faixa de 100 metros de ambas as margens de seus afluentes: rios Macacos, Cacaria, Santana, São Pedro, Poços, Queimados e Ipiranga.

A APA do rio Santana foi criada em dezembro de 2004, pela lei estadual nº 2018, com o intuito de preservar o alto e medio curso da bacia do rio Santana e assim garantir o abastecimento de água dos municípios de Miguel Perreira e Paty do Alferes. Tem uma área de 12.764 hectares localizada na zona de amortecimento da REBIO Tinguá. Atualmente gerida pela secretaria de meio ambiente.

A APA Petrópolis foi criada em setembro de 1982, pelo Decreto nº 87.561, com o intuito de impedir, funcionando como um tampão, a degradação dos recursos naturais de sua área, tendo 50% desta recoberta por Mata atlântica. Tem uma área com cerca de 59.049 ha localizada nos municípios de Petrópolis, Magé, Duque de Caxias e Guapimirim. É gerida pelo ICMBio, com conselho gestor e plano de gestão existentes.

MAPA 6 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa de unidades de conservação do IEF-RJ 2006, Plano de Zoneamento do entorno da REBIO Tinguá		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 250.000

Legenda: Unidades de Conservação

- | | |
|----------------------|--------------------|
| Bacia do rio Santana | APA Guandu |
| REBIO Araras | APA do rio Santana |
| REBIO Tinguá | APA Petrópolis |

2.5 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO

Esta região, devido a topografia acidentada, teve seu povoamento condicionado a dois tipos de uso socioeconômicos que, por sua vez, tiveram impactos distintos na paisagem. No alto da serra seu povoamento se deu primeiramente com a abertura do “caminho novo”, que transpunha a serra do Tingüá, através das cabeceiras de erosão do rio Iguaçu. Neste caminho cresceu a cidade de Paty do Alferes e, posteriormente, cresceu um vilarejo em torno de uma estação de trem da estrada de ferro Central do Brasil (figura 15), batizada com o nome do sanitarista Miguel Pereira. Em 1943 foi criado o distrito de Miguel Pereira, sendo desanexado de Vassouras e subindo a categoria de município em 1961.

Na baixada próxima ao rio Guandu, o povoamento expandiu-se a partir da bacia do rio Iguaçu, não obstante a existência de remotos núcleos junto a foz daquele outro (Moreira, 1962). O primeiro povoado na foz do rio Santana foi Paracambi, que em 1895 foi elevado a distrito e apenas em fins 1960 foi elevado a município, devido a seu rápido desenvolvimento em função da Estrada de Ferro Central do Brasil e da rodovia Rio-São Paulo.

A produção agrícola nas regiões mais altas é diferenciada principalmente pela presença dos imigrantes e pelas baixas temperaturas. Estes fatores propiciaram o aparecimento de cultivos pouco freqüentes nas áreas tropicais. Segundo Moreira (1962) germinam flores ornamentais, hortaliças diversas, frutas e lavouras, principalmente de tomate e café. A criação de gado aumentou de intensidade nos anos 60, devido à grande alta sofrida com os preços de carne e laticínio, entretanto atualmente se encontra em declínio pela baixa nos preços.

Segundo Moreira (1962), apesar do esgotamento pedológico (maior nos terrenos acivosos), conducente à pecuária, a influência dos imigrantes, testemunhada pela presença de pequenas propriedades em regime de plantação semi-intensiva e processos de cultivo melhorados, teve papel crucial na manutenção da riqueza dos solos.

A produção econômica da zona da baixada do rio Guandu viveu da cultura canavieira, secundada por efêmeros cultivos de subsistência, até princípios do século XVIII, quando se deu o aparecimento de lavouras extensivas, primeiramente as plantações de café que experimentaram curta fase de ardor, logo arrefecido pela inadequação mesológica (Moreira, 1962). Então se firmaram o milho, a mandioca e a banana, além da própria cana e o sempre crescente rebanho de gado. Segundo Moreira (1962), durante a década de 1930 a 1970, houve uma grande produção de laranja, que no período da guerra sofreu pesada derrocada. A produção de laranja se recuperou em anos seguintes, mas foi totalmente perdida

na atualidade. Teve-se ainda a produção de repolho e arroz. Hoje são ainda encontradas plantações de inhame, batata-doce, milho, mandioca, banana e gado.

Figura 15 – Ponte sobre o rio Santana



3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A PAISAGEM E O PLANEJAMENTO

Os objetivos propostos neste trabalho procuram compreender a situação ambiental na bacia do rio Santana, através de uma abordagem fundamentada na percepção dos padrões espaciais da paisagem e na análise sistêmica do território. A abordagem utilizada é desenvolvida sobre as teorias ecológicas da paisagem, em dois enfoques principais, de análise geossistêmica e de distribuição de padrões espaciais.

O termo paisagem foi introduzido como conceito geográfico-científico no início do século XIX por Alexander Von Humbolt, que a definiu como o caráter total de uma área geográfica. Procurando conhecer as inter-relações entre os componentes da paisagem, Humbolt tinha como preocupação principal as características físicas do meio ambiente, sem no entanto negligenciar os aspectos humanos (Naveh & Lieberman, *apud* Soares-Filho, 1998).

Para Sanchez et al. (1995) a idéia de paisagem encerra o conceito de entidade espacial, que além de sintetizar expressões das qualidades, interações e dinâmicas de uma área específica, permite definir contornos, em níveis de percepção compatíveis com mapeamentos de diferentes temas. E, sobretudo, possibilita o estudo integrado com visão transdisciplinar exigida para a compreensão e avaliação dos sistemas ambientais expressos nas paisagens.

Já o termo Ecologia de Paisagem foi cunhado em 1939 pelo geógrafo alemão Carl Troll, apenas quatro anos após o britânico Tansley (1935) ter introduzido o conceito de ecossistema (Metzger, 2001). Na década de 50 Troll visionou a fundação de uma nova ciência, que teria como objetivo o estudo da paisagem, a qual poderia ser definida como:

“um setor da superfície terrestre definido por uma configuração espacial determinada, resultante de um aspecto exterior, do conjunto de seus elementos e de suas relações externas e internas, que estão enquadrados pelos limites naturais das outras paisagens de caráter distinto.” (Troll, 1950)

A Ecologia da Paisagem enfatiza a interação entre padrões espaciais e processos naturais, que é causa e consequência da heterogeneidade espacial ao longo da hierarquia de escalas. A ecologia da paisagem essencialmente combina a aproximação espacial da geografia com a aproximação funcional da ecologia (Naveh & Lieberman, 1984).

Segundo Mateo Rodriguez (2007) a Ecologia da Paisagem tem em seus princípios metodológicos a concepção dialética da interação natureza-sociedade e a análise histórico-natural das dinâmicas espaciais e temporais da paisagem.

A análise da paisagem metodologicamente emprega o enfoque sistêmico, no qual os usos de procedimentos técnicos permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, desenvolver índices e parâmetros que descrevem padrões da paisagem, prevendo pontos críticos na dinâmica, nos estados e nos processos da paisagem.

A análise sistêmica tenta medir o grau de correlação entre os seus vários componentes. Estuda as relações verticais (topológicas) entre os elementos da comunidade ecológica e a sua distribuição espacial, levando em consideração o fluxo de energia e matéria ao longo do tempo (Bohrer, 2000). Especificamente a concepção sistêmica consiste em uma abordagem em que os fenômenos estudados (objetos, propriedades, relações, problemas etc.) podem ser considerados como unidades homogêneas em um ou outro grau. Desta forma pode se definir como sistema o conjunto de elementos que possuem relação entre si e que formem uma determinada unidade e integridade.

Uma unidade de paisagem pode ser considerada como uma porção do espaço caracterizada por um tipo de combinação dinâmica de elementos geográficos diferenciados – físicos, biológicos e antrópicos, que ao enfrentarem-se dialeticamente uns com os outros, fazem da paisagem um ‘conjunto geográfico’ indissociável que evolui em conjunto, tanto sob o efeito de interações entre elementos que a constituem como da dinâmica própria de cada um dos elementos (Bertrand, 1968 *apud* Bohrer, 2000).

Os conceitos adotados para definir esta unidade variam, mas de forma geral são definidos pelo enfoque geossistêmico. Segundo Mateo Rodriguez (2007) o termo geossistema pode ser conceituado pelos seguintes pontos de vista: estudo das relações entre natureza-sociedade; análise da forma geográfica e dos fluxos da matéria; subordinação a objetos geográficos determinados (bacias hidrográficas, relevo, etc.); submissão ao espaço e ao território (caráter multi-dimensional). Segundo Bohrer (2000) pode se considerar o geossistema como a dimensão espacial ou terrestre do ecossistema (igualmente um conceito fora de escala), a paisagem poderia ser definida então como um mosaico de geossistemas.

Segundo Turner (1989 *apud* Metzger,2000) a Ecologia da Paisagem enfatiza mudanças em grande escala e seus efeitos ecológicos no padrão espacial dos ecossistemas, considerando o desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial, a interação e trocas através da paisagem e a influência dessa heterogeneidade espacial nos processos bióticos e abióticos.

Para McGarigal & Marks (1995), a Ecologia da Paisagem envolve o estudo de padrões espaciais, das interações entre fragmentos de um mosaico da paisagem e de como estas interações mudam ao longo do tempo.

Um dos principais modelos da Ecologia da Paisagem foi formulado por Forman (1995), o modelo de mancha-corredor-matriz. Neste modelo é possível correlacionar paisagens altamente diversas através da proporção e configuração espacial dos fragmentos que possuem e suas implicações em termos de funcionamento da paisagem (figura 16). Os três componentes ou elementos estruturais básicos da paisagem são:

Matriz: a paisagem é composta tipicamente por vários tipos de elementos da paisagem (fragmentos). Destes, a matriz é o maior e mais conectado elemento da paisagem e, portanto, tem papel dominante na funcionalidade da paisagem (Forman & Godron,1986).

Manchas ou fragmentos: áreas não lineares que diferem em aparência do seu entorno. Possuem características variadas em termos de tamanho, forma, tipo, heterogeneidade e bordas, sendo normalmente envoltas numa matriz, com diferente estrutura e composição de espécies. Podem se originar de perturbações, heterogeneidade ambiental ou ação humana. A diversidade de seus habitats é influenciada pelas características e processos do mosaico da paisagem, tais como área, idade, isolamento e tipos de borda.

Corredores: faixas estreitas de terra que diferem da matriz. Podem estar conectados a uma mancha com vegetação similar e serem utilizados para fins de transporte, proteção, recursos ou cênica. Podem ter efeito na percolação de materiais ecológicos através da paisagem ou agir como habitat ou fonte de efeitos ambientais no seu entorno. Aspectos estruturais de corredores incluem linearidade, quebras ou nós e, principalmente, a conectividade. Tipos estruturais básicos incluem linhas (áreas estreitas dominadas por espécies de borda), faixa (áreas mais largas, com espécies da matriz) e corredores ripários.

O reconhecimento de que os processos ecológicos afetam e são afetados pela interação dinâmica dos ecossistemas elevou a Ecologia da Paisagem em relação às outras ecologias (McGarigal, 1995). Este crescimento de interesse na Ecologia da Paisagem fica evidenciado nos recentes esforços de incluir a perspectiva da paisagem nas políticas e planejamentos de manejo de terras. A Ecologia da Paisagem tem proporcionado a fundamentação teórica para

uma abordagem integrada das unidades da paisagem no contexto do processo de planejamento ambiental (Moraes & Lorandi, 2004).

A fundamentação dada pela Ecologia da Paisagem possibilita a observação de diferentes fenômenos naturais e suas dinâmicas, atendendo a múltiplos questionamentos, tais como: os potenciais de ofertas e restrições dos serviços ecológicos da paisagem; a capacidade de sustentabilidade das estruturas e funções da paisagem e seus componentes de maior relevância socioeconômica; a necessidade de recuperação ou otimização do uso do solo.

Diante destes produtos, o planejador pode projetar as possíveis alternativas de ocupação e desenvolvimento do território. Este processo implica na consideração de modelos conceituais de desenvolvimento sustentável e na elaboração dos prognósticos.

Os programas de planejamento ambiental reúnem expectativas de evoluções culturais que conduzem à visualização e à projeção das paisagens em ambientes saudios, dignos e agradáveis. Trata-se então de compreender certos aspectos ecológicos que permitam incorporar uma conduta bioética para que, com base no melhoramento das relações dos sistemas socioeconômicos e ecológicos, seja possível projetar modelos de uso e manejo que assegurem o cumprimento de objetivos e metas dos programas (Sanchez & Silva, 1995)

Em vista as necessidades atuais de conter a exploração dos recursos naturais, a Ecologia da Paisagem desponta como a ciência mais apta a rever os métodos tradicionais de uso e ocupação da terra. A Ecologia da Paisagem torna-se uma ferramenta essencial para as políticas públicas relacionadas à extração de recursos naturais e ocupação humana e, também, aproxima a academia dos atores e políticas referentes ao desenvolvimento sustentável e gestão ambiental local.

Figura 16 – Esquema gráfico do modelo Corredor-Mancha-Matriz



3.1.1 A utilização de modelos no planejamento da Paisagem

De forma complementar a utilização da concepção da Ecologia da Paisagem, como base metodológica e territorial das condições naturais, o uso dos modelos permitem alcançar e sistematizar a complexa rede de informações e interconexões dos inúmeros componentes e elementos naturais, e dos impactos exercidos pela atividade humana ao longo do tempo.

Os modelos definem-se como o substituto, na forma análoga, do objeto original. Os modelos permitem combinar princípios de reducionismo e integração sintética sendo, portanto, instrumentos insubstituíveis na investigação de objetos de organização tão complexos como são as paisagens (Mateo Rodriguez, 2007).

O processo de investigação da paisagem pode ser concebido inteiramente em cima da criação de modelos, que segundo Mateo Rodriguez (2007) passam a descrever todo o conjunto de formas, estrutura, funcionamento, dinâmica das paisagens e das relações e processos que ocorrem em conexão com outros fenômenos do mundo real. Estes modelos são desenvolvidos a partir de complexos meios técnicos e matemáticos que segundo Mateo Rodriguez (2007) incluem a base de dados de conhecimentos sobre os aspectos territoriais e da interação dos fenômenos naturais e sociais. Desenvolvidos com o propósito de reconhecer, conservar e apresentar a paisagem por meio de informações geográficas.

A aplicabilidade dos modelos ocorre de diversas formas, seja como base para o planejamento e gestão das paisagens de forma sustentável, ou na forma de ações a serem tomadas no intuito de orientar a utilização racional e proteção dos recursos naturais. Para materialização deste conhecimento, utiliza-se a criação de modelos espacial e elaboração de Sistemas de Informação Geográficos (SIG).

O SIG se preocupa com a construção de modelos matemáticos para descrever as operações que envolvem a representação dos dados armazenados e incluem a simulação de fenômenos naturais (Batty&Xie,1994).

O objetivo fundamental dos SIG é a manifestação territorial, espacial e regional da informação, a qual é alcançada graças à utilização dos materiais cartográficos como fonte de informação e objeto de formalização dos trabalhos (Mateo Rodriguez, 2007).

A modelagem contribui para simplificar o procedimento de aquisição e estruturação da informação (fenômenos naturais) e economiza tempo na elaboração de dados cartográficos. A transformação da informação em dados cartográficos acaba por definir contornos e estruturar hierarquicamente os objetos de análise, assim possibilita a sistematização do território e a criação de unidades homogêneas de paisagem.

Existe um grande potencial para a utilização de SIG na conservação, manejo, zoneamento, monitoramento, exploração e proteção florestal. Outras aplicações relevantes incluem análises de impactos e cenários, estudos dos processos de fragmentação florestal, a análise integrada e da dinâmica espacial da paisagem, a modelagem de mudanças climáticas, a pesquisa ecológica, e o desenvolvimento de modelos florestais e ambientais espaciais (Haines-Young *et al.*,1993; Laurance & Bierregard-Jr,1997; McCloy,1995; Sample,1994; Schugart,1998; Turner & Gardner,1991 *apud* Bohrer,2000).

3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS: UNIDADE ESPACIAL DE PLANEJAMENTO

A utilização da bacia hidrográfica como a unidade territorial que expressa mais adequadamente a dinâmica das inter-relações dos diversos fenômenos naturais e atividades socioeconômicas tem um viés concernente ao planejamento e à gestão ambiental, especialmente em âmbito regional. No enfoque do planejamento direcionado à conservação dos recursos naturais, o conceito tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da bacia hidrográfica, bem como as mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais. Conceitualmente a bacia hidrográfica é definida por Coelho Netto e Avelar (SEA 2009) como:

“Área que drena fluxos líquidos, sólidos e solúveis para uma saída comum através de um canal ou de uma rede de canais (Coelho Netto, 1994). Elas constituem uma unidade geomorfológica fundamental, que opera como um sistema aberto, onde os impulsos das chuvas acionam os processos hidrológicos e erosivos que regulam as transformações morfológicas e a evolução interna da bacia (Chorley, 1962). Estes processos, por seu turno, são regulados pelos componentes internos relacionados ao substrato rochoso, aos solos, a morfologia superficial, a cobertura vegetal e ao uso da terra. Significa, portanto, que alterações numa parte do sistema podem afetar outras partes ou mesmo todo o sistema de drenagem, modificando o balanço das entradas de chuvas e as saídas ou descargas residuais da bacia.”

A necessidade de planejamento para aproveitamento dos recursos naturais, buscando uma forma de utilização mais proveitosa e menos degradadora possível, torna-se a cada dia mais importante devido à diminuição das áreas protegidas e pelo aumento da pressão econômica. Uma das questões primordiais nas pesquisas e planejamentos ambientais é a definição de unidades espaciais para viabilizar a compreensão das diversos fenômenos existentes na paisagem e no espaço.

Portanto o atrelamento do conceito de bacia hidrográfica e de paisagem enquanto “unidade territorial perceptível” é fundamental na abordagem metodológica deste trabalho. Ambos podem ser entendidos como uma entidade espacial que, além de sintetizar expressões das qualidades, interações e dinâmicas de uma área específica, permite definir contornos, em níveis de percepção compatíveis com mapeamentos de diferentes temas. Possibilita, sobretudo, o estudo integrado com a visão transdisciplinar exigida para a compreensão e avaliação dos sistemas ambientais (Sanchez,1995).

Desta forma a compreensão da bacia possui ainda outras conotações dadas pelo homem, em seus aspectos legais e como área de utilização econômica, observados a seguir.

3.2.1 As Bacias Hidrográficas e seus aspectos legais

O território correspondente à bacia hidrográfica tem atribuições dadas não só por suas funções ambientais, mas também é palco de um regime de legislações que visam a preservação ambiental e buscam estabelecer padrões de utilização do espaço, de forma a minimizar conflitos integrando as atividades humanas.

Em síntese as leis relacionadas à conservação dos recursos hídricos são complementadas por leis de preservação das florestas. Ambas questões são contempladas por leis territoriais que definem em maior ou menor escala os limites de utilização impostos a uma unidade territorial, tal como, o Estatuto das Cidades, o plano diretor municipal, o zoneamento ecológico-econômico ou ainda a zona de amortecimento definida pelo plano de manejo de uma unidade de conservação.

A bacia hidrográfica por natureza é divisível em setores ou em unidades geográficas ainda menores e significantes, pode ainda abranger diferentes unidades político-administrativas e contemplar usos múltiplos como urbano, rural e destinados a conservação ou exploração florestal. Em linhas gerais são apresentadas as leis mais relevantes a análise geobiofísica da bacia hidrográfica, objeto deste estudo.

As leis que evidenciam a bacia hidrográfica como unidades territoriais de planejamento e gestão são as leis nº 9.433/94 e nº 3.239 de 1999 por instituírem respectivamente a Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos. Criando sistemas próprios de gerenciamento destes recursos, e enquadramento legal da água com a definição dos organismos gestores, tais como, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), os comitês de bacias hidrográficas, as agências de água e as organizações civis de recursos hídricos.

No entanto, em conjunto com as políticas de recursos hídricos as políticas de preservação das florestas procuram garantir a manutenção do ciclo hidrológico. Toda a legislação que relaciona uso e conservação do território são fundamentais e aplicáveis ao recorte geográfico exposto. Assim, destacam-se por esta relação à Lei nº 6.938/81, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, o Código Florestal Lei nº 4.771 de 1965, a recém sancionada Lei da Mata Atlântica 11.428, de 2006 que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, a lei 9.985, de 2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e Regulamenta os artigos da Constituição Federal.

A contribuição específica da Lei nº 4.771/65 é a definição de áreas de preservação natural, estabelecendo as áreas de Reserva Legal e as áreas de Preservação Permanente, e regularizadas de acordo com a resolução CONAMA nº 303/2002.

Segundo o Art.16 do Código Florestal, a Reserva Legal define-se como uma área de cobertura florestal de domínio privado com restrições severas de uso, correspondendo a 20% da propriedade na região Sudeste, alterando o índice em outras regiões do país, havendo obrigatoriedade de conservação da vegetação nesta parte da propriedade. O Art.16 ainda estabelece que, nas propriedades rurais com área entre 20 e 50 hectares são computados para efeito de fixação do limite porcentual, além da cobertura florestal de qualquer natureza, os maciços de porte arbóreo, sejam frutíferos, ornamentais ou industriais.

As Áreas de Preservação Permanente são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, cuja intenção é preservar os recursos hídricos, a estabilidade do solo, a biodiversidade e por fim assegurar o bem-estar da população humana. Reguladas segundo resolução CONAMA 303/2002, a seguir são apresentadas as apenas as áreas pertinentes a dissertação:

- a) trinta metros de faixa marginal dos cursos d'água, uma vez que os mesmos tenham até dez metros de largura;
- b) cinquenta metros ao redor das nascentes (perenes ou intermitentes);
- c) nas encostas ou parte destas, com declividade superior a quarenta e cinco graus;
- d) no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;
- e) nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros.
- f) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC - instituído pela Lei Federal 9.985/2000 estabelece um critério geral em razão da permissividade de uso das UC, as distinguindo em dois tipos: de uso direto ou sustentável nas quais se admite a permanência ou não do homem, estabelecido os necessários procedimentos de conservação; e as de uso indireto, onde é permitido os usos de recreação e de pesquisa controlados, ou no caso das mais restritivas onde, não é possível qualquer atividade mantendo-se a área intangível. O SNUC estabelece ainda as zonas de amortecimento para UC, que devem ser previstas nos planos de manejo específicos das unidades, e que tem a finalidade de minimizar os impactos negativos sobre a mesma.

3.3 MODELOS SUSTENTÁVEIS DE UTILIZAÇÃO DA TERRA

Com a utilização de novas ferramentas tecnológicas a valoração dos bens naturais tem se tornado mais e mais palpável, com maior repercussão na sociedade e com inúmeras razões contextuais de oposição ao padrão convencional dos modos de produção, trazendo uma ótica de preservação nos métodos de uso da terra menos degradantes e mais eficientes na extração dos recursos naturais.

Estes novos princípios norteadores da utilização sustentável dos recursos naturais opõem-se a agropecuária tradicional e seus padrões dominantes de produtividade. No Brasil, onde este modelo tradicional foi integralmente incorporado, pode-se destacar economicamente a crescente elevação de custos de produção associada à queda dos preços pagos aos produtores como tendência atual.

Se analisarmos do ponto de vista das comunidades produtoras agrícolas, este sistema se torna ainda mais condenatório. Como exemplos comuns de problemas podem-se citar as atividades de agentes “atravessadores” em detrimento ao produtor, a ausência efetiva de fiscalização no comércio, o favorecimento da presença de agentes agroindustriais com maior poder econômico e a centralidade de comércio que monopoliza o mercado e elimina a concorrência, estipulando preços e condições de rentabilidade incompatíveis com a realidade de sustento destes pequenos produtores.

A falta de gestores socialmente comprometidos e de planos estratégicos de ação, que contemple as realidades regionais de produção, estabelece distâncias e descomprometimento entre as realidades sociais de zonas rurais e os centros consumidores. Desta forma as ineficiências dos padrões convencionais de agricultura se revelam em todos os planos de

sustentabilidade. Ambientalmente e economicamente as produções não se sustentam visto que, cada vez mais, comprometem as atividades reguladoras da natureza e diminuem seus potenciais de produção, necessitando de insumos cada vez mais caros e ineficientes.

Como alternativa para a racionalização do uso dessas áreas, surge à agricultura sustentável que se insere no plano de atividades desenvolvidas sobre o preceito da sustentabilidade e da dinâmica naturalmente produtiva da terra. É a forma de agricultura que pretende, em seus conceitos e métodos, atender padrões que cumpram a demanda social, econômica e ambiental. Este conhecimento sistematizado é capaz de orientar diferentes estratégias de desenvolvimento rural sustentável, avaliando as potencialidades dos sistemas agrícolas em níveis particularizados e integrados de atividades. A agricultura sustentável visa à produção, mais sobre tudo, à sustentabilidade da terra e à integração de agentes sociais.

Apesar da gestão pública não estar atenta a estes problemas e propostas, no Brasil a legislação ambiental corrobora substancialmente com estes princípios sustentáveis, sobretudo através do Código Florestal, de 1965, que instituiu as APP e as Áreas de Reserva Legal que, se respeitadas e planejadas através de zoneamentos territoriais regionais, seriam suficientes para constituírem os corredores ecológicos visando a manutenção da biodiversidade, quando combinadas ao uso de sistemas de produção agrícola sustentáveis.

O surgimento da agroecologia e outras tantas ciências, que estudam a paisagem como forma integrada de analisar a sociedade e natureza sobre o ponto de vista do território, representam um salto na direção do desenvolvimento sustentável. No entanto, sabe-se que para obter sucesso os projetos sustentáveis dependem enormemente da habilidade de desenvolver sistemas de produção ecologicamente corretos e verdadeiramente produtivos.

Assim a agroecologia fornece os princípios ecológicos básicos para o estudo e tratamento de ecossistemas tanto produtivos quanto preservadores dos recursos naturais.

Neste caso o termo agroecologia justifica a integração entre áreas preservadas (ecossistemas) e as técnicas produtivas (agrícolas) de recuperação, manutenção e manejo, contemplando ocasionalmente, se necessário, uma técnica agrícola convencional (monocultura, extração florestal, aplicação de inseticidas e fertilizantes naturais).

Conceitualmente são os sistemas agroflorestais (SAF) de manejo sustentado da terra que representam a agroecologia, combinando a produção de plantas florestais com cultivos agrícolas e/ou animais, simultânea ou consecutivamente, de forma deliberada, envolvendo práticas e manejo em consonância com a população local (Medrado, 2000).

Uma série de benefícios são gerados nos SAF, em geral são entendidos como benefícios diretos os produtos úteis aos homens, como madeira, frutos e outros. Os benefícios

indiretos, difíceis de serem medidos, são os serviços que as árvores ou florestas prestam ao homem, principalmente sobre os aspectos positivos para o clima, solos e recursos hídricos e também sobre a vida dos animais.

Assim segundo Medrado (2000), os SAF como toda a proposta agroecológica apresentam vantagens frente aos sistemas monoculturais, focadamente: a utilização mais eficiente do espaço, redução efetiva da erosão, sustentabilidade da produção e estímulo a economia da produção, com base participativa, conforme o planejado para a situação regional em que se encontra a bacia do rio Santana. Constituem uma opção para oferta simultânea de madeira, alimentos e outros bens com os serviços ecológicos prestados pela bacia.

3.4 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

A principal estratégia para reduzir os impactos ambientais, decorrentes do conflito entre ambiente, desenvolvimento e do acesso inadequado aos recursos do solo, está baseada na implementação do planejamento ambiental. Um processo flexível e dinâmico, fundamentado na descrição detalhada de uma unidade da paisagem e na elaboração de infraestrutura de dados para interpretação, avaliação e decisão do manejo da unidade em questão (Pires et al.,1998 apud Missio et al.2004)

O planejamento ambiental tem vital importância na gestão dos recursos naturais assim como desempenha papel crucial nas ciências ambientais, ganhando sentido amplo e diferentes versões conforme o foco de estudo.

Para Goes (1994), planejamento ambiental é um método de apoio às decisões técnico-científicas, políticas e administrativas, onde se definem normas racionais de atuação e ordenação do espaço com objetividade e eficiência.

Para Mateo Rodriguez (1997), o planejamento ambiental é um instrumento dirigido a planejar e programar o uso do território, as atividades produtivas, o ordenamento dos assentamentos humanos e o desenvolvimento da sociedade, em congruência com a vocação natural da terra, o aproveitamento sustentável dos recursos e a proteção do meio ambiente.

Para Sanchez (1995) o processo de planejamento ambiental envolve uma estratégia para melhorar e disciplinar as relações entre os aspectos ecológicos e socioeconômicos dos sistemas ambientais.

Para Beltrame (1994) o planejamento ambiental passa pelo diagnóstico da situação real em que se encontra os recursos naturais em um dado espaço geográfico, tornando-se com isso um instrumento necessário à preservação ambiental e um gerador de conhecimento.

Desta forma o presente trabalho procura congrega estas diversas abordagens de planejamento na construção de um diagnóstico ambiental, que venha proporcionar alternativas sustentáveis ao uso do solo em bacias hidrográficas.

Os procedimentos utilizados neste trabalho integram metodologias de diversos autores na elaboração de um roteiro metodológico para o diagnóstico ambiental. As principais metodologias utilizadas são: concepção metodológica de planejamento ambiental

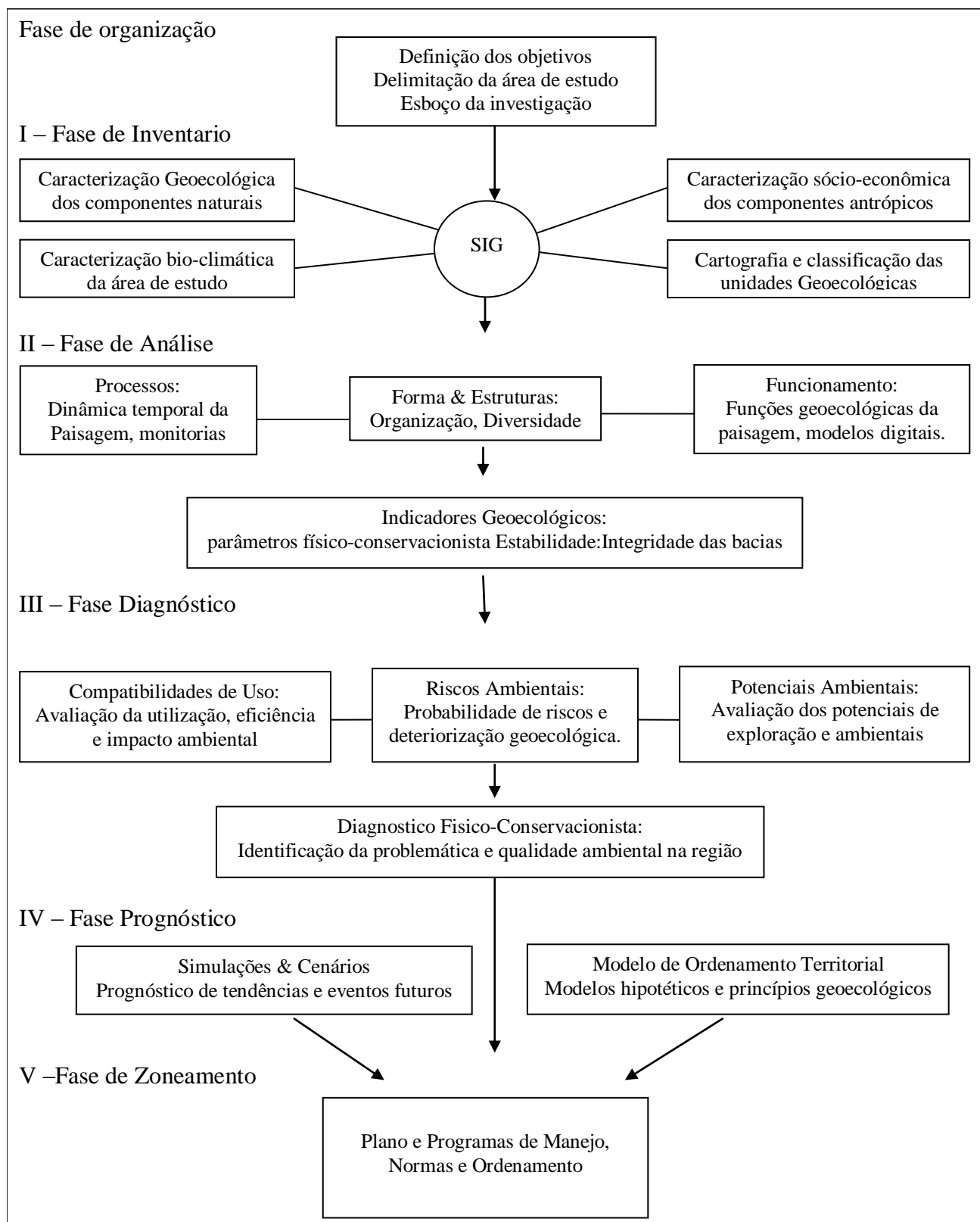
(Rodríguez, 1997); proposta metodológica de sistemas de informação geográfica (Xavier da Silva et al., 1993); estratégia de ordenamento da paisagem para o zoneamento ambiental (Sanchez et al., 1995); modelos e aplicações de diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas (Beltrame, 1994).

As discussões que se seguem têm como objetivo demonstrar as diversas abordagens que existem na elaboração de diagnósticos, prognósticos e zoneamentos ambientais. A metodologia da elaboração dos modelos por trás do diagnóstico em si não aborda a riqueza de detalhes que existem nas ferramentas utilizadas. Desta forma a discussão teórica sobre os procedimentos metodológicos se faz necessária, já que a concepção dos modelos matemáticos que compõem o planejamento se faz em cima de uma abstração de fatos ou de entidades do mundo real.

Assim os procedimentos são explicados de forma a apontar as bases conceituais utilizadas na modelagem dos dados. A abordagem utilizada apresenta a concepção da metodologia de análise dos dados em ambiente de SIG.

Os procedimentos propostos se baseiam em cinco etapas, adaptado de Mateo Rodríguez (1997) observadas na figura 17, referentes ao processo de análise ambiental: inventário correspondente à prospecção dos dados; análise correspondente à combinação dos dados; diagnóstico correspondente à extrapolação das constatações; prognóstico correspondente à definição de modelos hipotéticos; e zoneamento correspondente ao delineamento do território.

Figura 17 – Fluxograma da concepção metodológica para o planejamento ambiental



Adaptado de Mateo Rodriguez(1997)

3.4.1. INVENTÁRIO AMBIENTAL

Um inventário ambiental consiste na formação de um banco de dados representativo da realidade, comportando as características físicas e bióticas da paisagem, bem como das informações socioeconômicas, como população residente, condição legal das terras etc.

Segundo Xavier da Silva et al (1993), um inventário define-se como o levantamento das condições ambientais vigentes em uma certa extensão espacial, em uma ou em várias ocasiões. Este levantamento é composto por informações cartográficas, imagens de sensoriamento remoto, dados climáticos e informações não-espaciais a eles atreláveis.

O inventário no geoprocessamento ocorre por meio da criação de um SIG que compreende os dados cartográficos - Banco de dados Geográficos (BDG), associados ou não a dados alfanuméricos - Banco de Dados Convencional (Xavier da Silva, 1993).

O BDG baseia se em um sistema de coordenadas espaciais, que pode ser atrelada a uma projeção cartográfica, tanto com unidades decimais (UTM – Universal Transversal Mercator) como com unidades sexagesimais (coordenadas geográficas), ou a um sistema de coordenadas arbitrário.

3.4.2 ANÁLISE AMBIENTAL

A partir dos dados consolidados no inventário, os diversos planos de informação da paisagem são medidos e comparados. Procura descrever as relações que explicam a organização do espaço. Acaba por definir objetos, referindo-se, ainda, ao seu arranjo, para que passe a constituir um padrão espacial. Defini ainda estruturas, a partir da maneira pela qual os objetos estão inter-relacionados entre si, Paisagens, pela tarefa, atividade ou papel desempenhado pelo objeto. E descreve os fenômenos naturais, a partir das transformações da estrutura e da paisagem ao longo do tempo ou pelo cruzamento de estruturas correlacionadas.

Na análise são construídos os modelos e comparados entre si, os primeiros resultados levam a definição dos indicadores a serem utilizados no diagnóstico. A definição destes indicadores se dá por meio dos processos analíticos. Na dissertação foram usados indicadores propostos por Beltrame (1994) para o diagnóstico físico-conservacionista.

3.4.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O Diagnóstico Ambiental compreende a identificação de situações ambientais relevantes e sua elaboração se dá pelo levantamento de informação dos problemas e recursos disponíveis (Inventário) e pela combinação destas informações (Análise).

O Diagnóstico Ambiental procura identificar a problemática e a qualidade ambiental na região e, neste sentido, promover uma base de informação georeferenciada de modo a oferecer um marco referencial para analisar e interpretar estruturas, funções e processos dos sistemas naturais. Além disso, procura viabilizar a setorização do espaço e avaliação integrada de sua dinâmica. Sendo definido por outros autores, como:

“Esse tipo de diagnóstico integrado do território demanda dois enfoques principais: o holístico, que facilita a percepção global do conjunto de fatores e processos que identificam o sistema ambiental, inibindo a tendência de justapor coleções de informações setoriais isoladas; e o sistêmico, para que o zoneamento seja elaborado em função das interdependências entre os componentes de diversas naturezas e complexidades”. (Cardoso da Silva, 1987)

A partir da análise sistêmica da paisagem consolidam-se os indicadores geocológicos, que procuram definir graus de instabilidade no sistema. Estes indicadores podem gerar informações da qualidade ambiental, dentre eles: riscos ambientais e conflitos de uso do solo.

A identificação dos riscos ambientais representa a evolução do estado de risco e probabilidade de deteriorização ambiental, limitações do ambiente a ações modificadoras da paisagem, podendo ser estas antrópicas, naturais ou mesmo a alteração lenta das condições do meio ambiente (Xavier da Silva et al.1993). Na dissertação os riscos ambientais foram calculados segundo o diagnóstico físico-conservacionista, metodologia desenvolvida pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) da Venezuela, adaptada por técnicos brasileiros a realidade nacional (Beltrame,1994).

Os mapas de conflitos de uso procuram representar os impactos das atividades humanas sobre o território e indicar as áreas onde os usos estão de acordo com as potencialidades ambientais ou sobre utilizando os recursos naturais ou ainda onde pode-se aumentar o uso sem impactos negativos ao ambiente. Na dissertação foi elaborado segundo metodologia da Equação Universal da Perda de Solo (EUPS).

3.4.4 PROGNÓSTICO AMBIENTAL

O Prognóstico Ambiental baseia-se no equacionamento de situações ambientais críticas futuras e na associação de decisões externas (políticas ambientais) aos específicos problemas ambientais existentes. Os prognósticos ambientais necessariamente se baseiam em elementos oriundos do Diagnóstico Ambiental.

Com o conhecimento adquirido através do diagnóstico, inicia-se o processo de simulações de cenários hipotéticos. O prognóstico se ancora sobre os SIG e nas técnicas de geoprocessamento para a elaboração de modelos representativos do real que, por sua vez, geram condições objetivas para a definição de normas de manejo ambiental, propiciando assim o zoneamento das áreas estudadas.

Como parte dos resultados do prognóstico ambiental tem-se a representação de dois modelos geográficos específicos, o de Simulações e de Cenários. Estes modelos são criados através do geoprocessamento e apresentados cartograficamente.

Nas Simulações é possível introduzir características simuladas que, então cruzadas com as características reais, geram resultados estimados dos efeitos sinérgicos destas sobre o modelo geral. Os Cenários apresentam uma situação prevista se determinadas condições forem admitidas como pré-existentes ou como executadas. Baseiam-se, portanto, em premissas e representam situações decorrentes da adoção dessas premissas (Xavier da Silva et al.1993).

No modelo de simulação gerado espera-se observar as mudanças de uso do solo de forma a compor um mosaico, integrando as necessidades ambientais da bacia às atividades humanas, esta simulação é representada pelo mapeamento do uso racional do solo, onde é abordada a evolução das potencialidades de uso do solo na área de estudo . Segundo Xavier da Silva et al. (1993), pode-se entender “esta simulação” como um levantamento de condições ambientais no qual são identificadas a extensão e possível expansão territorial de um processo ambiental, a partir do qual é possível levantar todo o conjunto de potencialidades de interesse para o planejamento territorial. Na dissertação teve como meta estabelecer a mudança da utilização de áreas atualmente super-utilizadas por atividades menos impactantes como reflorestamentos e SAF’s.

No cenário otimista produzido espera-se delimitar as áreas mais relevantes para preservação e restauração vegetal na região. Deste mapeamento são traçadas áreas para o reflorestamento de forma a compor um mosaico ambientalmente funcional e que seja integrado ao corredor ecológico Tinguá-Bocaina.

3.4.5 ZONEAMENTO AMBIENTAL

O Zoneamento Ambiental é um resultado de síntese. Pode ser concebido em diversas escalas e níveis de percepção e constitui, por si só, um objeto de diagnóstico e prognóstico ambiental na forma de um documento cartográfico. Os procedimentos de diagnóstico e prognóstico são relevantes quanto às informações levantadas, e suas definições já se apresentam como produtos deste trabalho.

Em um segundo momento, o zoneamento é parte da fase executiva de um projeto, onde se definem as estratégias a serem utilizadas; os instrumentos jurídicos, administrativos e financeiros; os sistemas de informação, monitoria e vigilância. Em síntese apresenta os processos de regulação, controle e correção das atividades econômicas e sociais, fornecendo os mecanismos de Gestão ambiental na área.

“Os resultados do zoneamento ambiental destaca a vegetação e a conservação dos ritmos de produção, recuperação e evolução da flora silvestre, com fatores decisivos em relação ao controle da qualidade ambiental. Esta estratégia, além de inibir o aproveitamento extensivo dos solos às expensas da destruição generalizada dos recursos ecológicos, impede modificações radicais nas paisagens naturais, na tendência a transformar inteiramente essas paisagens, valorizando as funções ecológicas, estéticas e econômicas da vegetação” Sanchez & Silva (1995).

O zoneamento procura vincular a ocorrência de ocupação humana e seus aproveitamentos econômicos, em geral rurais, à configuração espacial da paisagem, de forma a espacializar as atividades econômicas dentro de uma matriz de vegetação natural.

Neste trabalho espera-se produzir uma primeira aproximação do ordenamento territorial, não cabendo lhe um zoneamento, mas sim diretrizes gerais para a ocupação humana e uso dos recursos naturais “produzidos” no bojo da bacia hidrográfica. Deixando a fase final para ser elaborada junto ou pelos gestores e atores locais.

“Em sua fase final, a estratégia de implementação do zoneamento projeta diversas alternativas de ocupação e desenvolvimento do território, considerando: potencial de ofertas e restrições ecológicas da paisagem; estrutura e funções da paisagem modificada, sua capacidade de sustentação global e de seus componentes de maior interesse sócio econômico; necessidade de recuperação e ou melhoramento de suas qualidades. Este processo implica na consideração de modelos conceituais de desenvolvimento sustentados, cujo desenho induz projeções que facilitam a elaboração dos prognósticos” Sanchez & Silva (1995).

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho baseia-se essencialmente na aplicação de técnicas de geoprocessamento e SIG sobre o território delimitado. A utilização do SIG permite que um grande volume de informações sejam processadas e que combinações complexas possam ser extraídas. Sendo assim representa as delimitações territoriais capazes de expressar o conhecimento científico e tecnológico disponível para compreender e integrar as variáveis geo-ecológicas e socioeconômicas, projetando o ambiente segundo suas reais potencialidades.

Assim os dados levantados por este trabalho em função dos objetivos propostos são apresentados a seguir, em quatro etapas subseqüentes, o inventario (base de dados), a análise (indicadores), o diagnóstico e o prognóstico (Figura 18)

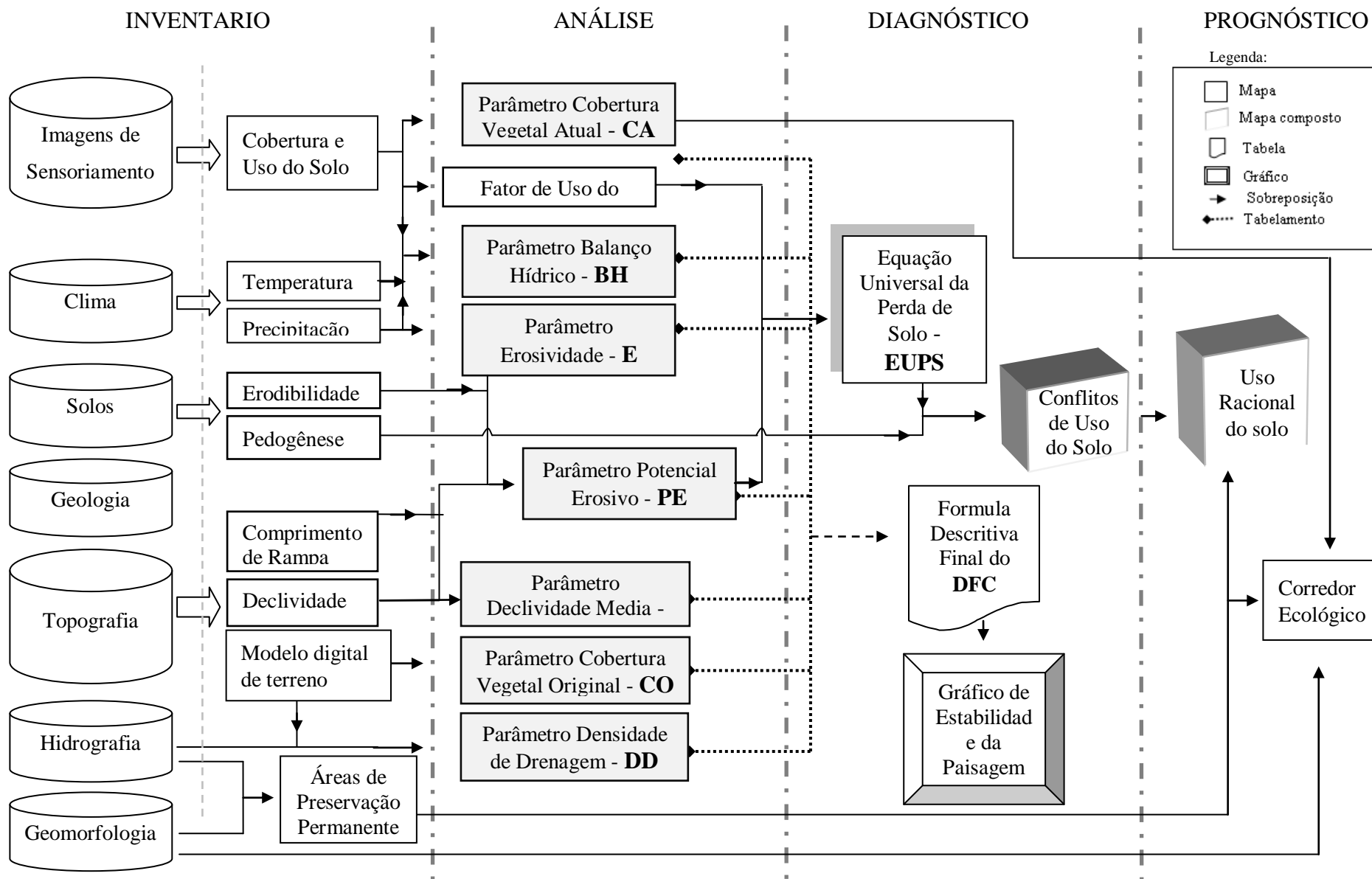
O inventario consiste na formação de um banco de dados composto pelas informações cartográficas e de sensoriamento remoto, onde a partir destes são extraídos os mapas temáticos que comporão os indicadores.

A os indicadores da análise foram baseados no diagnostico físico conservacionista (DFC), são eles: Cobertura vegetal original e atual, declividade media, densidade de drenagem, balanço hídrico e erosividade. Paralelo a metodologia do DFC foi utilizado a equação universal da perda de solos (EUPS) para compor o indicador de potencial erosivo.

O diagnostico produzido teve duas abordagens distintas, uma na forma de tabela e outra na forma de mapa. Na forma de tabela foi gerado um índice de degradação ambiental por setor da bacia, com base na metodologia do DFC. Na forma de mapa foi gerado o mapa de conflitos de uso do solo, a partir da EUPS, onde as classes representam as perdas de solo por erosão laminar.

O Prognóstico foi dividido em duas etapas, a primeira onde foram gerados os mapas de corredores ecológicos e áreas de preservação e a segunda onde a partir da sobreposição destes mapas ao mapa de diagnostico foi gerado o mapa de uso racional do solo.

Figura 18 – Fluxograma das etapas metodológicas da dissertação



4.1 INVENTARIO

4.1.1 Informações cartográficas

A base das informações ambientais neste trabalho são os mapas temáticos produzidos em meios digitais pelo geoprocessamento, estes são divididos de acordo com suas funções e origens, sendo eles: mapas já existentes produzidos por instituições de pesquisa, mapas gerados a partir dos já existentes e mapas produzidos para esta dissertação.

Os principais mapas utilizados foram: as cartas topográficas, na escala 1:50.000 produzidos pelo IBGE; os mapas litológico, geomorfológico e expedito de solo na escala 1:50.000 cedidos pelo Laboratório de Geoprocessamento (LGA) da UFRRJ; os mapas das unidades de conservação obtidos junto aos órgãos públicos (IEF, SEA e IBAMA); os mapas de solo, geomorfológico, geológico e geoambiental disponibilizados pela DRM-RJ na escala 1:250.000; os mapas de aptidão agrícola e vulnerabilidade ambiental disponibilizados pela EMBRAPA; os grids climatológicos disponibilizados pelo WorldClim.

O WorldClim é um projeto que monitora as condições climáticas ao redor do mundo, com inúmeras estações pluviométricas e meteorológicas, no estado do Rio de Janeiro contam com mais de 100, e na interpolação dos dados levam em conta o relevo (utilizando SRTM). Os mapas foram adquiridos na forma de grades de dados (Raster) climáticos a partir do set de layers globais (WorldClim) disponíveis para download em <http://www.worldclim.org/>. As grades contém valores médios calculados para uma série histórica de 50 anos (1950-2000), com resolução espacial de 30 arcos de segundo no sistema de coordenadas geográficas e datum WGS84 (Hijmans et al., 2005). As grades de dados utilizadas foram: temperatura média mensal (°C) e precipitação média mensal (mm).

A partir dos dados hipsométricos do IBGE foi gerado o modelo digital do terreno (MDT) da bacia e arredores, através do interpolador triangular TIN (“Triangular Irregular Network”). O TIN é uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo nó-arco e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas, para cada um dos três vértices do triângulo são armazenadas as coordenadas de localização (x,y) e atributo z, correspondente ao valor de altitude (Câmara & Medeiros,1998).

A partir do MDT extrai-se uma série de informações sobre o terreno. Neste trabalho os seguintes mapas foram gerados: altimétrico, declividade, delimitação de bacias, rede hidrográfica, morfologia das encostas, orientação das encostas, insolação e modelos tridimensionais de visualização, além de permitir a mensuração da área da superfície da bacia.

A partir dos dados climáticos obtidos através do site da WorldClim, foi possível gerar outros mapas de relevante interesse para dissertação, são eles: mapa de erosividade da chuva e de balanço hídrico. A partir da utilização da ferramenta “image calculator” encontrado programa IDRISI Andes foi possível calcular os índices relacionados ao clima (Erosividade e Balanço Hídrico), através de equações que calculam os valores pixel por pixel.

O mapa de uso e cobertura do solo produzido para esta dissertação foi gerado a partir de imagens de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens, descritas a seguir.

A Figura 19 apresenta os materiais e as informações coletados e produzidos neste trabalho, detalhando as fontes e as características dos documentos cartográficos.

4.1.2 Imagens de Sensoriamento Remoto

Um dos principais produtos obtidos por processamento digital de imagens de sensoriamento remoto são os mapas de uso e cobertura do solo. Para elaboração do mapa de uso e cobertura do solo utilizou-se a imagem do satélite Landsat 5-TM, de julho de 2007, órbita 217/76. O georreferenciamento das cenas foi realizado pelo Grupo “Espaço” do Instituto de Geo-ciências da UFRJ, com tolerância erro máximo obtido para a cena de 20m. Os dados foram projetados cartograficamente em UTM no datum WGS 84 fuso 23K.

Para classificação do uso e cobertura do solo, utilizou-se o método de segmentação e classificação supervisionada, através do software Definiens Developer 7. Este possibilita a geração de vários níveis de segmentação, articulados de forma hierárquica. Na classificação do uso do solo na bacia foi adotado método proposto por Cruz et al. (2007) onde foram utilizados dois níveis de segmentação. O primeiro e segundo níveis foram gerados através de bandas do Landsat TM, ambos com o parâmetro de escala 10. O primeiro exclusivamente a partir das bandas do infravermelho 4 e 5, com o objetivo de separar corpos d’água e sombras das demais classes. O segundo foi gerado a partir das 6 bandas espectrais do sensor (excetuando a termal), a partir do qual definiu-se as classes utilizadas. O resultado obtido foi refinado através da aplicação de filtros pelo programa ERDAS 9, onde foram utilizados os filtros de Majority, Clump (homogeneizando os 4 vizinhos mais próximos) e Eliminate (excluindo áreas menores que 4 hectares).

Após os processamentos descritos anteriormente, foi feita uma edição final, a partir de interpretação visual, na escala 1:20.000. Foram realizados trabalhos de campo para coleta de amostras utilizadas como objetos de treinamento na classificação supervisionada e, posteriormente, para verificação do mapa final.

Figura 19 – Materiais e informações presentes na dissertação

Descrição da base de dados								
Parâmetros	Planos de informação	tema	Feições geométricas	escala	atributos	fonte	Informação	
							Existente	Produzida
Informações cartográficas	Bacia hidrográfica	Limite da bacia	Poligonal	1:50.000	Área em hectares	MDT		x
	Rede hidrográfica	hidrografia	Linear e poligonal	1:50.000	Nome; Extensão; Área	MDT e IBGE		x
	Geo morfologia	Mapa geomorfológico	Poligonal	1:50.000 e 1:250mil	Tipologias; Áreas	Laboratório de Geoprocessamento UFRRJ e DRM-RJ	x	
	Geologia	Mapa geológico	Poligonal		Tipologias; Áreas		x	
	Pedologia	Mapa pedológico	Poligonal		Tipologias; Áreas		x	
	Modelo Digital do Terreno	Classes do relevo	TIN	1:50.000	Declividade; Aspecto; Relevo	Mapa hipsométrico IBGE		x
	Hipsometria	Curvas de nível	Linear	1:50.000	Cotas	Folhas IBGE	x	
	Folhas IBGE	Limites políticos	Linear e poligonal	1:50.000	Tipologias; Áreas	site IBGE	x	
	Cobertura do solo	Mapa de uso solo	Poligonal	1:50.000	Classe; área	Imagem Landsat 5		x
	Vegetação original	Mapa fito-fisionômico	Poligonal	1:50.000	Classe; área	RADAM Brasil		x
	Áreas protegidas	Unidades de conservação	Poligonal	1:50.000	Nome; área	IBAMA, SEA, IEF	x	
	Pluviometria	Mapa Pluviométrico	Raster	1 km	Precipitação (mm)	WordClim	x	
	Erosividade	Erosividade	Raster	1:50.000	Erosividade (t/ha.mm/h)	Mapa pluviométrico		x
	Temperatura	Mapa temperatura	Raster	1km	Temperatura (°C)	WordClim	x	
	Evapotranspiração	Balanço Hídrico	Raster	1:50.000	Excedente (mm)	Mapa temperatura		X
Potencial Erosivo	Mapa de erosão	Raster	1:50.000	Erosão (t/ha/ano)	EUPS		x	
Topographic position index	TPI	Raster	1:50.000	Classes de relevo (geomorfologia)	MDT		x	
Cruzamento De Dados	Conflitos de uso	Conflitos de uso	Poligonal	1:50.000	Classe; área	EUPS		x
	APP's	APP	Poligonal	1:50.000	Tipo de APP; área	TPI e hidrografia		x
	Cenários	Corredor florestal	Poligonal	1:50.000	Classe; área	TPI e Uso do Solo		X
	Proposta de uso	Uso racional	Poligonal	1:50.000	Classe; área	EUPS e APP		x
Imagens Orbitais	Landsat TM 5 (2007) bandas (1-7)		Imagem	1:50.000	Resolução: espacial, espectral e temporal	site INPE	x	

4.2 ANÁLISE

Os indicadores utilizados neste trabalho se baseiam em parâmetros estabelecidos para o diagnóstico do meio físico com fins conservacionistas. Segundo Beltrame (1994) devem-se eleger potenciais de proteção ou de degradação dos recursos naturais renováveis da bacia hidrográfica. Os parâmetros foram selecionados em virtude de sua capacidade potencial intrínseca de contribuir para a degradação dos recursos naturais renováveis, de uma bacia hidrográfica, ou refletirem essa degradação.

Os indicadores podem ser agrupados em quatro grupos diferenciados pelo tipo de influência sobre a paisagem:

- “Cobertura Vegetal é um fator importante na manutenção dos recursos naturais renováveis. Além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica.” Beltrame (1994)
- “O clima é outro fator natural que, direta ou indiretamente, influencia na degradação dos recursos naturais renováveis. Na degradação do solo, a chuva intensa exerce influência bastante expressiva. O efeito erosivo das gotas de chuva dá-se com a desagregação, o transporte através do salpicamento e o escoamento superficial das partículas de solo, caracterizando, assim, a erosão.” Beltrame (1994)
- “Características físicas do solo, como textura, declividade e profundidade efetiva, influem muito na capacidade de infiltração e escoamento da água da chuva, refletindo diretamente nos processos erosivos.” Beltrame (1994)
- “O relevo representa a diversidade de aspectos da superfície terrestre, ou seja, o conjunto dos desnivelamentos da superfície do globo.” Guerra (2008)

O relevo tem um peso grande na fórmula descritiva final, sendo computado em dois indicadores, e também para delimitação dos limites da bacia hidrográfica e de suas sub-bacias, setorizando os valores de degradação calculados para cada sub-bacia. A declividade do terreno é feição de relevo importante, pois exerce influência no grau de infiltração de água da chuva e na velocidade do escoamento superficial, contribuindo também no processo erosivo.

4.3 DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA

A partir destes, são gerados sete indicadores, definidos por Beltrame (1994), como parâmetros componentes da fórmula do estado físico-conservacionista da bacia:

O DFC tem como meta determinar o potencial de degradação ambiental de uma bacia, a partir de fatores naturais, e fornecer subsídios técnicos ao planejamento e manejo dos recursos naturais. O método utilizado se baseia na indicação de parâmetros potenciais que são expressos em forma numérica, estabelecendo o risco de degradação e possibilitando uma análise quantitativa e qualitativa quanto ao que está ocorrendo em termos de preservação dos recursos naturais renováveis. Segundo Beltrame (1994) os parâmetros e fórmulas selecionados procuram refletir o potencial de degradação dos recursos de uma bacia hidrográfica, decorrentes de fatores naturais (clima, solo, vegetação, relevo).

Para alcançar o resultado do diagnóstico- físico conservacionista, aplica-se a fórmula apresentada abaixo que define numericamente o risco de degradação física de uma bacia hidrográfica, a partir do somatório dos índices específicos de cada parâmetro.

$$E(f): CO_a + CA_b + DM_c + DD_d + BH_e + E_f + PE_g$$

Onde:

E(f) – estado físico-conservacionista do setor

CO_a – grau de semelhança entre cobertura vegetal original e atual onde “a” varia entre 1-5.

CA_b – proteção da cobertura vegetal atual onde “b” varia entre 1-7.

DM_c – declividade média onde “c” varia entre 1-5.

DD_d – densidade de drenagem onde “d” varia entre 1-4

BH_e – balanço hídrico onde “f” varia entre 1-4.

E_f – erosividade da chuva onde “e” varia entre 1-5.

PE_g – potencial erosivo dos solos onde “g” varia entre 1-8.

- Parâmetro de cobertura vegetal original (CO) procura medir a semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original dos setores da bacia.
- Parâmetro de cobertura vegetal atual (CA) representa a proteção dada ao solo pelas diferentes classes de uso, seus resultados nas perdas de solo e aumento da capacidade de retenção de água.
- Parâmetro de declividade média (DM), segundo Beltrame (1994) representa a influência da geomorfologia, da curva hipsométrica e da altura média na bacia.
- Parâmetro de densidade de drenagem (DD), segundo Beltrame (1994) é influenciado pela declividade e pelo substrato rochoso, também reflete potencial

de degradação dos recursos naturais renováveis. Quanto mais difícil a infiltração da água, maior o escoamento superficial, que conseqüentemente levará a uma maior esculturação dos canais.

- Parâmetro balanço hídrico (BH) é definido pela chuva e temperatura e representa a manutenção do ciclo hidrológico na bacia estudada.
- Parâmetro de erosividade da chuva (E), definido por Guerra (2008) como a propriedade que as águas das chuvas têm em provocar a erosão dos solos. A erosividade pode ser medida através da energia cinética das águas da chuva.
- Parâmetro de potencial erosivo (PE) representa a suscetibilidade do solo a erosão laminar, neste trabalho foi utilizado a equação universal de perda de solo para quantificar o potencial erosivo.

Assim, de acordo com as classificações realizadas nos itens anteriores, o mínimo valor possível a ser obtido na fórmula descritiva é 7 (somatório de todos os índices iguais a 1), o que representa o melhor estado físico-conservacionista que o setor pode apresentar. Da mesma forma, o máximo valor possível a ser obtido na fórmula descritiva é 37 (somatório de todos os índices com valores máximos), o que representa o pior estado físico-conservacionista que o setor pode apresentar.

4.3.1 Gráfico de Estabilidade da Paisagem

Assim, após o cálculo da fórmula descritiva, os valores finais são convertidos em valores de porcentagem, denominados unidades de risco de degradação física, para melhor compreensão dos dados. Com os valores mínimos e máximos, tem-se o ângulo de inclinação da reta, através da equação da reta. E então é aplicada a equação sobre os valores encontrados. A Correlação entre os parâmetros da fórmula descritiva final é realizado pela distinção das origens de cada fenômeno, desta forma pode ser separada os parâmetros em 3 tipologias, a saber: fatores morfométricos, fatores climáticos e fatores antrópicos.

Os fatores morfométricos são aqueles que estão diretamente relacionados ao relevo, são eles a declividade média, a densidade de drenagem e o potencial erosivo. Estes não sofrem alterações ao longo dos anos e, portanto, são definidos como uma constante para setor.

Os fatores climáticos são aqueles que procuram representar as variáveis do clima, são eles o parâmetro de erosividade e o balanço hídrico. Estes fatores podem sofrer variações anuais e no decorrer de décadas.

Os fatores antrópicos procuram representar o efeito da “mão do homem” sobre a paisagem local. Ao quantificar o grau de similaridade entre a cobertura do solo atual e pretérita, parâmetro Cobertura Vegetal Original, e o grau de proteção que o mosaico atual da cobertura do solo oferece, parâmetro Cobertura Vegetal Atual, está se qualificando que toda a ação humana é danosa o que eleva os risco de degradação física.

Desta forma em função das variações dos fatores antrópicos e das variações dos fatores morfométricos e climáticos foi gerada uma correlação entre eles, baseada em metodologia proposta por Mateo Rodriguez (2007) denominada de Estabilidade da Paisagem. Os fatores antrópicos, chamado aqui de Índice de Transformação Antrópica, e os fatores morfométricos e climáticos, chamados aqui de índice de Riscos Naturais, representam os eixos x e y, respectivamente, no gráfico de Estabilidade da Paisagem.

O índice de transformação antrópica se baseia nas variações da fórmula descritiva em função da cobertura do solo. Assim este índice é gerado a partir da conversão dos valores de CA e CO em valores de porcentagem. A definição deste índice por setor procura enquadrar a paisagem de acordo com o grau de antropização destas, separando as em duas classes distintas: Paisagens naturais, onde a matriz da paisagem é de floresta; e paisagens antropicas, onde os processos e serviços naturais já se encontram em processo contínuo de descaracterização e a matriz da paisagem consiste de pastagens.

O índice de Riscos Naturais é calculado a partir da conversão dos demais índices em valores de porcentagem. Ao se propor este índice por setor, procura-se avaliar a complexidade da paisagem dentro de um contexto de sistemas frágeis e estáveis, desta forma desagregar as paisagens com fins ao ordenamento territorial. Sanchez (1989, 1992) define e utiliza esta desagregação para separar as paisagens em duas classes distintas: paisagens razoavelmente estáveis, aptas para algum tipo de uso rural; e paisagens frágeis, sem aptidão para qualquer tipo de ocupação com fins de desenvolvimento rural. Para cálculo destes valores percentuais é utilizado a equação da reta conforme apresentado anteriormente.

Com base nestes valores foi gerado o gráfico de Estabilidade da Paisagem através da correlação entre os Índices de Transformação Antrópica e de Riscos Naturais. Esta correlação procura medir a Estabilidade da paisagem, que segundo Mateo Rodriguez (2007) depende da intensidade dos processos erosivos e gravitacionais, do escoamento, dos processos geoquímicos e bióticos, da reação destes processos ao modificar o regime tectônico e as tendências macroclimáticas. Desta forma a Estabilidade das paisagens representa quantitativamente os efeitos dos impactos antrópicos e dos processos físicos (riscos naturais).

4.4 A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DO SOLO

Em meados do século XX, pesquisadores americanos conseguiram aprimorar equações para cálculo de perdas de solos que são usadas atualmente. O método mais usado é a EUPS, foi proposta por Wischmeier & Smith (1965) (Bertoni & Lombardi Neto, 1990), que mede as perdas de solo anuais por erosão laminar.

Dentre as modalidades de erosão, a laminar define-se pela combinação da ação da energia da gota d'água da chuva com o movimento da água no declive. O processo é tal que finas camadas de solo são removidas da superfície do solo, uma após a outra, e a erosão não é claramente evidenciada por simples inspeção visual (Soares, 2002 *apud* Ribeiro & Alves, 2007), podendo ser detectada pela coloração mais clara do solo, pela exposição das raízes e pela queda da produtividade agrícola (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Devido a isso, a quantificação do material erodido torna-se uma ferramenta de medida não só indicativa como preditiva, uma vez que descreve a situação atual e futura das terras.

Neste trabalho, para modelagem de quantificação de perda de solo foi adotada a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), que permite uma análise da perda de solo levando em conta a intensidade da chuva na região, a erodibilidade dos solos, o comprimento da encosta, o declive e as medidas de uso e conservação do solo. A EUPS é descrita pela Equação:

$$A = E.K.(L.S).(C.P)$$

Onde:

A é a perda de solos, em (T/ha.ano)

E é o fator de erosividade das chuvas, em (t/ha.mm/h)

K é o fator de erodibilidade do solo em (t.ha.h/ha.MJ.mm)

L é o fator comprimento de rampa

S é a declividade

C é o fator de uso do solo

P é o fator práticas conservacionistas.

4.5 CONFLITOS DO USO DO SOLO

Como forma de se obter uma melhor avaliação quanto ao uso da terra na bacia e avaliar a compatibilidade de uso, foi gerado um mapa básico de conflitos do uso do solo, a partir do mapa produzido pela EUPS.

O mapa de conflitos de uso considera a capacidade de suporte da paisagem, definindo áreas que incorrem em riscos iminentes de degradação física do solo, confronta mapeamentos avaliativos de potenciais, da análise deste tipo de mapa surgem às necessidades de conciliação dos potenciais ambientais. Segundo Xavier da Silva et al. (1993), a delimitação dessas ocorrências dependem de mapeamentos que indiquem, por confronto, quais os locais em que o potencial agrário atrai a ocupação econômica e prejudica as necessidades ambientais.

O mapa de conflitos de uso do solo é gerado a partir da sobreposição do mapa final da EUPS subtraído do mapa de reposição do solo, para se calcular as áreas onde as perdas de solo são maiores que sua reposição. O mapa final de perda de solo é então fatiado em classes de capacidade de uso do solo, onde são identificadas as situações conflitantes de sobre-utilização e subutilização da terra, de acordo com as distintas classes de capacidade de uso geradas neste mapa. Além destas duas classes foi também identificada a classe de uso correspondente ao que atualmente representa bons termos com o desenvolvimento sustentável local e de uso excessivo, locais já severamente prejudicados pelos usos atuais. As classes são apresentadas a seguir:

- Áreas sub-utilizadas: são áreas nas quais a reposição do solo é maior que sua lixiviação e portanto aptas a atividades rurais de maior desgaste, tais como agricultura ou pecuária, estão nesta classe as unidades com ganhos superiores a 5 t/ha/ano.
- Áreas de uso correspondente: são as áreas que são utilizadas com a classe de uso conforme sua capacidade de uso mesmo que não utilizem qualquer técnica conservacionista, ou seja, as perdas de solo equivalem as taxas de reposição.
- Áreas sobre-utilizadas: são áreas nas quais as perdas de solo por erosão laminar são superiores as taxas de reposição do solo, são enquadradas nesta classes todas as unidades com perdas superiores a 10 t/ha/ano.
- Áreas excessivamente utilizadas: são áreas com perda de solo > 40 t/ha/ano.

4.6 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE & CLASSES DE RELEVO

Para o mapeamento das áreas de preservação permanentes, foram usadas as ferramentas de Geoprocessamento, dos programas ArcMap 9.3 e ArcView 3.2. Para tal foram utilizados os mapas de topografia e hidrografia. Todos padronizados na projeção UTM, Datum WGS 84, zona 23.

A APP de faixa marginal de rios e nascentes foi gerada a partir do mapa temático de hidrografia. Para o entorno dos rios, foi utilizada a ferramenta de buffers, tendo como padrão na região 30 metros para cada lado do rio, exceto o rio Santana no qual foi gerado um buffer de 55 m sobre a linha de drenagem, visto que o rio tem 10 m de largura ao longo da área selecionada. Para definição das nascentes foram identificados os pontos no trecho inicial de cada rio, da hidrografia na região. Para tal foi utilizada a ferramenta “end point” da extensão “Xtools” em seguida foi utilizada a ferramenta de buffer com raio de 50 m no entorno das nascentes.

A APP de encostas com declividades acima de 45° foi gerada a partir do MDT, mapa de declividade. As áreas acima de 45° foram selecionadas conforme exigência legal.

A classificação das áreas de preservação de topo de morro foi feita utilizando a ferramenta “Topographic Position Index” (TPI) do ArcView 3.2, a partir do MDT esta extensão classifica as formas de relevo de acordo com posicionamento topográfico de pixels nas encostas, gerando o mapa geomorfológico de Classes de Relevo.

O algoritmo aplicado é a diferença entre o valor de elevação de um determinado pixel e a média de pixels vizinhos; valores positivos significam que este pixel está em altitude mais alta e valores negativos que este pixel está em altitude mais baixa. É também calculado o seu valor de declividade para classificar seu posicionamento nas encostas, em especial para distinguir áreas planas e meia encosta.

Se o valor do índice de posicionamento topográfico (TPI) for significativamente mais alto que seus vizinhos, deve estar localizado próximo ao topo ou no topo de uma montanha; sendo significativamente mais baixo que seus vizinhos, deve estar localizado próximo ao fundo de vale ou no próprio fundo de vale. Valores próximos a 0 significam que este pixel pode estar localizada em uma área plana ou de baixa ou média encosta; então os valores de declividade os diferenciam (ZEE, 2009).

4.7 CORREDORES ECOLOGICOS

Os corredores ecológicos procuram conectar os diversos fragmentos na paisagem. Para o mapeamento dos corredores foram utilizados os mapas de classes de relevo, APP e Cobertura Vegetal. A ferramenta utilizada foi “Cost Distance” da extensão “Spatial Analyst” do programa ArcGIS 9. Esta ferramenta calcula a menor distância acumulada para cada célula de uma origem até a fonte mais próxima sobre uma superfície de custos. Assim dois mapas são utilizados, o mapa de origem e o mapa de custos espaciais.

O mapa de origem identifica as células ou locais nos quais os menores custos de distância para cada célula serão calculados. Os mapas base foram o de cobertura vegetal e APP, nos quais foram atribuídos pesos distintos 0 para cobertura vegetal e 1 para APP. Estes valores servem para diferenciar o que já existe do que tem obrigação de existir.

O mapa de Custos Espaciais definiu os impedimentos ou custos para mover-se planimetricamente através de cada célula. O valor de cada localidade representa o custo por unidade de distância para se mover pela célula. Cada valor local de célula é multiplicado pela resolução espacial da célula (foi utilizado células com 20 metros). O mapa base utilizado foi o de Classes de Relevo, que recebeu valores em função da utilidade da terra para fins socioeconômicos, quando maior a necessidade socioeconômica maiores os custos para se implementar o corredor. Os valores sugeridos foram obtidos de forma empírica e baseado na modelagem matemática dos dados:: Fundo de vale 1; Topo de morro ou Crista 2; Alta encosta 4; Meia encosta 8; Baixa encosta 16; e Plano 32.

4.8 PROGNÓSTICO

A partir dos dados levantados nas etapas anteriores é elaborado um prognóstico das tendências de melhor utilização do solo. Neste prognóstico são elaborados as simulações e cenários dos usos sustentáveis do solo e conectividade florestal.

Sobre o mapa de conflitos de uso do solo são sobrepostos o mapa de APP e o mapa de corredores ecológicos. A partir destes mapas é gerado o mapa de uso racional do solo, que procura definir particularidades ecológicas, legais ou socioeconômicas, para definição das classes dos melhores tipos de uso do solo, estabelecendo assim usos mais adequados e otimizados, levando em conta as potencialidades e fragilidades da paisagem assim como as necessidades e capacidades sociais.

5. DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA DA BACIA DO RIO SANTANA

A caracterização dos aspectos físicos e da dinâmica histórica das atividades humanas sobre a paisagem do vale rio Santana se dá através da análise dos dados obtidos pela aplicação dos índices físico-conservacionistas. Os resultados desta análise procuram representar a paisagem de acordo com seus riscos de degradação e impacto antrópico, através da valoração das características morfológicas, de uso e cobertura do solo e efeitos climáticos. Apesar de representado quantitativamente, este resultado procura ter uma análise qualitativa quanto à preservação dos recursos naturais da bacia hidrográfica.

5.1 SETORIZAÇÃO DA BACIA

As características morfológicas da bacia do rio Santana determinam uma série de variedades no relevo e no clima, tanto no que se refere à temperatura quanto à precipitação. Estas características físicas e ambientais estabelecem um marco referencial na paisagem, representam padrões que podem ser agrupados em unidades espaciais. A definição destas unidades, setores, tem a intenção de orientar a recuperação das áreas degradadas, assim como propiciar um modelo de planejamento ambiental na região, e possibilitar uma aproximação na escala de análise destacando as diferenças nas transições de uso e cobertura do solo.

A setorização da Bacia do Rio Santana levou em conta os limites de suas sub-bacias. Depois estas foram agrupadas segundo critérios sugeridos por Beltrame (1994) tais como: hipsométricos, considerando as declividades e altitudes; perfil longitudinal do rio principal, considerando as diferenças no curso do rio; localização político-territorial.

A setorização da bacia foi feita a partir do MDT utilizando a ferramenta do ArcGIS, extensão “watershed delineation”. Foi especificado um intervalo de limiares para bacia, indo de sub-bacias com no mínimo 1000 pixels de área até as principais bacias com no mínimo

10.000 pixels de área (pixel 25m). Com estas especificações foram gerados os mapas da bacia e sub-bacias hidrográficas (polígonos), fluxos d água (linhas) e direções de fluxo. Após a delimitação automática das bacias, estas foram revisadas manualmente para correção de possíveis erros do modelo.

A área foi primeiramente dividida em suas sub-bacias, totalizando oito (tabela 2), estas foram agrupadas em setores de forma a compor um quadro das respectivas formas de ocupação na região ao longo do rio Santana. Quatro são os setores agrupados representando o curso do rio, a saber: Alto curso, médio curso, baixo curso e foz (Tabela 3 e Mapa 7).

Tabela 2 – Sub-bacias da bacia do rio Santana e setores a que pertencem

Sub bacias	Perímetro (Km)	Área (ha)	Setor pertencente
Sub bacia do rio Falcão	50.947	4.667	Alto curso
Sub bacia do rio Vera Cruz	44.264	5.874	Alto curso
Sub bacia do rio São João da Barra	47.892	5.643	Médio curso
Sub bacia do rio Santa Branca	41.721	5.937	Baixo curso
Sub bacia do rio Cachoeirão	37.830	3.949	Baixo curso
Sub bacia do rio Floresta	38.404	2.293	Baixo curso
Sub bacia do Córrego João Correia	42.492	3.725	Baixo curso
Sub bacia de Paracambi	20.083	1.274	Foz

Tabela 3 – Delimitações dos setores da bacia do rio Santana

Setor	Perímetro (Km)	Área (ha)	Superfície (ha)
Foz	22.752	2.135	2.196
Baixo curso	38.404	10.545	11.381
Médio curso	47.892	9.880	10.599
Alto curso	44.264	10.789	11.787
Bacia do rio Santana	151.442	33.349	37.143

A região considerada como o setor do Alto curso corresponde a parte mais alta da bacia próxima as vertentes da serra do Tinguá, a SE da bacia (figura 20). Nas partes mais altas, nascem os principais mananciais da bacia hidrográfica, entre eles estão as cabeceiras dos rios Santana, Falcão e Vera-cruz. Este setor apresenta área total de 10,8 mil hectares, área da superfície de 11,8 mil hectares e 44,2 km de perímetro. Em geral é esparsamente ocupada ao longo do canal principal e ocupação mais densa junto ao bairro de Vera-cruz, na área a NO do setor.

Figura 20 – Paisagem no setor do Alto curso do rio Santana



A área denominada setor do Médio curso cobre as bacias do rio São João da Barra e parte do rio Santana, entre as encostas íngremes da serra antes da planície de inundação. Possui 9,9 mil hectares, área da superfície de 10,6 mil hectares e 47,9 km de perímetro. Este setor tem uma característica morfológica especial visto que suas encostas são orientadas nas direções Noroeste/Sudeste e não Nordeste/Sudoeste como o restante da bacia hidrográfica.

Figura 21 – Paisagem no setor do Médio curso do rio Santana



O setor do Baixo curso recobre as áreas de baixada e vertentes que drenam pra baixada, com uma área de 10,5mil hectares, área da superfície de 11,4 mil hectares e 38,4 km de perímetro, destas quase 2 mil hectares são de baixadas, atualmente bem drenadas devido ao aprofundamento da calha fluvial causado pela remoção de areia a tempos atrás. Neste setor

estão as cabeceiras dos rios Cachoeirão, Floresta e Santa Branca além dos córregos João Correa e Serrinha.

Figura 22 - Paisagem no setor do Baixo curso do rio Santana

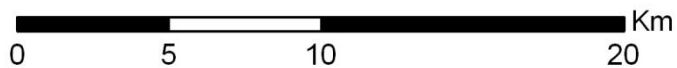
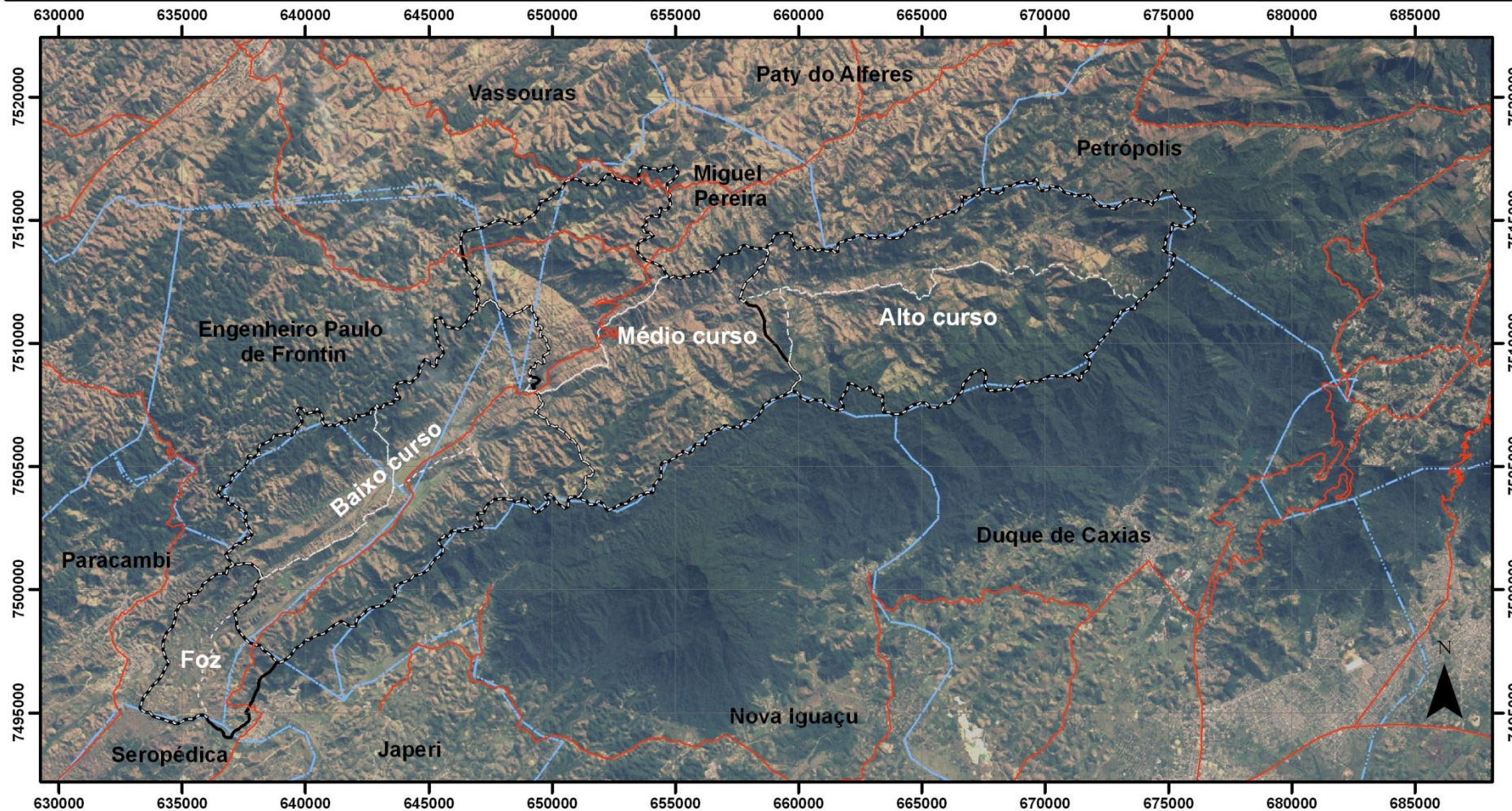


O setor da foz recebeu esse nome devido à proximidade com a foz e pelo relevo suave que dificulta a separação da bacia do rio Santana com a bacia do rio Paracambi, que drena a água do vale em conjunto com o rio Santana em direção ao rio Guandu. Ocupa uma área de 2.135 hectares com um perímetro de 22,7 km e superfície de 2,2 mil hectares. A similaridade da superfície com a área bidimensional demonstra a dominância da baixada neste setor.

Figura 23 – Paisagem no setor da Foz do rio Santana



MAPA 7 - SETORIZAÇÃO DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências:

malha municipal IBGE 2005 e MDT

Data:

Fev - 2009

Autor:

Felipe Mendes Cronemberger

Projeção:

UTM

Datum:

WGS - 84

Escala:

1: 250.000

Legenda:



sub_bacias



Setorização_bacia



municipios



Rodovias

5.2 COBERTURA VEGETAL ORIGINAL - PARÂMETRO CO

Este parâmetro define o tipo de vegetação que deveria existir originalmente, de acordo com determinadas condições de solo, altitude e clima. Ao obter a cobertura vegetal original correlaciona-se com a cobertura vegetal atual, associando-se ao resultado um índice proposto por Beltrame (1994), ressaltando-se que o grau de semelhança atribuído refere-se à extensão da cobertura vegetal, e não à semelhança botânica entre espécies originais e atuais, tabela 4.

O mapa de cobertura vegetal original foi confeccionado segundo a classificação fitogeográfica proposta por Veloso et al. (1991). A bacia hidrográfica foi dividida de acordo com os tipos de vegetação que ocorreriam em toda a sua superfície em função das suas características ambientais, em especial pelas cotas altimétricas nas quais ocorrem as formações de Floresta Ombrófila.

Tabela 4 – Classificação quanto ao grau de semelhança para o Parâmetro CO

GRAU DE SEMELHANÇA	SÍMBOLO	NÍVEIS
81 - 100%	CO1	Alta semelhança
61 - 80%	CO2	Semelhante
41 - 60%	CO3	Baixa semelhança
21 - 40%	CO4	Baixíssima semelhança
01 - 20%	CO5	Nenhuma semelhança

Para a determinação do Parâmetro da Cobertura Vegetal, adotou-se a classificação feita por Veloso et al. (1991), para mapeamento das fitofisionomias presentes na área de estudo, conforme pode ser observado no Mapa 8. O mapa fitofisionômico foi sobreposto ao mapa de uso do solo de 2007 de forma a ser quantificada a área atualmente coberta por vegetação, foi contabilizado apenas as vegetação em estágio médio e avançado (Tabela 5).

Tabela 5 – Área original e atual de cobertura vegetal da bacia, por fitofisionômia.

	Formação florestal	Área Original (Ha)	Remanescentes	
			Área(Ha)	%
Bacia do Rio Santana	Floresta Aluvial	1.429	52	3,8
	Floresta Terras baixas	2.344	435	18,7
	Floresta Sub- montana	9.894	3.308	33,4
	Floresta Montana	19.466	11.309	58,1
	Floresta Alto- montana	208	178	85,5
	Total:	33.346	15.282	45,7

Para melhor representar as condições ambientais dos remanescentes florestais atuais e quantificar as alterações da cobertura original em cada um dos setores da bacia, optou-se pela elaboração de outra tabela (Tabela 6) com o tipo de formação florestal restante por setor.

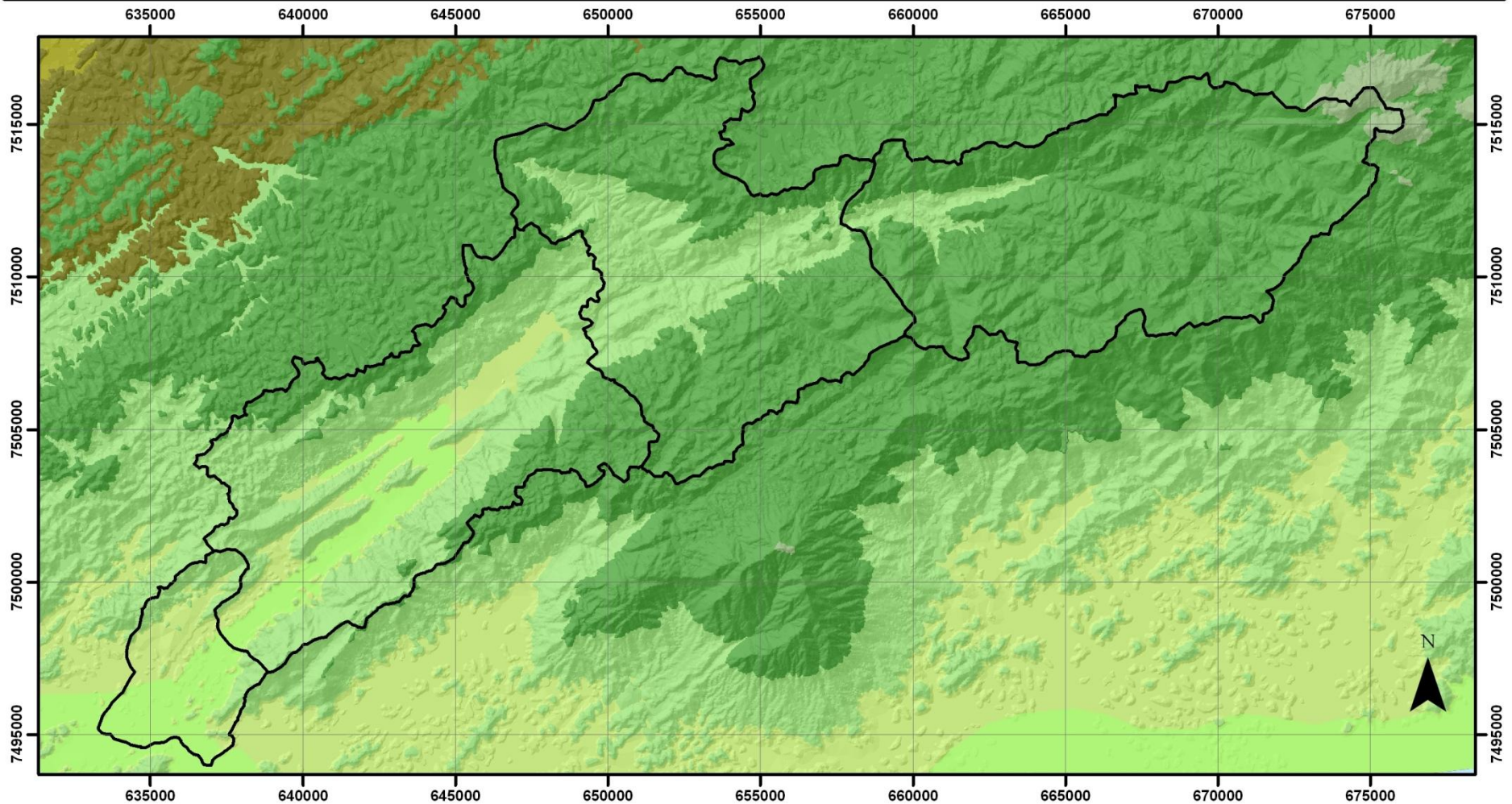
Tabela 6 – Área de vegetação original e atual por fitofisionomias por setor da bacia.

Setor	Formação florestal	Área Original (Ha)	Remanescente (Ha)	%
Foz	Floresta Aluvial	884	30	3,4
	Floresta Terras baixas	695	179	25,7
	Floresta Sub- montana	546	202	37,0
	Total:	2.125	411	19,3
Baixo	Floresta Aluvial	500	22	4,5
	Floresta Terras baixas	1.635	256	15,7
	Floresta Sub- montana	5.815	2.462	42,3
	Floresta Montana	2.547	1.663	65,4
	Total:	10.492	4.403	42,0
Médio	Floresta Sub- montana	3.019	487	16,1
	Floresta Montana	6.856	3.288	48,0
	Total:	9.875	3.775	38,2
Alto	Floresta Sub- montana	512	156	30,5
	Floresta Montana	10.068	6.357	63,1
	Floresta Alto- montana	208	178	85,9
	Total:	10.788	6.691	62,0

O que pode ser observado é uma grande devastação nas formações florestais das áreas mais baixas junto às várzeas e sopés de morros, das florestas aluviais e terras baixas restaram apenas 13% da área originalmente coberta, principalmente devido à facilidade de acesso e retorno econômico. Em contrapartida as formações florestais das partes mais altas mantêm-se preservadas junto aos topos das montanhas e encostas íngremes devido à dificuldade de acesso e custos econômicos, restando 60% das formações montanas e alto-montanas. As formações sub-montanas foram também descaracterizadas e convertidas em pasto, atualmente apenas 33% de sua área original ainda persiste, localizadas em sua maior parte no baixo curso.

De forma geral não há nenhum indício de cuidados referentes à preservação de topos de morro ou matas ciliares e nem mesmo as vertentes mais íngremes, superiores a 30°, que geralmente estão desmatadas e convertidas em pastagem para o gado.

MAPA 8 - FITOFISIOMOMIAS DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: RADAM BRASIL & MAPA HIPSOMÉTRICO DO IBGE		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Formações Florestais

	Floresta Aluvial		Floresta Montana
	Floresta Terras baixas		Floresta Alto-montana
	Floresta Sub-montana		Floresta Estacional Montana
			Floresta Estacional Sub-montana

Os remanescentes de vegetação ocupam menos de 45% da área total da bacia e encontram-se bem fragmentados com sua florística bem inferior a exuberância da mata atlântica original. Estão preservados apenas nas concavidades mais úmidas junto às nascentes dos rios, na periferia da REBIO Tinguá, no alto da serra, junto à vertente norte da bacia e nas proximidades de Petrópolis.

Para a determinação deste parâmetro, seguiu-se a classificação apresentada na metodologia, ressaltando-se que Na Tabela 7, é apresentado o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual com a cobertura vegetal original, para os Setores da Bacia.

Tabela 7 – Grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e atual por setor da bacia.

Setor	Área total (Ha)	Área original (Ha)	Área atual (%)	Índice	Nível de Semelhança
Foz	2.125	411	19,3	CO5	Nenhuma semelhança
Baixo	10.545	10.492	42,0	CO3	Baixa semelhança
Médio	9.880	9.875	38,2	CO4	Baixíssima semelhança
Alto	10.802	10.788	62,0	CO2	Semelhante

O Alto curso, com 62% de extensão da área original, está em melhor estado de preservação e por isso apresenta a maior semelhança com sua vegetação original.

O baixo curso, com 42% de extensão, apresenta ainda alguma semelhança, isto se dá, principalmente, pela existência de duas matrizes florestais, uma na vertente norte (voltada para sul) e a outra no planalto que se forma próximo aos limites da bacia com a REBIO Tinguá.

O médio curso e a foz tiveram a maior degradação por representarem os principais eixos de ocupação antrópica, a foz em especial por se localizar na periferia dos subúrbios da baixada fluminense. A ocupação humana no vale está sempre relacionada a um histórico de degradação ambiental.

5.3 COBERTURA VEGETAL ATUAL – PARÂMETRO CA

A cobertura vegetal é um escudo natural que protege o solo. As perdas de solo são reguladas de acordo com a capacidade de proteção que cada classe de cobertura oferece.

Com o objetivo de se quantificar o grau de proteção que a vegetação proporciona ao solo, a metodologia do DFC estabelece a necessidade de confecção de um mapa de uso do solo, apresentando os distintos tipos de cobertura vegetal existentes na bacia (Beltrame,1994).

O uso e cobertura do solo é um tema básico em estudos sobre o meio ambiente, por ser um elo importante entre as informações sobre aspectos biofísicos e socioeconômicos da região. A partir deste mapa pode-se ter um panorama de como se encontram as condições ambientais e a configuração do espaço, com suas florestas e outros arranjos sócio espaciais.

Assim a partir das técnicas de sensoriamento remoto foi realizado um mapeamento de uso e cobertura do solo no qual se utilizou 9 tipos de classes de uso (Tabela 8).

As classes são diferenciadas em grupos de similaridade de cobertura, são eles: floresta, uso antrópico, uso urbano e outros. Cada grupo foi diferenciada por subclasses a partir da análise visual e idas a campo. O grupo de floresta foi dividido segundo seus diferentes estágios de regeneração, conforme metodologia proposta pelo CONAMA 06/1994. O grupo uso antrópico foi dividido segundo os usos e coberturas advindos da presença humana na bacia e O grupo urbano que foi dividido segundo critérios de densidade de ocupação. O grupo outros refere se aos outros elementos naturais da paisagem.

Tabela 8 – Classes de Uso e Cobertura do Solo

- I. Área da Floresta Ombrófila Densa
 - a. Floresta Secundária em estágio inicial de regeneração – vegetação arbustivo-arbórea aberta, composta por espécies lenhosas pioneiras de crescimento rápido e pastos sujos.
 - b. Floresta Secundária em estágio médio de regeneração – vegetação arbórea (capoeira), composta por espécies lenhosas pioneiras e secundárias de crescimento rápido.
 - c. Floresta Secundária em estágio avançado–vegetação arbórea densa, com dominância de espécies arbóreas nativas.
- II. Uso Antrópico
 - a. Cultivo - Áreas de uso agrícola, em geral de culturas anuais de abóbora e coco.
 - b. Várzea - Planícies de inundação do rio Santana.
 - c. Pastagem - Áreas desmatadas para pecuária ou outras formas de uso que não sejam floresta.
- III. Uso Urbano
 - a. Urbano baixa densidade – áreas em processo de consolidação de ocupação urbana.
 - b. Urbano média densidade – áreas de ocupações urbanas consolidadas.
- IV. Outros
 - a. Afloramento rochoso – áreas com rochas expostas.
 - b. Água – áreas permanentemente inundadas.

A classificação adotada para o grau de proteção ao solo tem por base as metodologias de Beltrame (1994) e CIDIAT/MARNR (1978). Para o presente trabalho foi desenvolvida uma classificação condescendente com as classes de uso e cobertura do solo presentes na área em estudo com valores que variam de 0 (para bacias sem proteção) a 1 (bacias totalmente protegidas), conforme tabela 9.

Tabela 9 - proteção fornecida ao solo por classe de uso

Tipo de Cobertura	Grau de Proteção
Floresta avançada	1
Floresta	0.85
Veg. Secundária	0.7
Várzea	0.6
Pastagem	0.5
Cultivo	0.4
Urbano baixa densidade	0.3
Urbano média densidade	0.2

A partir dos valores de proteção por cobertura é calculada a média geral da bacia. O cálculo é feito através da multiplicação do grau de proteção pela área ocupada do tipo de cobertura no setor e então dividida pela área total do setor. Em função do índice encontrado, os setores são agrupados de acordo com a tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetro CA Índice de Proteção Total

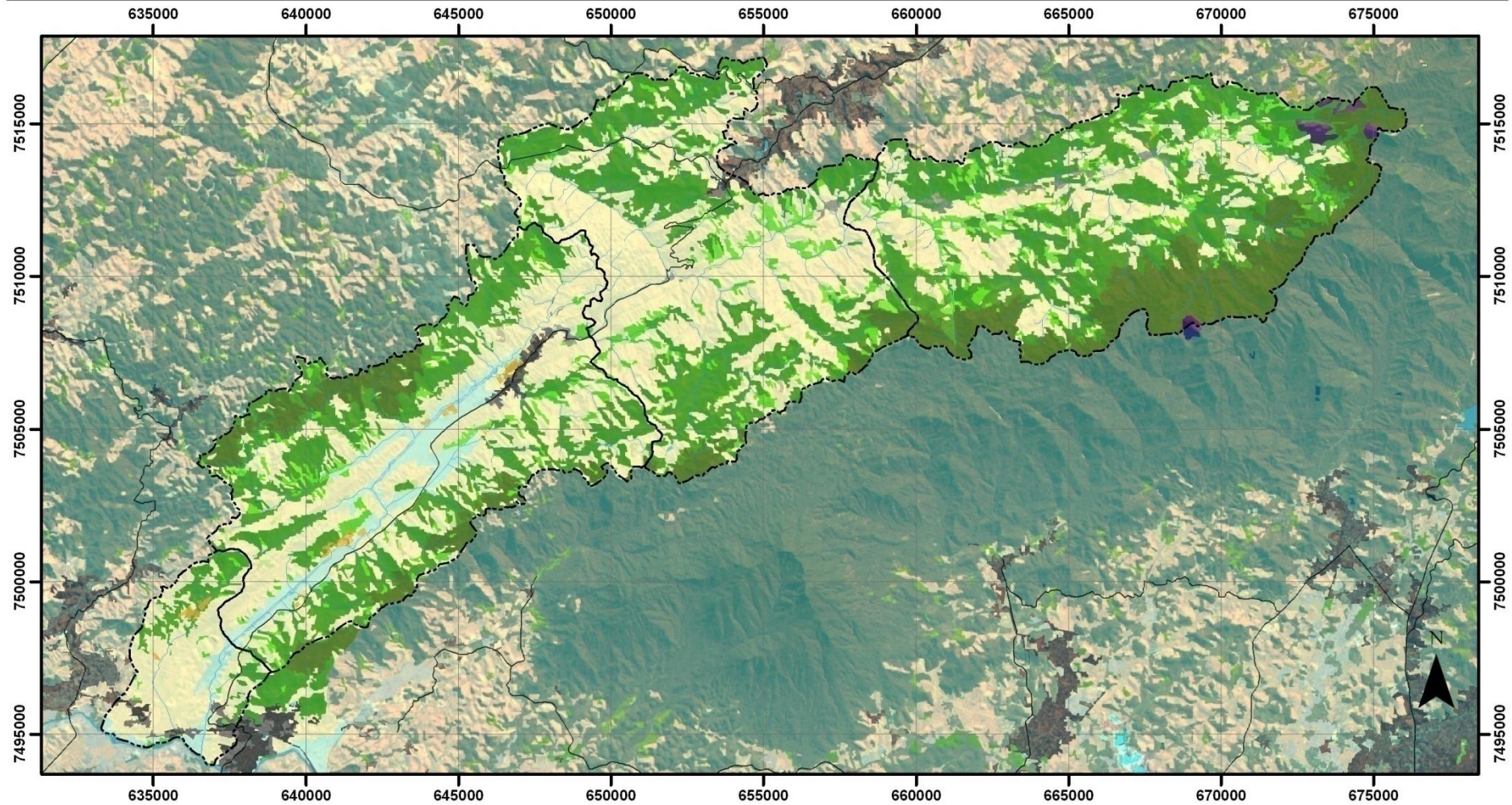
Índice	SIMBOLO
0,90 - 1,00	CA1
0,70 - 0,89	CA2
0,60 - 0,69	CA3
0,50 - 0,59	CA4
0,40 - 0,49	CA5
0,20 - 0,39	CA6
0,00 - 0,19	CA7

Para definir o grau de proteção fornecido pela cobertura vegetal atual na bacia do rio Santana, foi utilizado o mapa de uso e cobertura do solo de 2007 (Mapa 9). Os valores encontrados para as diferentes classes de uso do solo são apresentados na tabela 11.

Tabela 11 – Classes de uso e cobertura do solo por setor da bacia do rio Santana

Sector	Classes de Uso	Área (Ha)	Fator de Proteção	Índice de Proteção	Símbolo
Foz	Água	8	0	0,47	CA5
	Várzeas	183	0,5		
	Cultivo	31	0,3		
	Pastagem	1.368	0,4		
	Urbano Baixa densidade	95	0,2		
	Urbano Média densidade	51	0,1		
	Vegetação Estagio Inicial	48	0,6		
	Vegetação Estagio Médio	351	0,85		
Baixo	Água	50	0	0,61	CA3
	Várzeas	866	0,5		
	Cultivo	75	0,3		
	Pastagem	4.591	0,4		
	Urbano Baixa densidade	71	0,2		
	Urbano Média densidade	82	0,1		
	Vegetação Estagio Inicial	591	0,6		
	Vegetação Estagio Médio	3.232	0,85		
	Vegetação Estagio Avançado	987	1		
Médio	Água	3	0	0,58	CA4
	Afloramento Rochoso	2	0		
	Pastagem	5.416	0,4		
	Urbano Baixa densidade	63	0,2		
	Urbano Média densidade	26	0,1		
	Vegetação Estagio Inicial	715	0,6		
	Vegetação Estagio Médio	3.326	0,85		
	Vegetação Estagio Avançado	329	1		
Alto	Afloramento Rochoso	130	0	0,72	CA2
	Cultivo	5	0,3		
	Pastagem	3.110	0,4		
	Urbano Baixa densidade	95	0,2		
	Vegetação Estagio Inicial	844	0,6		
	Vegetação Estagio Médio	4.122	0,85		
	Vegetação Estagio Avançado	2.496	1		

MAPA 9 - USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Imagem LANDSAT 5 TM - julho, 2007		Orbita: 217/76	
		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger		Projeção: UTM	
		Datum: WGS - 84	
		Escala: 1: 200.000	

	Afloramento Rochoso		Vegetação Estagio Avançado
	Cultivo		Vegetação Estagio Inicial
	Pastagem		Vegetação Estagio Medio
	Urbano Medio		Várzeas
	Urbano Rarefeito		Água
			Setorização_bacia
			hidrografia
			Rodovias

O uso e cobertura do solo em toda a bacia do rio Santana é bastante heterogêneo, entre as classes analisadas, a pastagem apresenta predominância com 14,5 mil ha ou 44% da área total da bacia, em seguida vêm às classes de floresta, avançada, média e inicial, com 3,8 mil ha em 11%, 11 mil ha em 33% e 2,2 mil ha em 7% da área, respectivamente, totalizando 17 mil ha em 51% da área. A área de várzeas ocupa 3% da área, ou 1,1 mil ha, e as áreas urbanas de média e baixa densidade correspondem a 1,5%, totalizando 480 ha. As áreas cultivadas ocupam inexpressíveis 100 ha em 0,3%, o restante é ocupado por afloramento rochoso e corpos d'água. Os valores encontrados representam a heterogeneidade da paisagem ao longo do curso do rio Santana, assim os setores são descritos segundo seus usos do solo.

A área do setor da foz do rio Santana tem o pior índice de proteção, isto se deve ao fato de haver dentro dela duas áreas de ocupação intensa, as periferias das cidades de Japeri e Paracambi, além de pequenos assentamentos rurais, o assentamento do lote 15 e o assentamento de reforma agrária feito pelo INCRA na década de 1980. Antes destas ocupações urbanas, este setor já era ocupado por extensas áreas de agropecuário e por isso pouco de sua vegetação nativa restou.

O baixo curso tem uma situação um pouco mais estável devido, principalmente, às vastas extensões de várzea e, por ainda, haver grandes fragmentos de vegetação mediantemente protegidos. Em sua área, encontram-se núcleos urbanos consolidados, porém ainda de pequeno porte, como os povoados de Conrado, Mangueiras e Santa Branca. Os cultivos existentes são pouco representativos, correspondendo quase que exclusivamente lavoura de subsistência. O grande “vilão” é a pecuária extensiva, responsável por pouco mais de 40% da área de todo o setor.

O médio curso tem o segundo pior grau de proteção do solo na bacia exclusivamente pela dominância das pastagens, com mais de 50% de ocupação na área. Há pequenos núcleos urbanos ao longo das estradas, sendo o principal deles na localidade de Arcadia. A área de vegetação remanescente encontra-se nas encostas voltadas para oeste e próxima a REBIO Tinguá a sul do setor.

O alto curso possui um elevado índice de proteção ao solo, devido à preservação de sua mata nativa, pequena extensão do uso agropecuário e reduzida ocupação urbana consistente. A vegetação encontra-se em um elevado grau de restauração e, mesmo não havendo matas que possam ser consideradas primárias, está em melhor estado de preservação na bacia e tem uma importante função de proteger as encostas da serra do Tinguá. A ocupação humana na área se dá por meio de casas de veraneio e sítios com áreas de mata preservada. Os cultivos na região, em geral, são de culturas perenes e de agriculturas orgânicas.

5.4 DECLIVIDADE MÉDIA – PARÂMETRO DM

Segundo Mota (1981), a declividade média do terreno é um parâmetro essencial para estudar os picos de enchentes e a infiltração de água no solo. Com este índice, é possível determinar o escoamento da água das chuvas, de tal forma que, quanto maior o declive, maior o escoamento superficial e, conseqüentemente, maiores serão os riscos de erosão.

Para a obtenção da declividade média dos setores da bacia, foi utilizado o MDT. A partir do MDT foi extraído a média dos setores, utilizando a ferramenta “zonal statistic as table” tendo como “zone data” o mapa de setores.

Com base nas classes de declividade adotadas, determinam-se os respectivos índices deste parâmetro. Beltrame (1994) trabalhou com os seguintes intervalos de declividade: menor de 8%, 8 – 20%, 20 – 45% e acima de 45% (definidas pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos) determinando o parâmetro Declividade Média (tabela 12). Para melhor caracterizar o relevo, foram utilizados outros dados morfométricos por setor, são eles: altitudes máximas, mínimas e média absoluta.

Tabela 12- Classes de Declividade - Parâmetro DM.

DECLIVIDADE	RELEVO	SÍMBOLO
Até 8%	Sua ve ondulado	DM ₁
9 a 20%	Ondulado	DM ₂
21 a 45%	Forte Ondulado	DM ₃
Acima 45%	Montanhoso a Escarpado	DM ₄

Fonte: Lemos e Santos (apud BELTRAME 1994)

Com base no mapa de declividade gerado, conforme explicado na metodologia foi obtida a declividade média para cada setor da bacia e então classificada, obtendo-se os resultados apresentados a seguir (Mapa 10). De forma a compor melhor a caracterização do relevo das sub-bacias, outros parâmetros morfométricos foram gerados, tais como dados de altitude, amplitude altimétrica e altura média absoluta (tabela 13).

Tabela 13 – Caracterização Fisiográfica do Relevo por setor da bacia do rio Santana

Setor	Alturas (metro)			Declividade Média (%)	Relevo	Símbolo
	max	min	media			
Foz	540	10	107	19,6	Ondulado	DM2
Baixo	880	20	318	34,8	forte ondulado	DM3
Médio	1.140	100	595	39,7	forte ondulado	DM3
Alto	1.766	360	896	46,3	Montanhoso	DM4
Bacia	1.766	10	559	37,1		

Nos setores do alto, médio e baixo cursos, a declividade é bastante acentuada, com médias variando de 35% a 45%. Os vales encontram-se bem encaixados com vertentes íngremes, em geral, do domínio geomorfológico das escarpas serranas,

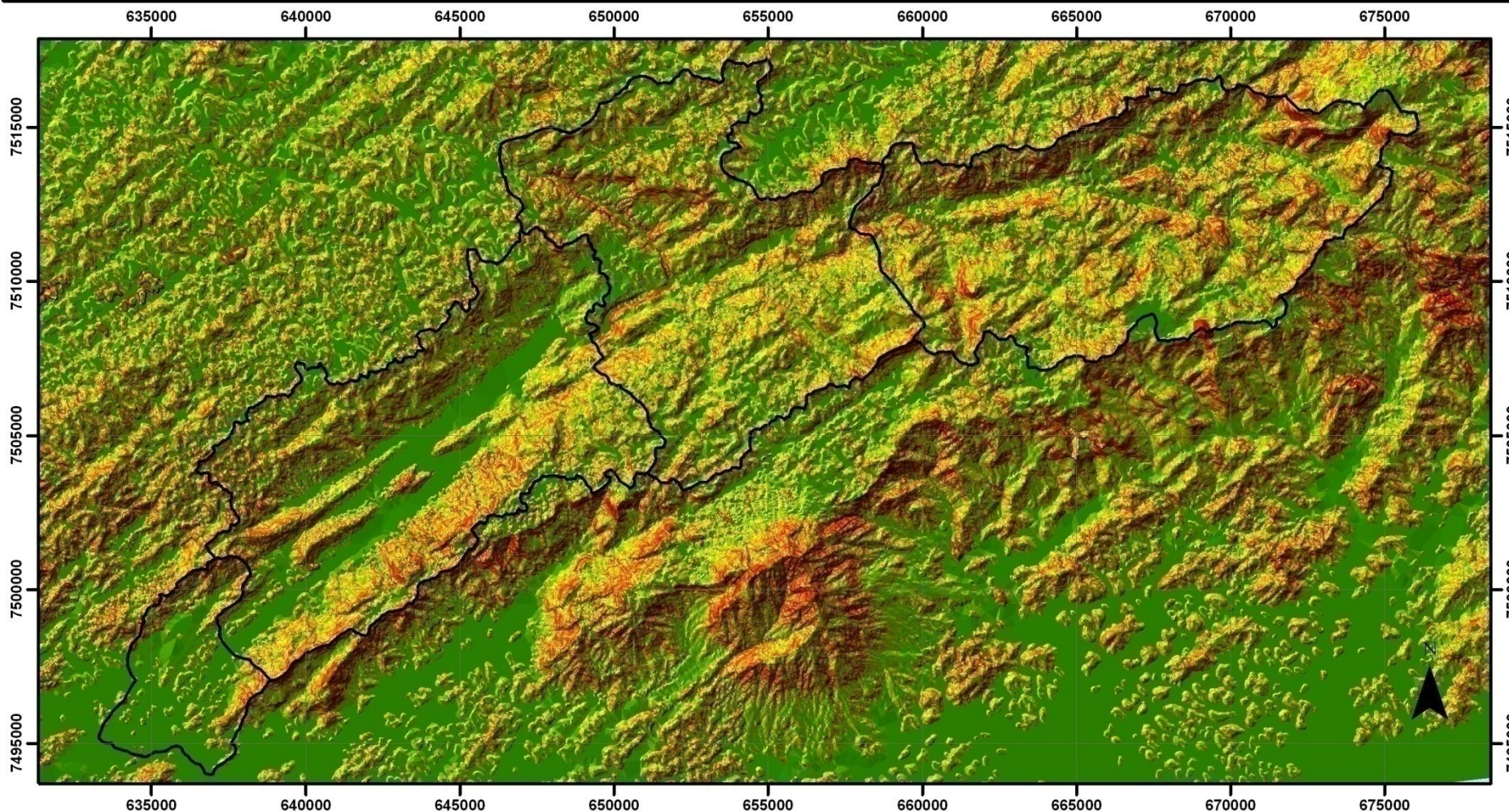
No setor do alto curso, predomina relevo montanhoso com áreas de declividade e altitude mais altas da bacia. A maior parte deste setor está situado próximo a cota 900 m, com média absoluta de altitude de 895 m.

No setor do médio curso há a ocorrência de um tipo de relevo suave colinoso de baixa declividade situado a uma altitude superior a 600 m, próximo a altitude média absoluta do setor de 595 metros.

A área de baixada, que totaliza cerca de 3 mil hectares, diminui bastante a declividade geral e altitude média do baixo curso e foz em relação aos setores a montante, apresentando ambos setores colinas isoladas de encostas pouco íngremes distribuídas nas planícies quaternárias. O baixo curso possui ainda um relevo considerado forte ondulado, devido principalmente às escarpas serranas que delimitam a bacia ao longo do eixo NE/SO.

O parâmetro de Declividade Média apresentou resultados distintos para cada setor, entretanto são necessárias algumas considerações a cerca dos modelos. O MDT apresenta certa irregularidade, no MDT a um exageramento das áreas planas, muitos platôs são criados nos fundos de vale e topo de morros, conseqüentemente a declividade média fica um pouco abaixo do esperado.

MAPA 10 - DECLIVIDADE NA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Modelo Digital de Terreno			Data: Feb - 2009
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Declividade em °

0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-45	45-90

5.5 DENSIDADE DE DRENAGEM – PARÂMETRO DD

Este parâmetro físico caracteriza a densidade de drenagem através da relação entre o comprimento total da rede de drenagem e área por setor, representado na expressão abaixo:

$$DD = C / A$$

Onde:

DD = Densidade de Drenagem

C= Comprimento total da rede de drenagem por Setor

A= Área por Setor

O comprimento total da rede de drenagem por setor foi obtido com o somatório das distâncias de todos os canais existentes na hidrografia. A hidrografia foi modelada através da ferramenta “watersheed delineation tool” sobre um MDT produzido a partir das curvas de nível do IBGE. Posteriormente este modelo foi comparado e compatibilizado com a carta topográfica do IBGE. Para adaptação do modelo ao relevo, as linhas de drenagem foram redesenhadas a partir de interpretação dos canais de drenagem sobre as imagens de satélite SPOT de 2008 e GoogleEarth da bacia do rio Santana.

Assim de forma constar na equação final a densidade de drenagem foi separada por classes de acordo com a metodologia proposta por Beltrame (1994), apresentada na tabela 14.

Um alto valor de “Dd” pode indicar rochas pouco resistentes, solo impermeável e maior risco de erosão, já uma bacia com baixo valor de “Dd” pode indicar rochas resistentes, solo muito permeável ou relevo suave.

Tabela 14 - Classificação da Densidade de Drenagem –Parâmetro DD

VALORES DA DD (Km/Km ²)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
MENOR 0,50	Baixa	DD1
0,50 - 2,00	Mediana	DD2
2,01 - 3,50	Alta	DD3
Maior 3,50	Muito Alta	DD4

Fonte: BELTRAME (1994)

A partir dos mapeamentos feitos (Mapa 11), calculou-se a densidade de drenagem para cada setor da Bacia do Rio Santana e sua respectiva classificação, representadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Densidade de Drenagem por setor da bacia do rio Santana

Setor	Área (Km ²)	C (Km)	DD (km/km ²)	Qualificação	Símbolo
Foz	21,35	14,22	0,66	Média	DD2
Baixo	105,45	116,28	1,10	Média	DD2
Médio	98,80	158,05	1,60	Média	DD2
Alto	107,89	181,55	1,68	Média	DD2
Bacia	333,49	475,67	1,38		

Os valores encontrados representam a distribuição dos canais de drenagem na bacia. Com quantidade maior de canais no Alto curso, onde estão às cabeceiras dos rios Santana, Vera-cruz e Falcão, os dois primeiros de 4^a ordem e o último de terceira ordem, além de dois outros córregos de 3^a ordem e outros sete de 2^a ordem. Ao todo possui 181 km de rede de drenagem e densidade de drenagem de 1,68 km/km².

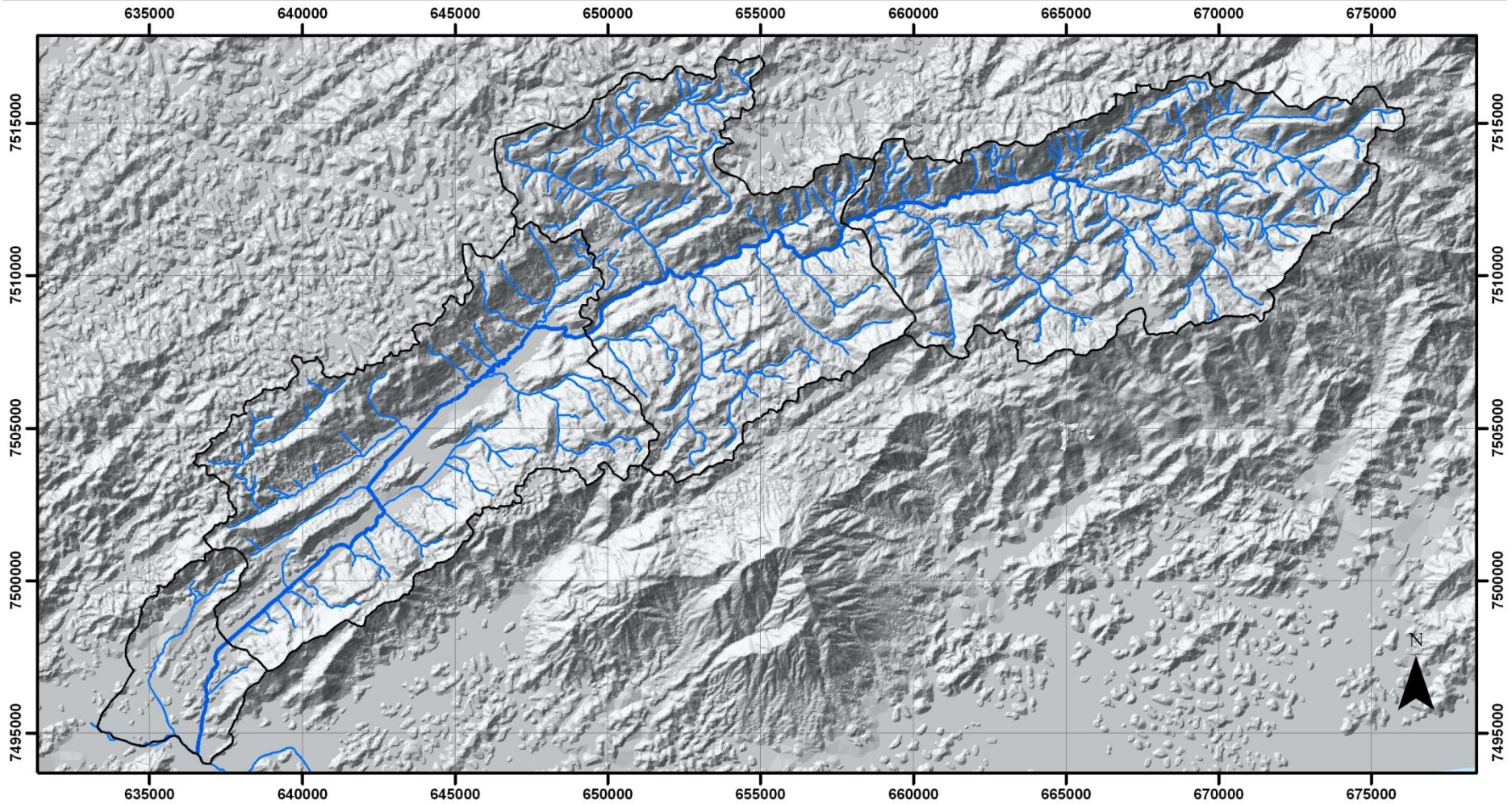
Em seguida vem o Médio curso, onde estão às cabeceiras dos rios Santa Clara e São João da Barra, de 3^a e 4^a ordem respectivamente, além de uma série de córregos, dois de 3^a ordem, quatro de 2^a ordem, que se juntam ao rio Santana elevando-o a seu volume quase máximo. Totaliza 158 km de rede de drenagem com densidade de 1,6 km/km².

O baixo curso apresenta uma menor densidade de drenagem, devido à vasta planície de inundação, em geral as planícies têm menor densidade, pois a tendência é que a água não escoe em canais, pela baixa declividade, mas se acumule formando as várzeas. Entretanto com a retirada de areia e as canalizações em seu leito final, tornaram o rio mais entalhado, desta forma os meandros, que ainda hoje são identificáveis, tornaram-se abandonados, reduzindo ainda mais o valor da densidade de drenagem. No entanto, este setor tem ainda uma considerável quantidade de nascentes que abastecem os rios Cachoeirão, Floresta e córregos João Correia, rios de 3^a ordem, além de cinco córregos de 2^a ordem, que totalizam 116 km com densidade de drenagem de 1,1 km/km².

Na foz a canalização do rio Santana e as poucas nascentes que brotam na serra tornam a densidade de drenagem baixa, além do trecho retificado do rio Santana, há apenas o rio Paracambi, um rio de 2^a ordem, e um córrego. Desta forma este setor tem uma rede de drenagem muito inferior às demais com 14 km e densidade de drenagem de 0,66 km/km².

O parâmetro de Densidade de Drenagem, não representou tão bem a heterogeneidade da bacia, não pelo cálculo, mas sim devido ao método de classificação utilizado, que se baseou em Beltrame (1994) para o estado de Santa Catarina. Talvez seja um problema da escala utilizada, visto que a densidade de drenagem é muito sensível à escala, ou para a realidade fluminense, este modelo de classificação da DD deva ser alterado.

MAPA 11 - HIDROGRAFIA DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa Hidrografico do IBGE e Modelo Digital de Terreno			Data: Fev - 2009
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Legenda	Rio Santana
	Contribuintes do Rio Santana
	Setores da Bacia

5.6 BALANÇO HÍDRICO– PARÂMETRO BH

A evapotranspiração é de fundamental importância no contexto do ciclo hidrológico, pois representa uma parcela maior de saída de água das bacias hidrográficas que a soma do escoamento superficial dos rios e o armazenamento de água no solo (Hewlett, 1982).

A determinação da evapotranspiração foi realizada através do método de Thornthwaite (1948), que estima a evapotranspiração potencial (ETP) e é calculada conforme a equação explicada a seguir. Esse método foi adotado uma vez que utiliza como único parâmetro de entrada a temperatura média mensal dos 12 meses do ano.

Entretanto, sabe-se que o método apresenta limitações, uma vez que ele considera a temperatura do ar como único índice de energia disponível para a evapotranspiração potencial. (ZEE-RJ, 2009). A equação empírica do modelo de Thornthwaite é a seguinte:

$$ETp = F \cdot 16 \left(10 \cdot \frac{T}{I} \right)^a$$

Onde:

ETp = evapotranspiração potencial (mm/mês)

Fc = Fator de correção em função da latitude e mês do ano

$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$

I = índice anual de calor = $\sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514}$

T = Temperatura média mensal (°C)

A partir da utilização da ferramenta “image calculator” na opção “mathematical expression”, disponível no programa IDRISE ANDES, foi possível calcular o IM (índice mensal de calor) por pixel para cada um dos meses utilizando os dados de temperatura média mensal. Em seguida, pelo somatório do IM foi obtido o IA (índice anual de calor) de cada pixel da imagem. O cálculo do índice “a” para cada pixel também foi realizado com o uso do “image calculator”, para em seguida ser calculada a ETP considerando os fatores de correção para a latitude 22°S (adaptado de Camargo, 1962).

Quando uma área vegetada libera água para a atmosfera numa taxa que não é limitada pela disponibilidade de água no solo, esta saída de água é denominada evapotranspiração potencial. Se ao longo de algum período do ano a disponibilidade de água é limitada, a evapotranspiração real não será igual à evapotranspiração potencial. Em condições de evapotranspiração potencial, os fatores climáticos são os que controlam o processo, ficando os fatores relacionados à vegetação e aos solos relegados a um segundo plano. Já em condições de evapotranspiração real, estes dois últimos fatores ganham importância na determinação da evapotranspiração (Dunne & Leopold, 1978).

Para a avaliação da evapotranspiração real (ER) são utilizados principalmente modelos de balanço hídrico pelo método de Thornthwaite & Mather (1955).

A estimativa de evapotranspiração real segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955) leva em consideração a capacidade de armazenamento de água no solo em função da profundidade média das raízes por tipo de cobertura vegetal. Adotou-se duas capacidades de armazenamento de água (CAD), medidas em função da profundidade das raízes, para todos os tipos de solo predominantes na área, o CAD considerado para vegetação secundária foi de 300 mm e para o pasto e demais culturas 100 mm. Para cada um dos valores de CAD, foram estimados os valores de evapotranspiração real através de balanço hídrico. Posteriormente, foi calculado o valor médio ponderado pelo percentual areal que os dois grupos de cobertura ocupam em cada setor e na área total.

É necessário classificar o resultado de cada setor no estado, estabelecendo intervalos na classificação de forma a compor a fórmula descritiva final. Com base em metodologia de Beltrame (1994), foram estabelecidas quatro classes de balanço hídrico para o estado do Rio de Janeiro, baseado nas médias gerais do balanço hídrico no estado (quartis)(Tabela 16).

Tabela 16 – Classes de balanço hídrico para o estado do Rio de Janeiro

Balanço hídrico	Qualificação	símbolo
Excedente hídrico superior a 1462 mm/ano	Muito úmido	BH1
Excedente hídrico entre 731 a 1462 mm/ano	Úmido	BH2
Excedente hídrico entre 365 a 731* mm/ano	Moderadamente úmido	BH3
Excedente de até 365 mm/ano	Seco	BH4

*média dos valores de excedente hídrico anual para RJ = 731 mm/ano

A partir dos mapas de Precipitação e Evapotranspiração potencial obteve-se o índice de balanço hídrico médios para cada setor da Bacia, apresentados na tabela 17 e anexo I.

Tabela 17 – Balanço Hídrico por Setor da bacia do rio Santana

Setor	Excedente (mm/ano)	Déficit (mm/ano)	Classificação	símbolo
Foz	114	81	Seco	BH4
Baixo	310	35	Seco	BH4
Médio	592	13	Moderadamente úmido	BH3
Alto	881	1	Úmido	BH2
Bacia	566			

A análise do balanço hídrico anual indica que as áreas próximas ao setor da Foz do rio Santana apresentam excedente hídrico anual baixo, com médias próximas de 114 mm por ano, apresentando até cinco meses secos (com déficit hídrico), as altas temperaturas da baixada

fluminense ao longo do ano elevam o potencial de evapotranspiração que, aliado a menor ocorrência de chuvas orográficas, possibilitam a ocorrência de balanço hídrico menor que pode gerar perturbações negativas no ambiente.

Nas áreas do Baixo curso do rio Santana o excedente hídrico anual é mais acentuado, próximo a 310 mm/ano, porém ainda considerado seco. Apresenta até três meses secos durante o ano nas baixadas e um mês seco nas encostas. As elevadas temperaturas da baixada ainda causam elevada evapotranspiração, porém, com gradual elevação do relevo, propicia a ocorrência de chuvas orográficas, controlando assim o balanço hídrico,

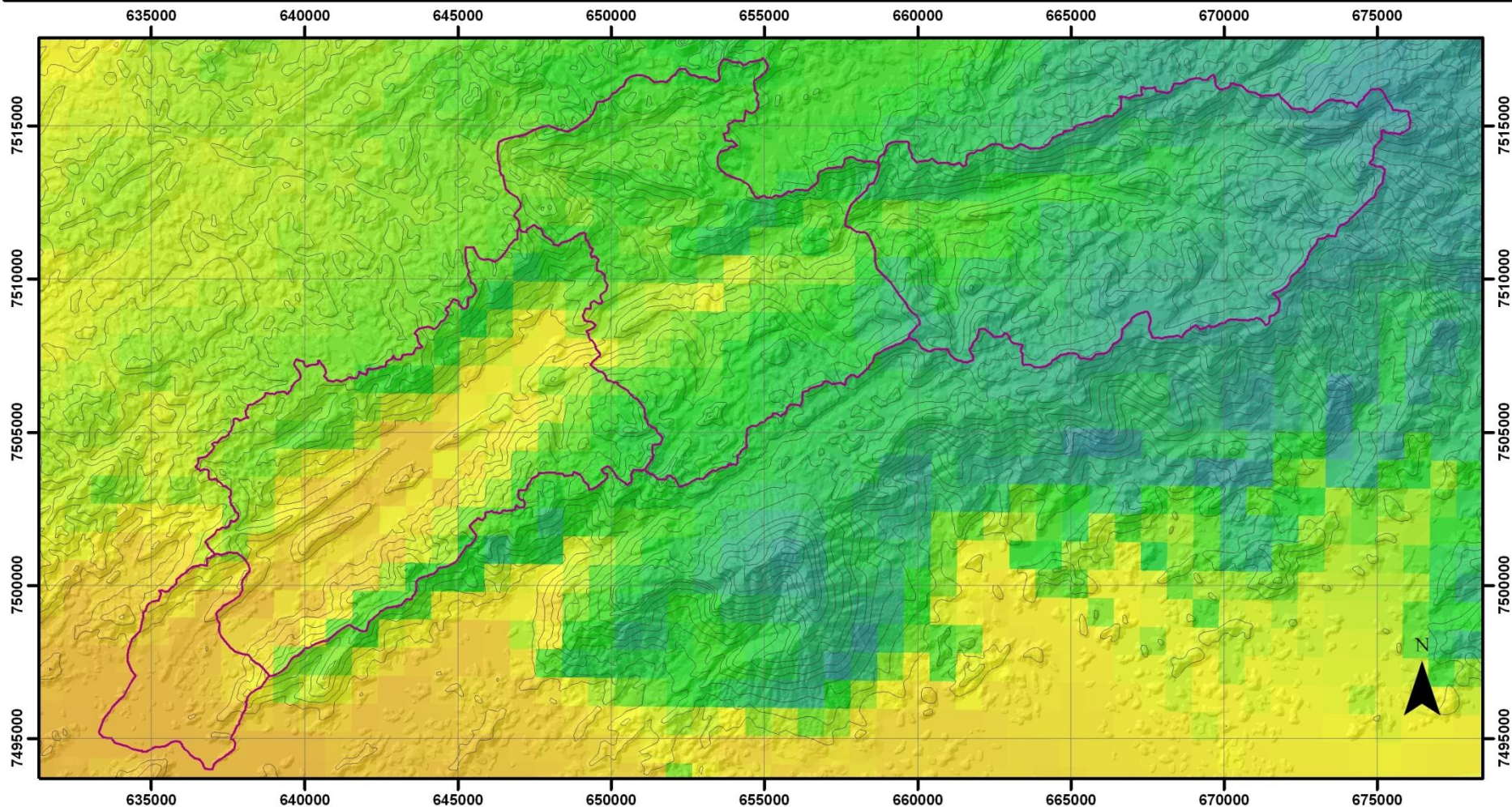
Nas áreas do Médio e Alto curso o balanço hídrico tem um considerável aumento em relação aos setores à jusante, no setor do médio curso está na faixa de 592 mm/ano com até dois meses secos, conforme a altitude aumenta gradualmente o excedente hídrico vai se elevando, de forma que, no setor do Alto curso, o excedente hídrico fica em 881 mm/ano, sem praticamente a ocorrência de nenhum mês seco.

De forma geral, a um período de déficit de umidade no solo durante o inverno, de junho a agosto, e sua recuperação depende das precipitações que acontecem após o aumento nos volumes de chuva a partir do mês de outubro, seu armazenamento é saturado novamente até o mês de dezembro onde ocorrem novamente as precipitações máximas da bacia.

O total de precipitação subtraído do total da evapotranspiração potencial anual está apresentado no mapa 12, a fim de se visualizar potencialmente o comportamento da umidade na bacia.

O parâmetro de Balanço Hídrico gerado neste trabalho não representou bem a realidade observada na bacia, acredita-se que o modelo de evapotranspiração ficou super estimado, gerando um menor balanço hídrico e a presença de muitos meses secos (com déficit). Ainda sim o modelo foi representativo do funcionamento hídrico local onde são esperadas maiores taxas nas partes mais altas e menores junto à foz.

MAPA 12 - PRECIPITAÇÃO - EVAPOTRANPIRAÇÃO NA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa de Temperatura & Precipitação - WORLDCLIM		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Legenda	P - EP (mm) 	Setores da Bacia
	High : 1800 Low : 100	

5.7 EROSIVIDADE DA CHUVA – PARÂMETRO E

A erosividade da chuva é a capacidade de uma chuva em erodir um solo desprotegido. Ela foi calculada com base na proposição de Fournier (1960), pela seguinte equação:

$$E = 6.886 (r^2/P)^{0,85}$$

Onde:

E – média mensal do índice de erosão (MJ.mm.ha.h);

r – precipitação média mensal em mm;

P – precipitação média anual em mm.

Os dados de precipitação utilizados na equação de Fournier foram os mesmos da análise de precipitação média mensal, obtidos através do site da WorldClim. Para isso, foi utilizado o programa IDRISI ANDES com os mapas de precipitação foi calculados o índice de erosividade média anual, em mega joules por milímetro por hectare por hora, utilizando a ferramenta “image calculator” na opção “mathematical expression”. Como resultado, obteve-se a erosividade mensal. A partir do somatório do índice de cada mês, obteve-se a média anual.

Para compor a fórmula descritiva final, a erosividade tem que ser dividida em classes. Com base em dados de precipitação média anual e mensal para o estado do Rio de Janeiro, foi elaborada uma classificação do índice de erosividade. Para tanto, utilizamos metodologia proposta por Beltrame (1994) em que as classes de erosividade são geradas com base nos intervalos naturais de erosividade, encontrados no mapa gerado a partir dos dados do Wordclim para o estado. Com base nos valores encontrados definimos a classificação apresentada na tabela 18.

Tabela 18 – Classificação dos Índices de Erosividade para o Estado do Rio de Janeiro.

ÍNDICE (MJ.mm.ha.h)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
< 585,69	Erosividade Débil	E1
585,69 a 677,92	Erosividade Média	E2
677,92 a 765,95	Erosividade Forte	E3
765,95 a 858,18	Erosividade Muito Forte	E4
> 858,18	Erosividade Excessiva	E5

A partir do mapa de erosividade da Bacia do Rio Santana (Mapa 13), obteve-se o índice de erosividade médio para cada setor da bacia, apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Índice de erosividade por setor da bacia do rio Santana

Setor	Índice (MJ.mm.ha.h)	Classificação	Símbolo
Foz	736,5	Erosividade forte	E3
Baixo	786,8	Erosividade muito forte	E4
Médio	828,1	Erosividade muito forte	E4
Alto	864,1	Erosividade excessiva	E5

A análise dos dados indica alta erosividade em toda a bacia hidrográfica, a proximidade com o mar, distante 30 km das duas extremidades da bacia, e o relevo acentuado possibilitam a ocasional entrada de frentes frias e a ocorrência constante de chuvas orográficas ao longo do ano, que provocam elevada precipitação.

O Alto curso tem a maior média do índice de erosividade, na casa de 864 mega joules por milímetro por hectare por hora. Está classificada como erosividade excessiva, com índices variando entre 825 a 911 MJ.mm.ha.h. Entretanto a cobertura vegetal que ocupa grande parte do setor protege o solo dos efeitos danosos desta erosividade excessiva.

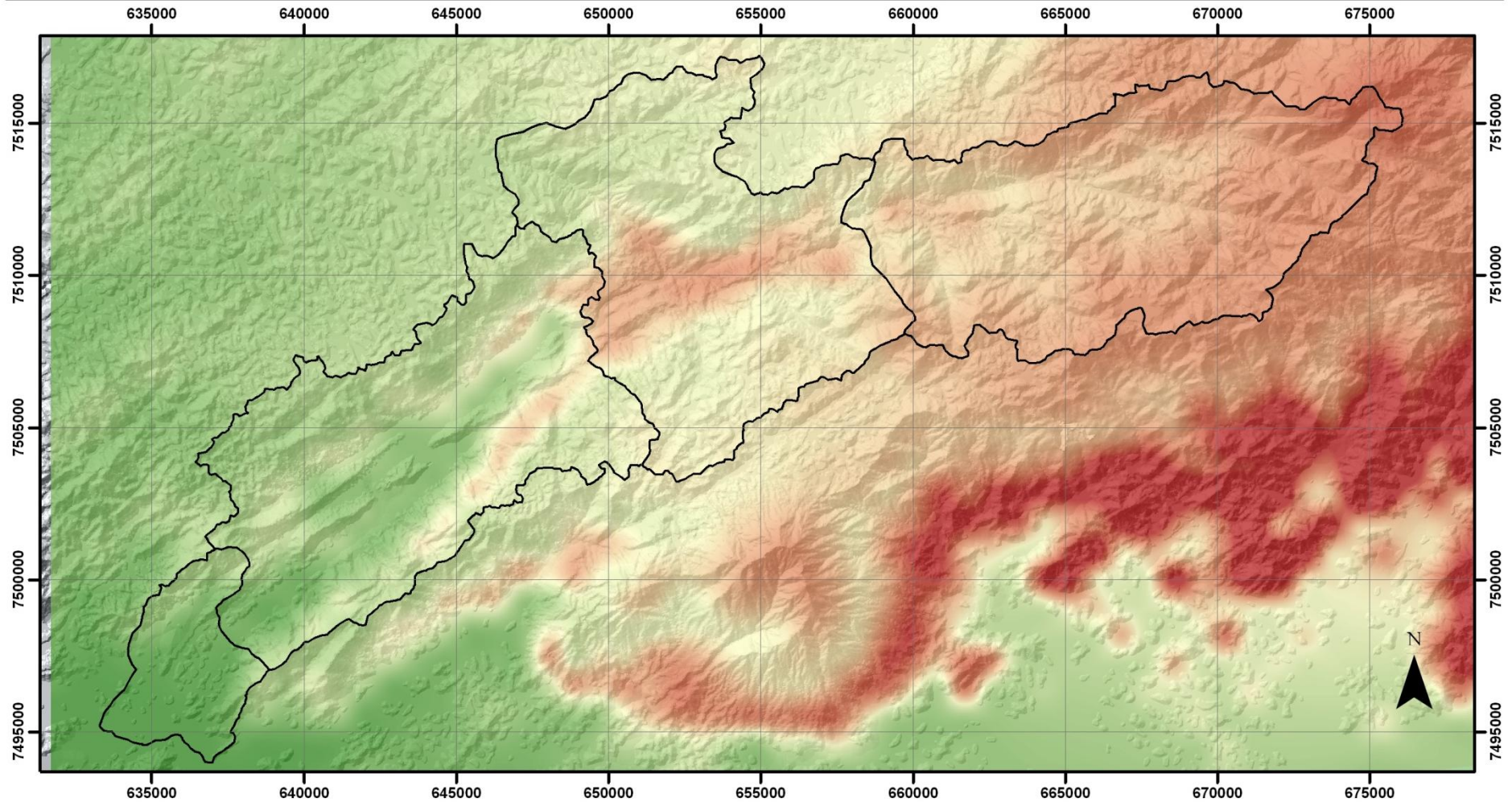
O Médio curso por sua vez apresenta altos índices de erosividade, no entanto no resultado alcançado na fórmula descritiva ficou classificado em uma categoria inferior ao alto curso, porém a reduzida área com proteção da cobertura vegetal torna os efeitos da erosividade mais graves. A erosividade no setor tem seus menores valores próximos às encostas do vale do Paraíba, com 786 MJ.mm.ha.h, os valores vão aumentando conforme se aproximada serra do Tinguá, atingindo o valor máximo de 882 MJ.mm.ha.h.

O Baixo curso possui índice de erosividade variando de 717 a 862 MJ.mm.ha.h. Os menores valores encontrados estão nas baixadas e nas vertentes do lado Sul, com o índice superior a 800 MJ.mm.ha.h, enquanto que nas vertentes do lado Norte, próximas ao Paraíba, este índice fica na faixa de 750 a 800 MJ.mm.ha.h.

A área da Foz tem os menores valores da bacia variando de 700 a menos de 800 MJ.mm.ha.h. A erosividade na baixada é pouco maior que 700 MJ.mm.ha.h, enquanto que nas vertentes estes valores aumentam porém não ultrapassam aa faixa de 750 MJ.mm.ha.h.

O parâmetro de Erosividade gerado neste trabalho representa bem a realidade, ou comparativamente a outros modelos de erosividade, tiveram respostas similares vide os trabalhos de Beltrame (1994) para Santa Catarina. Porém não foi encontrado nenhum tipo de mapeamento de erosividade na bibliografia para se comparar a veracidade deste modelo, este indicador até então em outros trabalhos é sempre calculado na forma de tabela.

MAPA 13 -EROSIVIDADE NA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa de Precipitação - WORLDCLIM		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Legenda	Erosividade (Mj.mm.ha.h)	
		High : 1035.63 Low : 698.001
		Setores da Bacia

5.8 POTENCIAL EROSIVO – PARÂMETRO PE

Para definir o parâmetro de potencial erosivo utilizou-se parte da fórmula da EUPS, calculando apenas o potencial natural à erosão laminar que representa a integração dos principais fatores naturais do meio físico intervenientes no processo de erosão laminar (Stein, 1987 *apud* Brito et al, 1998), dada pela equação:

$$PE = E.K.LS$$

Onde:

PE é o potencial erosivo, em (T/ha.ano)

E é o fator de erosividade das chuvas, em(MJ.mm.ha.h)

K é o fator de erodibilidade do solo em (t.ha.h/ha.MJ.mm)

L é o fator comprimento de rampa

S é a declividade

A descrição detalhada dos fatores será feita no capítulo seguinte, 6.1 Equação Universal da Perda de Solo.

A partir do cruzamento no SIG dos mapas de erosividade das chuvas (E), erodibilidade dos solos (K) e do fator topográfico (LS), é possível calcular e quantificar o Fator de perdas de solo por erosão laminar, em toneladas por hectare por ano, caso toda superfície estivesse exposta as intempéries do tempo.

Para que o potencial erosivo faça parte da fórmula descritiva, é necessário que ele corresponda a um símbolo com respectivo índice representativo desse potencial. Para tanto se elaborou a Tabela 20 de classes de potencial erosivo, na qual leva-se em conta os valores obtidos de perda de solo. Estes foram escalonados de acordo com as quebras naturais encontradas no mapa geral.

Tabela 20 – Classes de potencial erosivo

Classe	Perda do solo (t/km ² /ano)	Símbolo
muito baixo	<50	PE1
baixo	50-100	PE2
baixo-moderado	100-300	PE3
moderado	300-500	PE4
moderado a forte	500-700	PE5
forte	700-1000	PE6
muito forte	1000-5000	PE7
excessivo	>5000	PE8

A partir do mapa de Potencial Erosivo (Mapa 14), obteve-se o índice de potencial erosivo médio para cada setor da bacia, apresentados na tabela 21.

Tabela 21 – Classe do potencial erosivo dos solos por setor da bacia do rio Santana

Setor	Potencial erosivo (t/km²/ano)	Símbolo
Foz	274,0	PE3
Baixo	574,8	PE5
Médio	566,1	PE5
Alto	779,6	PE6

Este parâmetro segregou bem os setores, indicando as áreas com maior risco de erosão e áreas com menor propensão à erosão. De forma geral o setor do Alto curso apresenta os maiores valores de risco, consequência da maior pluviosidade e declividade, ainda que possua os solos com menor propensão à erosão, Cambissolos haplicos. Seu índice varia enormemente, indo de 25 a 4.000 t/km²/ano, com uma média de 780 t/km²/ano.

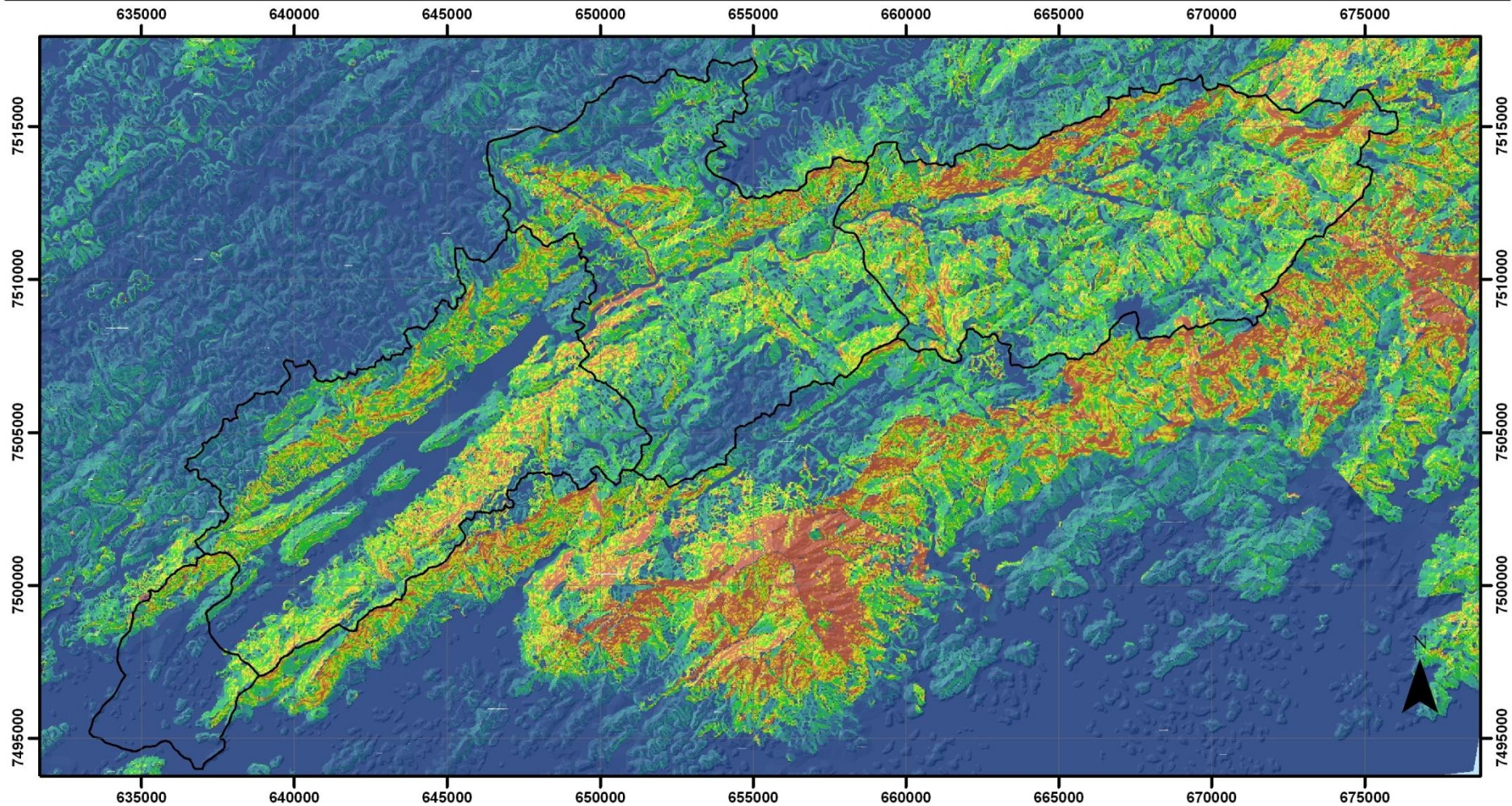
O Médio curso apresenta um potencial natural à erosão laminar mais abaixo que do Alto curso, em grande parte devido a menor pluviosidade e declividade deste setor em relação ao da montante, seu índice varia de 10, nas partes planas, a 3.000 t/km²/ano nas encostas mais íngremes com rampas de até 600 m de comprimento. A média fica na faixa de 566 t/km²/ano.

O Baixo curso apresentou um potencial natural à erosão laminar maior que do Médio curso mesmo apresentando um menor volume de precipitação e uma grande área de planície, isto deve se às declividades acentuadas e rampas extensas de suas encostas, que podem chegar a mais de 700 m de comprimento. Apesar da média geral ser de 575 t/km²/ano, o potencial erosivo na baixada fica em torno de 30 t/km²/ano, porém nas encostas os índices superam a faixa de 1.000 t/km²/ano, com em média 1.500 t/km²/ano alcançando até 3.000 t/km²/ano.

O curso da Foz apresenta um potencial erosivo médio bem abaixo dos demais, com 274 t/km²/ano, isto deve-se ao fato de ter o menor volume de precipitação e menor valores de declividade e comprimento de rampa, este último na faixa de 100 m. O potencial erosivo médio na baixada é de 30, com índice nas vertentes próximos a 1.000 e máximo inferior a 2.000 t/km²/ano.

O parâmetro de Potencial Erosivo, apesar de ter um de seus índices ligados ao clima, erosividade, é de maneira geral de origem geomorfológica, evidenciado pelo fator topográfico (LS). O fator LS revelou que grandes comprimentos de rampa em declividades elevadas resultam em altos valores de perda de solo, e que a equação é mais sensível à variação da declividade do que a variação do comprimento de rampa, além do que o fator LS apresentou o maior peso no resultado final da EUPS

MAPA 14 - POTENCIAL EROSIVO DA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapas de Erosividade, Pedologia e MDT		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Legenda

Potencial Erosivo (t/km²/ano)

High : 12 811
Low : 0

Setores da Bacia

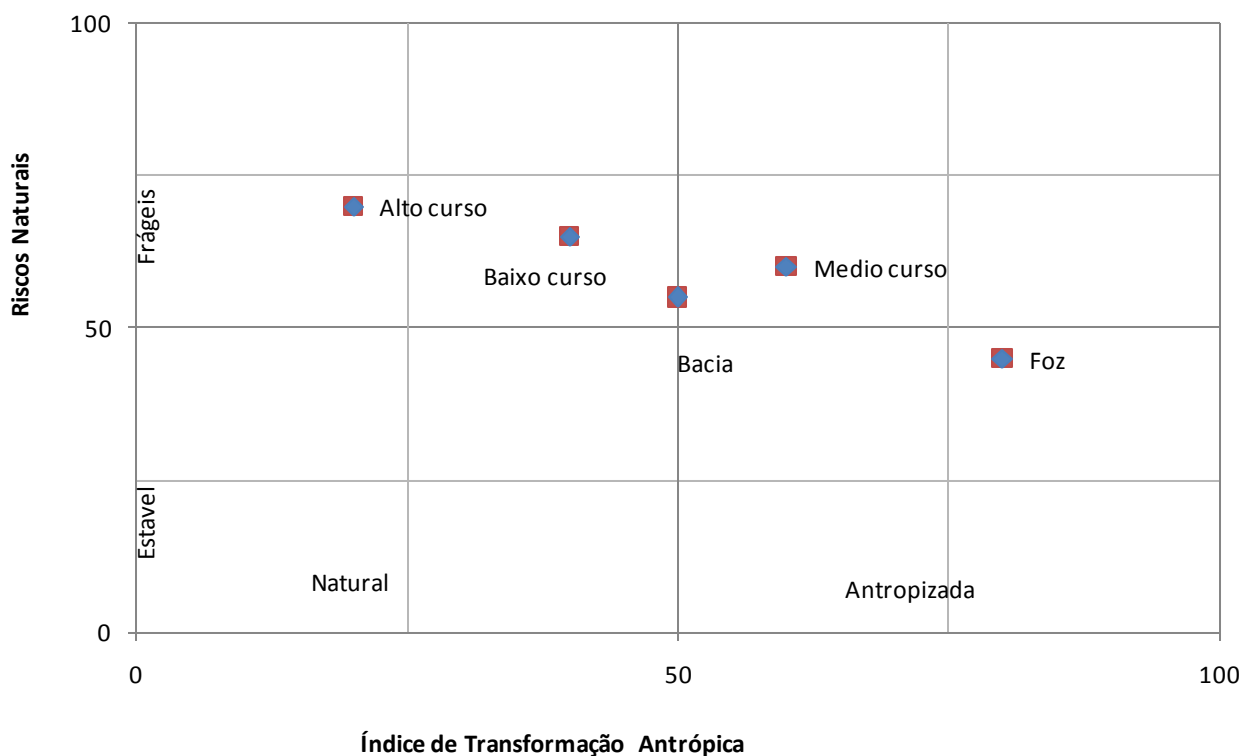
5.9 RESULTADOS

Com base nos resultados obtidos nos parâmetros físico-conservacionistas, foi quantificado o grau de degradação física em cada setor, conforme apresentado na Tabela 22 e elaborado o gráfico de estabilidade da paisagem, figura 24.

Tabela 22 – Resultados do diagnóstico físico-conservacionista na bacia do rio Santana

Parâmetros	Foz	Baixo curso	Médio curso	Alto curso
Cobertura Vegetal Original	5	3	4	2
Cobertura Vegetal Atual	5	3	4	2
Declividade Media	2	3	3	4
Densidade de Drenagem	2	2	2	2
Balanco Hídrico	4	4	3	2
Erosividade	3	4	4	5
Potencial Erosivo	3	5	5	6
Total	24	24	25	23
Unidades de risco de degradação (%)	57	57	60	53
Índice de Transformação Antrópica (%)	80	40	60	20
Índice de Riscos Naturais (%)	45	65	60	70

Figura 24 – Estabilidade da Paisagem



Como resultado final, o setor da Foz e Baixo curso apresentam igual valor quanto ao risco de degradação física (57), mas praticamente não obtiveram índices semelhantes na fórmula. Os fatores morfométricos encontrados foram menores na Foz e mais elevados no Baixo curso. Os fatores climáticos foram menores na Foz, pois tiveram um mesmo grau de deficiência no balanço hídrico, porém a erosividade foi maior no Baixo curso. Os fatores antrópicos elevaram muito o grau de degradação da Foz, a ponto de apresentar o mesmo resultado que o Baixo curso, sendo que seu relevo é muito mais suave.

Entretanto se analisarmos estes dois setores de acordo com a Estabilidade da Paisagem observamos que na Foz a paisagem encontra-se altamente antropizada ainda que com pouco risco ambiental. Atualmente este setor apresenta um crescimento demográfico acentuado, devido ao crescimento da periferia das cidades de Japeri e Paracambi, encontrando-se bastante antropizado e mesmo o seu caráter rural não existe mais, esta região já pode ser considerada como uma área de periferia urbana.

No Baixo curso a Estabilidade da Paisagem observada o enquadra como um ambiente ainda em equilíbrio natural, porém próximo de uma descaracterização e com alta instabilidade a processos naturais. Basicamente este setor apresenta um caráter rural típico do interior fluminense, com grandes áreas de pasto e pequenos fragmentos de mata nas concavidades dos morros. Entretanto seu equilíbrio natural deve-se a existência de duas áreas de mata relativamente grandes com perfis diferenciados, uma nas encostas voltadas para Sul, que regeneram em ritmo mais acelerado devido à umidade maior destas encostas protegidas da insolação forte da baixada, e a outra na região planáltica das colinas suaves que, situadas próximas ao maciço do Tinguá, foram preservadas pela dificuldade de acesso e pela importância como mananciais dos principais rios deste setor. Desta forma este setor apresenta grande potencial para regeneração florestal, como importante área para suavizar os efeitos de borda no entorno da REBIO Tinguá e propensa a fazer parte do corredor Tinguá-Bocaina.

O Médio curso apresentou o pior risco de degradação física (60) que o coloca sobre uma situação de maior risco. Este setor teve o índice de Risco Natural alto, próximo ao do Baixo curso, e Índice de Transformação Antrópica também alto. Assim como na Foz a retirada da cobertura vegetal nativa para a pecuária extensiva ocasionou alto índice de Transformação Antrópica, a dominância da pastagem na paisagem acarretou no pior risco de degradação da bacia como um todo. O resultado da Estabilidade da Paisagem coloca este setor como já antropizado, ainda com um caráter rural. A retirada da cobertura vegetal nas encostas, em proporção ainda maior que no Baixo curso, é o principal agente de degradação no setor. A preservação de fragmentos florestais na borda da REBIO Tinguá é de maior -

relevância ambiental, por isso ações de restauração devem começar por esta área de forma que se possa conectar os grandes fragmentos do Alto e Baixo cursos.

O Alto curso apresentou a menor unidade de risco de degradação física na bacia, 53%. É interessante notar que o Alto curso apresenta os valores mais altos de Risco Natural, entretanto o seu bom estado de conservação atribuiu valor baixo no Índice de Transformação Antrópica, tão mais baixo do que no restante da bacia, a ponto de posicionar este setor como de menor risco de degradação na bacia. O resultado encontrado na Estabilidade da Paisagem aponta este setor como bem caracterizado ambientalmente, porém alerta para o alto grau de riscos naturais no setor. Desta forma a restauração ambiental na bacia deve começar por esta região ou então apontar os esforços de regeneração vegetal em direção aos setores mais altos, ou seja, pensar em corredores que liguem os fragmentos desta região aos fragmentos dos demais setores. A principal matriz florestal está na parte sul do setor junto às bordas da bacia próximas a REBIO Tinguá e a REBIO Araras.

A bacia do rio Santana como um todo teve um resultado satisfatório, com 53% de unidade de risco de degradação, tal como no alto curso. De maneira geral, o resultado na bacia apresentou bem a média de todos os setores, conseguindo sobrepor os índices mais baixos encontrados com os melhores índices e, desta forma, se colocando como uma bacia ainda razoavelmente preservada que, no entanto, encontra-se bem próxima a uma descaracterização do viés ambiental e, assim, necessita de políticas públicas rápidas para não deixá-la cair em um ostracismo de serviços ambientais.

A bacia hidrográfica do rio Santana, como dito em outros capítulos, tem importância vital para outras regiões, tais como a bacia hidrográfica do Guandu, a REBIO Tinguá e áreas vizinhas. Desta forma o diagnóstico apresentado aqui tem o intuito de esclarecer a situação ambiental no vale a partir de um ponto de vista bio-geo-físico, que procura conciliar as observações dos fenômenos bióticos, abióticos e antrópicos com a preservação ambiental.

Se analisarmos as linhas de tendência, verificaremos que ocorre uma inversão entre a estabilidade a Riscos Naturais e antropização da paisagem, em geral menores valores de Risco Natural tem maior Índice de Transformação Antrópica. De certa forma este resultado aponta que quanto menor as barreiras naturais maiores o desenvolvimento socioeconômico e assim a preservação fica restrita as áreas de maior dificuldade de acesso e implementação econômica.

6. ANÁLISES COMPLEMENTARES DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO SANTANA

Além da abordagem físico-conservacionista apresentada anteriormente, neste diagnóstico ambiental foi utilizado também novas ferramentas para a análise espacial dos impactos das atividades humanas e das potencialidades ambientais da bacia hidrográfica. Desta forma são apresentados a seguir 4 análises distintas, cada uma com sua abordagem específica, mas que por sua vez possuem forte correlação entre si, da combinação de seus mapas pode ser feito o prognóstico ambiental da bacia. São elas a Equação universal de perda do solo, conflitos do uso da terra, áreas de preservação permanente e classes de relevo e os corredores ecológicos.

6.1 EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLO - EUPS

Os valores de cada parâmetro da EUPS foram calculados a partir dos mapas temáticos elaborados no SIG. A seguir são descritos os procedimentos utilizados para geração dos mapas temáticos e para o cálculo de cada uma das variáveis da EUPS (mapa 15 A). descrita pela Equação:

$$A = E.K.(L.S).(C.P)$$

6.1.1 Fator erosividade da chuva – E

Utilizou-se a fórmula descrita anteriormente no parâmetro E do diagnóstico físico-conservacionista, no capítulo 5.

6.1.2 Fator erodibilidade do solo – K

A erodibilidade é uma propriedade do solo que representa a susceptibilidade à erosão. Wishmeier & Mannering (1969 *apud* Brito et al, 1998) concluíram que a erodibilidade é o fator mais importante na predição da erosão e no planejamento do uso do solo. A erodibilidade varia para cada tipo de solo, pois mesmo que os fatores declividade, precipitação e cobertura vegetal fossem iguais em solos argilosos e arenosos, os últimos, são mais susceptíveis à erosão, em geral os menos erodíveis são os Latossolos, que são solos maduros, mais intemperizados e profundos, e com maior erodibilidade estão os Neossolos.

As propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são as que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade, capacidade de armazenamento d'água e que oferecem resistência às formas de dispersão, salpico, abrasão, transporte e escoamento das chuvas (Larios, 2003).

Avaliações experimentais do valor do fator erodibilidade (K), conforme as normas estabelecidas pela EUPS, além de demandarem excessivos gastos, também exigem muito tempo nas suas determinações. Tais motivos tornaram necessária a estimativa do fator K por outros meios mais acessíveis. O fator K foi gerado adicionando-se valores de erodibilidade e tolerância compilados da literatura por reclassificação de cada classe de solo presente no mapa pedológico da bacia, conforme observado do na tabela 23, os principais autores utilizados são Bertoni & Lombardi Neto (1990), Mannigel et al. (2002) e Tomazini (2005).

Tabela 23 – Valores do fator erodibilidade (K) e da tolerância de perda dos solos na bacia.

Classes de Solo	Fator K	Tolerância
Alissolos regolítico	0.020	7.830
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0.047	9.060
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	0.047	9.060
Cambissolo Háplico argila baixa Distrófico	0.044	14.700
Latossolo Vermelho Distrófico	0.030	11.340
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0.019	11.530
Neossolo Fluvico argila baixa Distrófico	0.066	14.700
Neossolo Fluvico argila baixa Eutrófico	0.050	14.700
Neossolo Lítico Distrófico	0.040	11.100
Planossolo Hidromórfico Distrófico	0.032	5.740

6.1.3 Fator comprimento de rampa – L

O fator comprimento de rampa (L) influi diretamente na perda do solo, pois rampas muito extensas podem proporcionar escoamento com velocidades elevadas (Brito et al, 1998). O mapa de comprimento de rampa foi elaborado através do mapa de orientação da encosta, gerado pelo MDT, fatiado em cinco classes, a saber: superfície plana; Norte (315° a 45°); Leste (45° a 135°); Sul (135° a 225°); Oeste (225° a 315°).

Para que pude-se sofrer alterações necessárias quanto a distribuição das encostas e de forma a solucionar erros referentes ao excesso de encostas e falta de conectividade entre elas o mapa passou por uma filtragem dos dados utilizando o programa ERDAS, usando o mesmo método empregado no mapa de uso e cobertura do solo.

O mapa resultante foi sobreposto (ferramenta “join by spatial location”) ao mapa altimétrico (gerado pelo MDT), onde foram anexadas as altitudes máximas e mínimas de cada polígono (representando as vertentes individualmente). O comprimento de rampa foi então calculado subtraindo-se as altitudes máximas pelas mínimas, ferramenta “Field calculator”.

6.1.4 Fator declividade – S

A declividade foi calculada conforme o método descrito no parâmetro DM.

6.1.5 Fator Topográfico – (LS)

Constituído pelo comprimento de rampa (L) e pela declividade (S), representa as perdas de solos esperadas para uma unidade de área em declive qualquer em relação às perdas de 22 m de comprimento com 9% de declividade (Brito et al, 1998). A inclinação do terreno e o comprimento da encosta determinam a velocidade de escoamento superficial, caracterizando o potencial de carregamento em termos de tamanho e quantidade de material pela erosão. Os valores de LS foram calculados pela equação proposta por Bertoni & Lombardi (1985):

$$LS = 0,00984.(L^{0,63} . S^{1,18})$$

Onde:

L - Comprimento de rampa em m;
S - declive em %.

6.1.6 Fator de uso do solo e práticas conservacionistas – C & P

Segundo Botelho (1999 *apud* Vitte&Mello, 2007) a cobertura vegetal é responsável pela proteção contra a ação do impacto das gotas de chuva (splash), pela diminuição da velocidade de escoamento superficial (runoff) através do aumento da rugosidade do terreno e pela maior estruturação do solo que passa a oferecer maior resistência à ação dos processos erosivos.

As práticas conservacionistas(P) são técnicas adotadas, que visam ao controle da erosão. Os índices adaptados são: com técnicas conservacionistas 0,5; para as demais formas de uso (pastagens, matas, capoeirões e vegetação secundária em estágio inicial) 1,0, este fator é então aplicado sobre o fator de uso do solo.

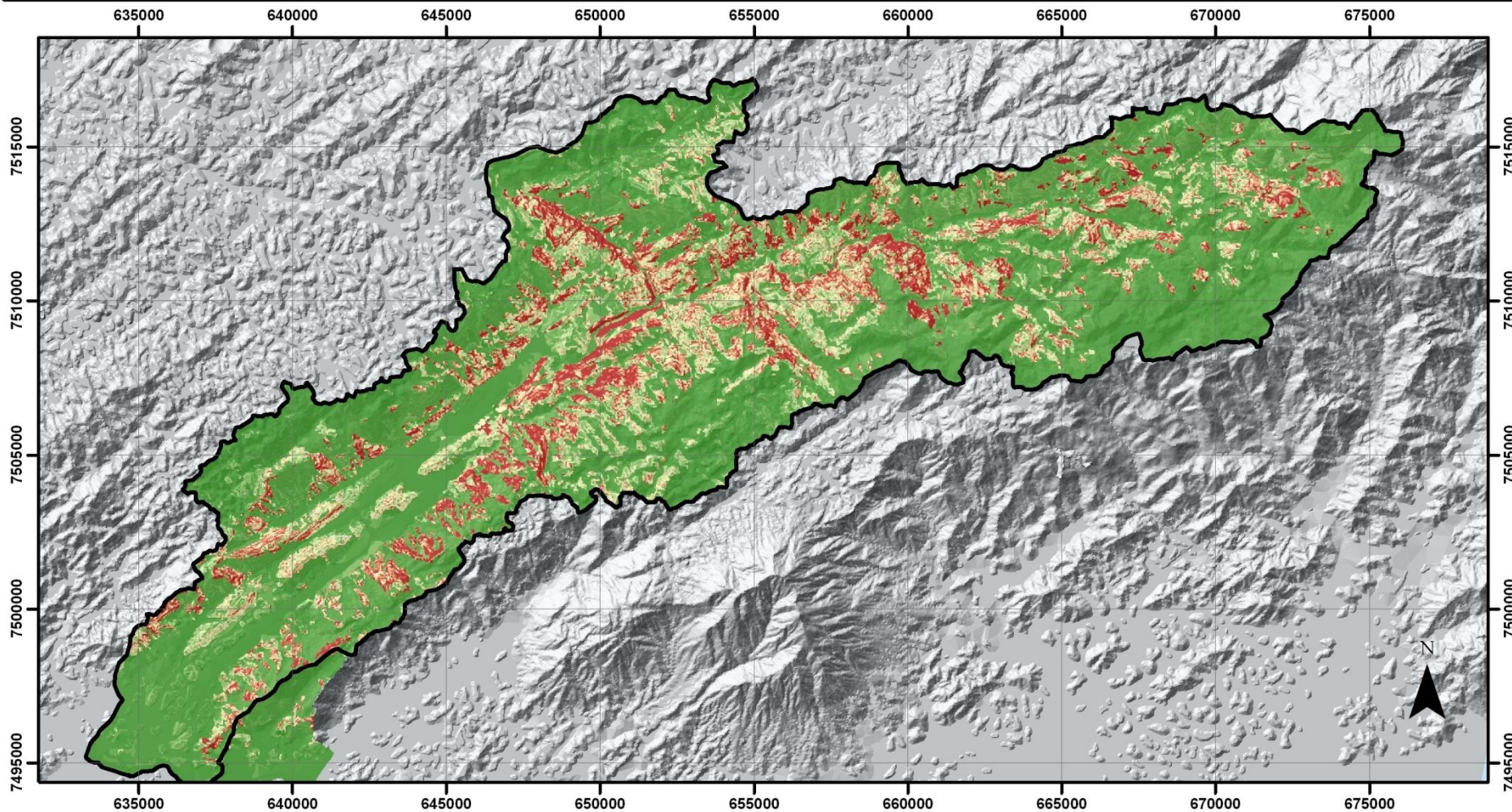
Entretanto não foram observadas em campo nenhuma espécie de pratica conservacionista no uso do solo da região.

A definição dos fatores de cobertura do solo, fator C na Equação Universal da Perda do Solo, foi feita baseando-se na literatura, em especial Ribeiro & Alves (2007), Tomazoni et al(2005) e Brito et al (1998), e na modelagem dos dados. Vários modelos foram gerados antes de se chegar a um valor final, os resultados obtidos baseiam-se na observação empírica aliada aos dados bibliográficos. Estes valores são especificados na Tabela 24:

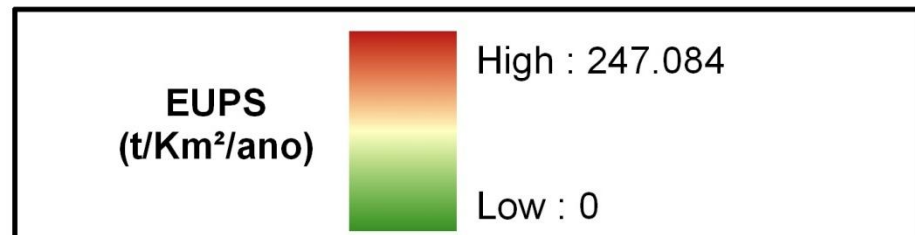
Tabela 24 – Valores de C em função das classes de uso

Tipo de Cobertura	C
Floresta avançada	0,002
Floresta Secundaria Media	0,004
Veg. Secundária Inicial	0,008
Várzea	0,015
Pastagem	0,020
Cultivo	0,1
Afloramento rochosos	0,00001

MAPA 15A - EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLO



Referências: mapa de solos, erodibilidade, uso do solo e MDT		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000



6.2 CONFLITOS DO USO DO SOLO

A partir do mapa da perda de solo da EUPS (anexo II) foi gerado o mapa de conflitos de uso do solo (Mapa 15) e a tabela com o total de área de cada classe (Tabela 25).

Tabela 25 – Conflitos do uso do Solo na bacia do rio Santana

Compatibilidade	Perda estimada de solo pela EUPS (t/ha/ano)	Área (ha)	% área
Subutilizada	<-10	2.730	24,5
Uso correspondente	-10 a 10	5.460	40,5
Sobre utilizada	10 a 40	10.150	30,5
Excessivamente utilizada	>40	1.500	4,5
Floresta com uso correspondente	<10	13.510	
	Total:	33.350	100

A interpretação dos resultados obtidos no modelo e de seus dados gerou discussões sobre a utilização do solo atual, que basicamente suportam as avaliações prévias de especialistas, indicando uma utilização do solo bem acima das capacidades naturais.

Dos 5,5 mil hectares de uso correspondente, quase 3 mil estão nas baixadas, os outros 2,5 mil ha de cobertura correspondente são utilizados como pastagem e estão localizados nos sopés de morro, nas encostas com inclinação de até 10° e comprimento de rampa superior a 100 m, baixa encosta, e nos morros com inclinação e comprimento de rampa inferiores a 20° e 100 m, colinas suaves.

O relevo acentuado da bacia, com grande comprimento de rampas e declividade alta, em especial da região do Baixo curso até o Alto curso, torna a área pouco propícia para pecuária. Dos 14,5 mil hectares de pastagem existentes na bacia, 10 mil ha estão em área com perdas superiores a 10 t/ha/ano, e 1,5 mil ha com perdas superiores a 40 t/ha/ano. Ou seja mais de 80% da área atualmente utilizada para pecuária está sendo sobre utilizada e, conseqüentemente, impróprias para tal uso.

Projetando a pastagem para toda a bacia, 8,2 mil ha seriam consideradas aptas à pecuária, e mais 1,5 mil ha de áreas capazes de sustentar uma pecuária com técnicas conservacionistas (menor densidade de cabeças por hectare, não utilização de queimadas para limpeza do pasto, plantio de gramíneas em curva de nível utilizando espécies adaptadas à região e não invasoras). Entretanto ainda sim algumas destas áreas estão situadas em APP.

As áreas de baixada ocupam cerca de 3 mil ha dos quais 1,5 mil ha estão sub utilizados, com presença quase que exclusivamente da pecuária extensiva, sem qualquer

técnica de otimização de espaço (como por exemplo plantação de sorgo ou outras gramíneas para alimentação do gado). As áreas de planície de aluvião são ricas em nutrientes entretanto sujeitas a alagamento, a agricultura poderia ser praticada em maior escala, utilizando inclusive espécies resistentes ao alagamento como arroz e inhame, em detrimento da pecuária.

Há 13,5 mil ha de terras com uso correspondente recobertas por fragmentos florestais. Geralmente estas áreas estão afastadas das sedes das propriedades e portanto se mantiveram protegidas. A utilização destas áreas deve ser vista com cuidado, visto a importância delas atualmente para a preservação, a legislação impede qualquer atividade de maior impacto, entretanto as necessidades de consorciação e boas praticas podem trazer algum retorno econômico com impactos insignificantes.

O que estes valores mostram é que em geral a utilização do espaço se dá de forma espontânea e sem planejamento considerando as condições ambientais na região, levando a uma utilização inadequada.

Percorrendo toda a bacia, pode se encontrar cicatrizes de movimentos de massa, em especial, a presença de voçorocas e ravinas (figura 25), em alguns casos as feridas são tão fortes no relevo que seu processo de contenção deverá custar caro e demandar muito esforço. Em levantamento realizado sobre o GoogleEarth foram identificados 214 movimentos de massa, dos quais 108 são voçorocamentos, ocorrendo em todos os trechos da bacia e em geral, associados à abertura das estradas pavimentadas e não pavimentadas.

Figura 25 – Voçoroca junto a RJ-125, Miguel Pereira



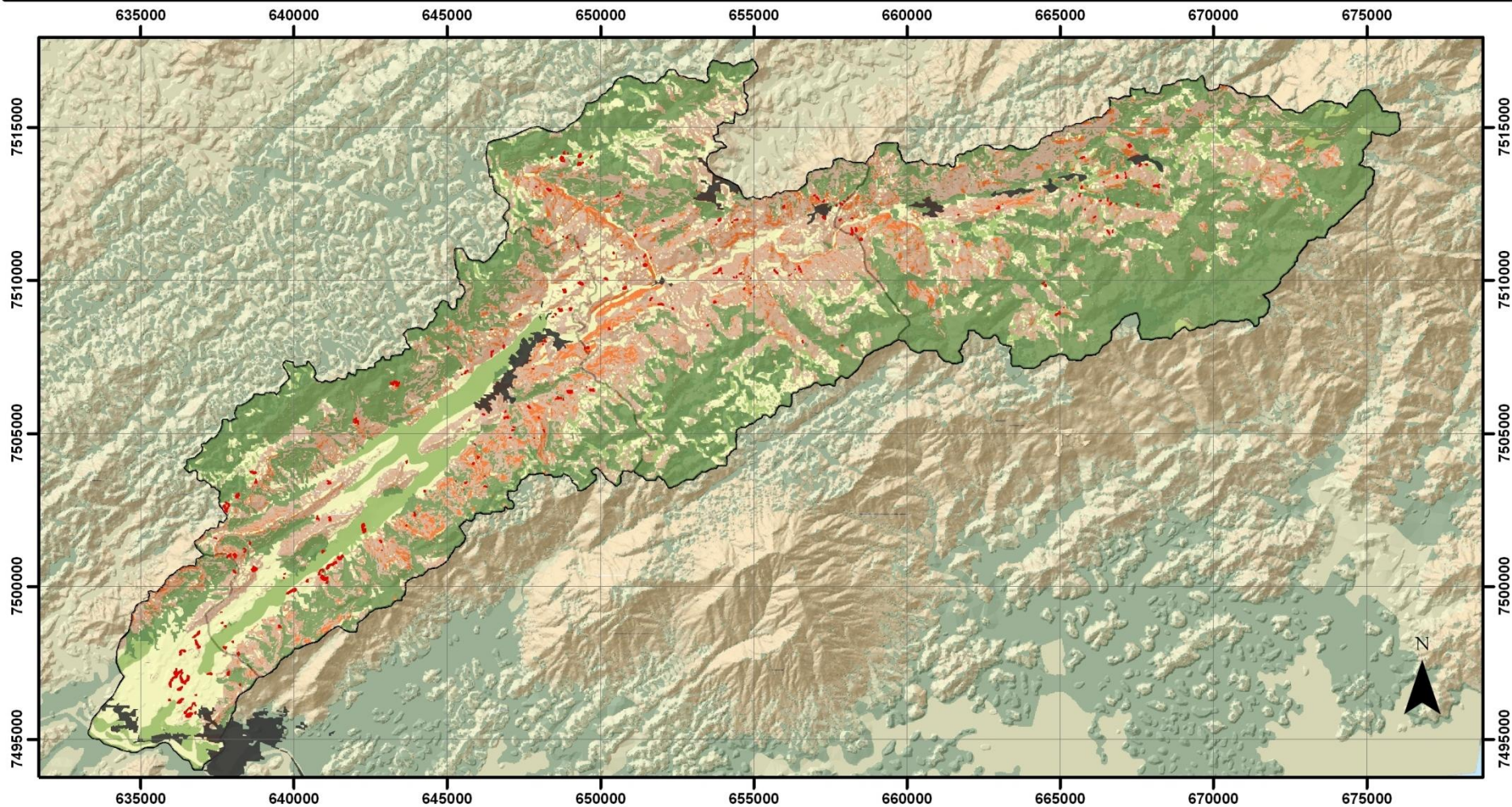
A falta de incentivos aos produtores rurais, a posse de terra na mão de poucos e o histórico socioeconômico na bacia levaram a uma sobre utilização da terra, com a conversão da matriz florestal em pastagem e a prática de queimadas anuais, levando ao esgotamento do solo. O estímulo a agricultura no vale deveria vir como arma contra a exploração das encostas. A utilização mais intensiva da baixada é a principal ferramenta para a reconversão da matriz de pasto em matriz florestal. Desta forma a pecuária deveria se restringir às áreas atualmente aptas (tais como os sopés dos morros, encostas pouco íngremes com rampas menores), com utilização de técnicas de conservação de solo. As áreas com sobre-utilização do solo deveriam ser convertidas em reflorestamentos econômicos e, nos casos de excessiva utilização, deveria ser abandonado qualquer uso, legando a terra a um novo ciclo de regeneração florestal.

A figura 26 Apresenta uma serie de possibilidades de se consorciar diferentes culturas numa só área de forma a otimizar o espaço e as funções ecológicas associadas.

Figura 26 – Gleba produtiva no vale do rio Santana.



MAPA 15 - CONFLITOS DO USO DO SOLO NA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: MAPA da EUPS			Data: Fev - 2009
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Legenda	Estado crítico de utilização	conflitos uso	processos erosivos
	Sobre utilizadas		urbano
	Uso correspondente		Setores da Bacia
	Sub utilizadas		
	Floresta com uso correspondente		

6.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE & CLASSES DE RELEVO

As classes de relevo são definidas a partir do índice “TPI”, este índice depende inteiramente da escala utilizada para a análise da paisagem e está relacionada com o número de pixels vizinhos a ser avaliado, ou por um raio de análise ao pixel avaliado. Para este estudo foram utilizados três raios de análise 100m, 500m e 1km. Com a definição de seis classes de relevo, apresentadas na Tabela 26 e mapa 16a.

Tabela 26 – Classes de Relevo de acordo com valores TPI

Classes de Relevo	Valor de TPI	Declividade
Topo ou Crista	$> 0,5$	não estabelecida
Alta Encosta	≤ 1 e $> 0,5$	não estabelecida
Media Encosta	$\leq 0,5$ e > 0	> 5
Baixa Encosta	≤ 0 e ≥ -1	não estabelecida
Plano	$\geq -0,5$ a $\leq 0,5$	< 5
Fundo de vale	< -1	não estabelecida

Adaptado de TPI (2000)

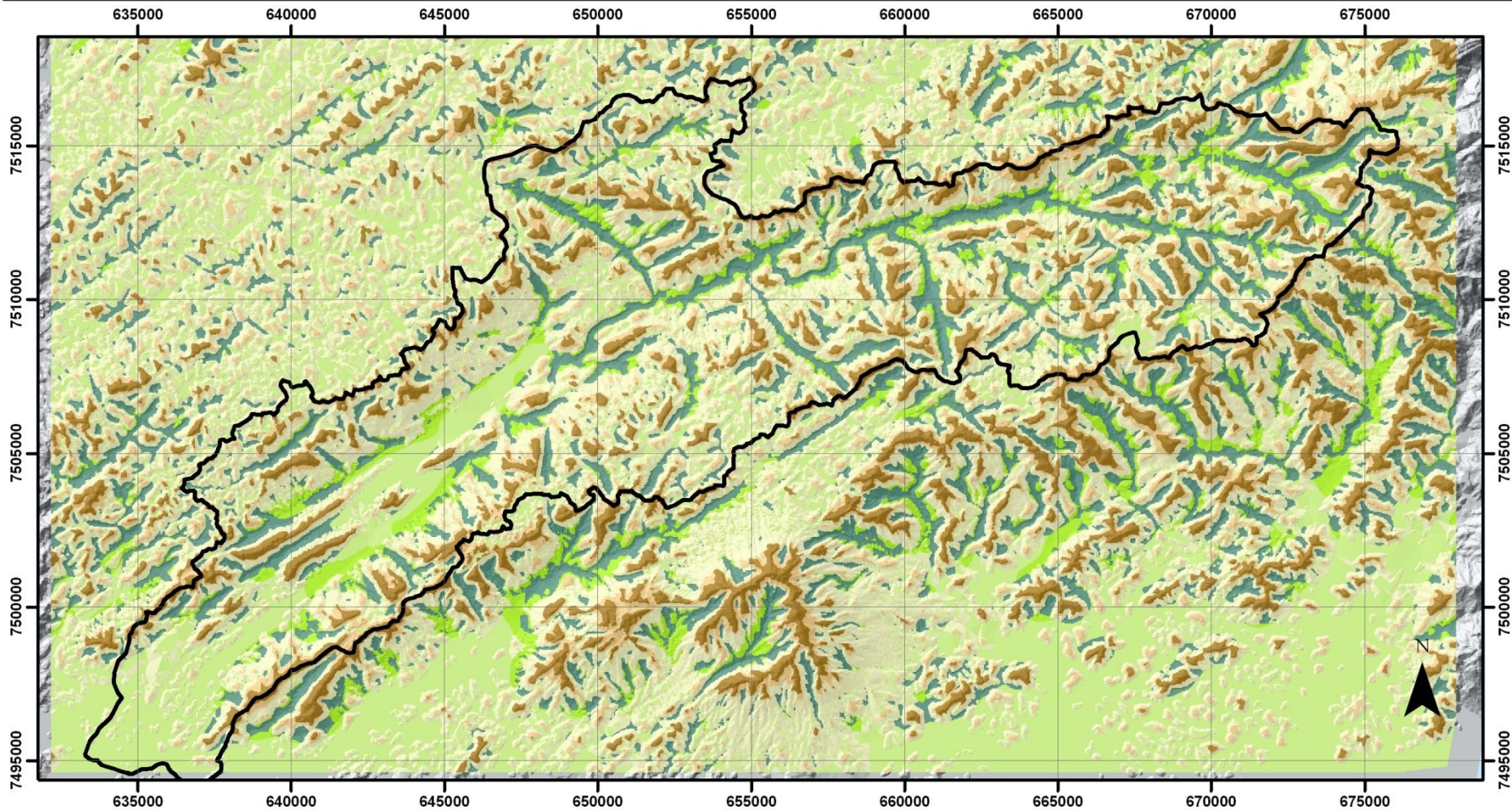
As APP são ainda um fato existente somente “no papel”, a implementação da lei exige ainda muitos esforços conjuntos dos proprietários e de incentivos para reflorestamento destas áreas. As APP ocupam cerca de 10 mil ha da bacia do rio Santana, 30% da área total. Entretanto atualmente apenas 5,2 mil ha encontram se protegidos por vegetação arbórea, os restante 5 mil ha encontram se desmatados e convertidos em pastagem. Conforme apresentado na tabela 27, das ocorrências de APP segundo suas classes.

As APP de margem de rios e no entorno de nascentes somam pouco mais de 3 mil ha tendo 60% de sua área preservada, enquanto que APP de topo de morro somam quase 6 mil ha e possuem 44% de área florestada e as APP de encostas íngremes com 1 mil ha e 54% de área florestada. A ocorrência de tantas APP mais uma vez indica a aptidão da bacia para a preservação florestal e cênica na região, conforme observado no Mapa 16.

Tabela 27 – Ocorrência de APP segundo suas classes

Tipo de APP	Área (ha)	Área (%)	Área florestada (ha)	Área florestada(%)
Margem de rio	2.990	30	1.758	59
Entorno de nascente	216	2	172	80
Encostas $> 45^\circ$	1.040	10	670	54
Topo de morro	5.880	58	2.570	44
Total:	10.126	100	5.170	51

MAPA 16A - TOPOGRAPHIC POSITION INDEX



Referências: Modelo Digital do Terreno			Data: Fev - 2009
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Legenda TPI	
	Topo ou Crista de Morro
	Alta Encosta
	Media Encosta
	Baixa Encosta
	Plano
	Fundo de Vale

6.4 CORREDORES ECOLÓGICOS

A modelagem dos corredores florestais teve como meta a adequação do uso do solo a pretensão de contribuir na conectividade das matrizes florestais do Tinguá com as da Bocaina.

Os dados gerados se basearam na definição das áreas de menor aproveitamento econômico e distância entre fragmentos, sendo desconsiderados os fatores de parcelamento da terra em propriedades, núcleos urbanos e malha viária.

De acordo com essas perspectivas a bacia é apresentada em um cenário ideal no qual se estabelece a menor relação de área possível para conectividade dos fragmentos, fazendo uso da conformação geomorfológica, ou seja dos fundos de vale e encostas mais altas, e das premissas legais.

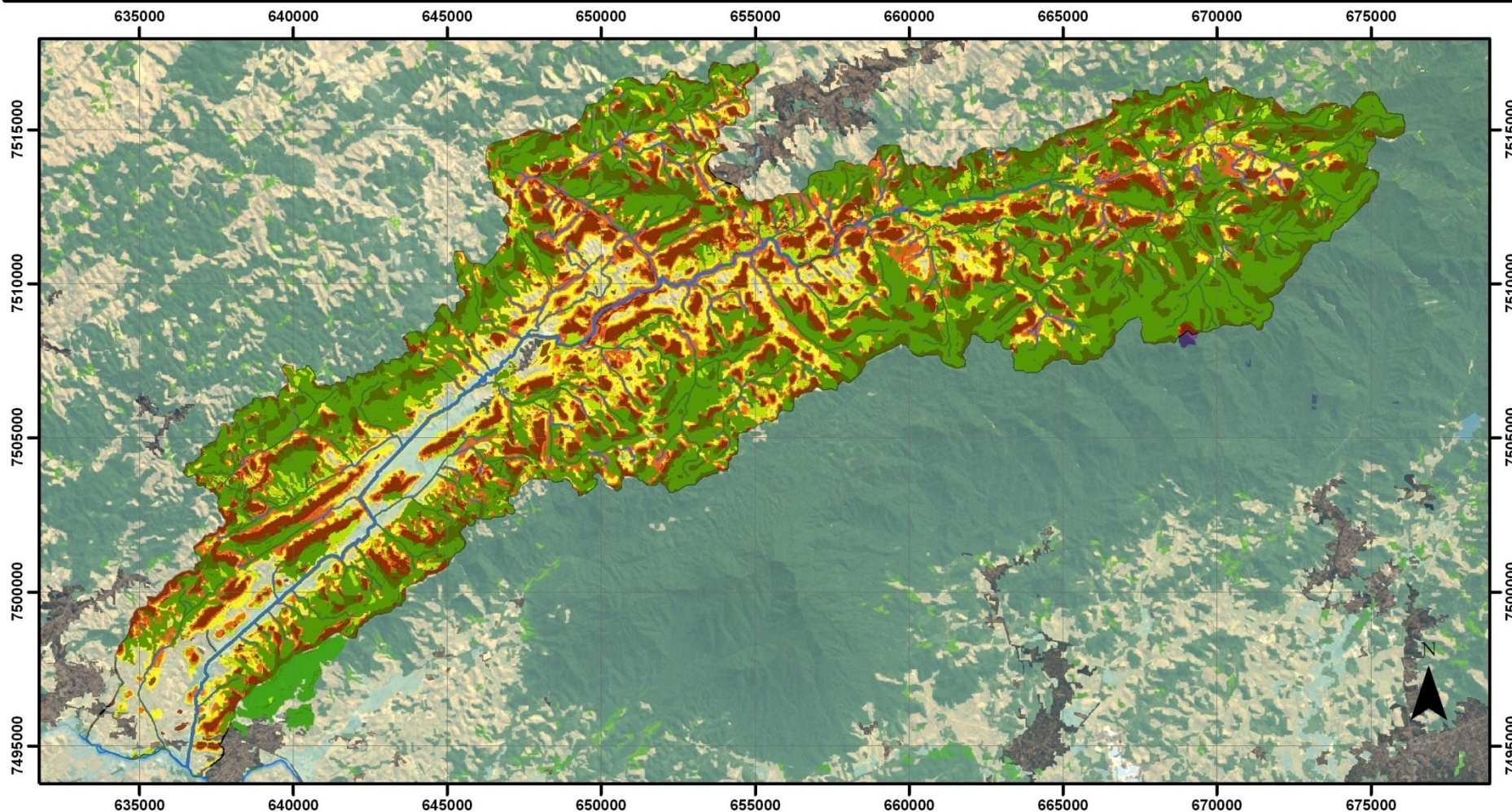
Uma área de aproximadamente 27 a 30 mil hectares, 80 a 90% da área da bacia, idealmente seria destinada à conservação da cobertura vegetal para conectividade das matrizes florestais mais próximas. Dessas áreas aproximadamente 10 mil ha correspondem a APP, e 11,9 mil ha correspondem a áreas florestadas fora de área legalmente protegida. A soma dessas duas condições equivale a 22 mil ha ou 66% da área da bacia. Sobre os resultados encontrados ressalta-se que os esforços de replantio das APP, um total 5 mil ha ainda não florestados, devem ser aplicados de forma sinérgica à efetivação do corredor ecológico.

No caso do corredor ecológico da bacia do rio Santana, contabiliza-se a estas áreas aproximadamente mais 5 mil ha indicados como prioritários para conectividade florestal. Localizados em função da proximidade dos fragmentos existentes, de forma a diminuir suas áreas de bordas (em função de formas mais arredondadas), e aumentar a conectividade utilizando a menor área possível. Assim espera-se converter a situação atual de uma matriz de paisagem antrópica por uma matriz natural, restabelecimento a dinâmica ecológica perdida.

Com a restauração de mais 3 mil ha, indicados em função da formação de manchas maiores e mais integras capazes de aumentar a resiliência dos fragmentos e garantir com maior efetividade a integridade e sustentabilidade genética destes.

Neste intuito somam-se a estes esforços os sistemas agroflorestais e reflorestamentos econômicos que auxiliem igualmente na manutenção destas áreas desviando a pressão extrativista das florestas nativas e servindo de alternativa econômica mais rentável que a pecuária extensiva. Que ainda melhorem a manutenção dos recursos hídricos e tantas outras funções ecológicas na área da bacia. O Mapa 16 ilustra a espacialização dos índices, situação ideal a recomposição e conectividade florestal da bacia do rio Santana.

MAPA 16 - CORREDOR ECOLÓGICO E APP NA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa de uso solo 2007, mapa de APP's, mapa TPI		Data: Fev - 2009	
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Corredor Ecológico	Áreas Florestadas	APP
Áreas Prioritárias	Veg. Sec. Inic.	Marginais
Áreas Indicadas	Florestas	>45°
	em APP	Topo Morro

7. PROGNÓSTICO

7.1 USO RACIONAL DO SOLO

O mapa da EUPS constitui a base do mapa prognóstico. Neste mapa as diferentes perdas de solo são agrupadas de forma a compor utilizações específicas do solo, isto é, a partir das classes de perda de solo são elencadas usos específicos condizentes com as necessidades locais, de forma a impedir usos excessivos ou subutilizações da terra. As classes são apresentadas na tabela 28.

Tabela 28 – Classes de uso racional do solo

Perda estimada de solo (t/ha/ano) ou mapas temáticos	Classes de uso
<-10	Agricultura ou Pecuária consorciada
-10 a 0	Manutenção do uso atual
0 a 10	Pecuária com técnicas conservacionistas
10 a 40	Reflorestamentos comerciais
>40	Agrofloresta
Áreas de Preservação Permanente	Agrofloresta
Áreas atualmente cobertas por floresta	Preservação

As proposições de uso procuram consorciar as atividades socioeconômicas, retorno financeiro, com as capacidade de uso de cada área (unidade) e desta forma compor um mosaico de uso que permita atividades antrópicas e preservação dos serviços ambientais.

A análise dos dados sobre o conflito de uso do solo demonstra um grande descaso com a preservação ambiental e com a adequação dos usos a legislação brasileira, o que leva a uma série de questionamentos a respeito do uso racional do solo.

Nesta etapa foram sobrepostos os mapas de conflitos de uso e de APP, de forma a compor usos específicos que sejam compatíveis com uma realidade sustentável (Mapa 17).

Os resultados obtidos vão contra a realidade vivida na bacia do rio Santana, o relevo acentuado, a precipitação e calor intensos na bacia por si só já são obstáculos ao uso intenso do solo, aliados as leis de preservação florestal e do solo, fica restringida a utilização das encostas para a pecuária tradicional.

Assim faz-se necessário uma nova ótica na utilização do solo, na qual deve estar fundamentada na preservação natural aliada ao retorno econômico. A proposta de uso racional gerada neste trabalho tem como principal método os sistemas agroflorestais, que geram recursos e ainda mantém as funcionalidades e serviços ambientais.

Atualmente 14 mil ha da bacia do rio Santana estão recobertos por pastagem, sendo que quase 11 mil ha deste montante estão sobre-utilizadas ou em APP, desta forma na abordagem sustentável do uso solo apenas 3,5 mil ha estariam aptos a pastagem, cerca de 10% da área da bacia. A pecuária poderia se desenvolver ainda nos outros 1,7 mil ha de baixada consorciada a outras atividades ou com lavouras poli-culturais.

A otimização na utilização da baixada é a principal ferramenta a favor da preservação, a falta de agricultura no vale, devido a cultura atávica dos fazendeiros de trabalhar somente com gado, acaba por forçar a utilização excessiva das vertentes como pastagem. O uso da queimada para limpeza do pasto é outro fator de preocupação para manutenção das encostas. Os baixos custos de manutenção do gado aliado a falta de fiscalização dos órgãos ambientais têm mantido os padrões tradicionais de pecuária no vale a pelo menos 50 anos.

De forma geral os poderes públicos locais deveriam agir conjuntamente na elaboração de políticas de incentivo a agricultura especializada de baixada, que podem gerar rendas mais elevadas por hectares e que, no entanto, necessitam de maiores custos de implementação, manutenção e corpo técnico especializado. Somente a fiscalização, sem incentivo a mudança nos meios de produção, não trará nenhuma mudança positiva, mas poderá trazer mais pobreza e especulação imobiliária nestas áreas próximas aos assentamentos humanos.

Neste trabalho em decorrência das observações sobre perda de solo e necessidades legais de conciliação da terra, os sistemas agroflorestais são apontados como forma principal de utilização das vertentes e faixas marginais dos rios e nascentes. Entre os SAF dois usos específicos são mencionados: o reflorestamento de espécies madeiras economicamente rentáveis, tais como eucalipto, mogno, cedro entre outros; e os sistemas agro-florestais propriamente ditos, que utilizam uma série de combinações de plantas em diferentes estratos e com funcionalidades e retornos econômicos específicos.

Os SAF de reflorestamento foram propostos para os locais onde a pecuária recobre atualmente e que o solo esteja sobre-utilizado. Em toda bacia foi calculado que 5,5 mil ha estariam aptos a receber este uso ou outros SAF, representando 15% da área da bacia.

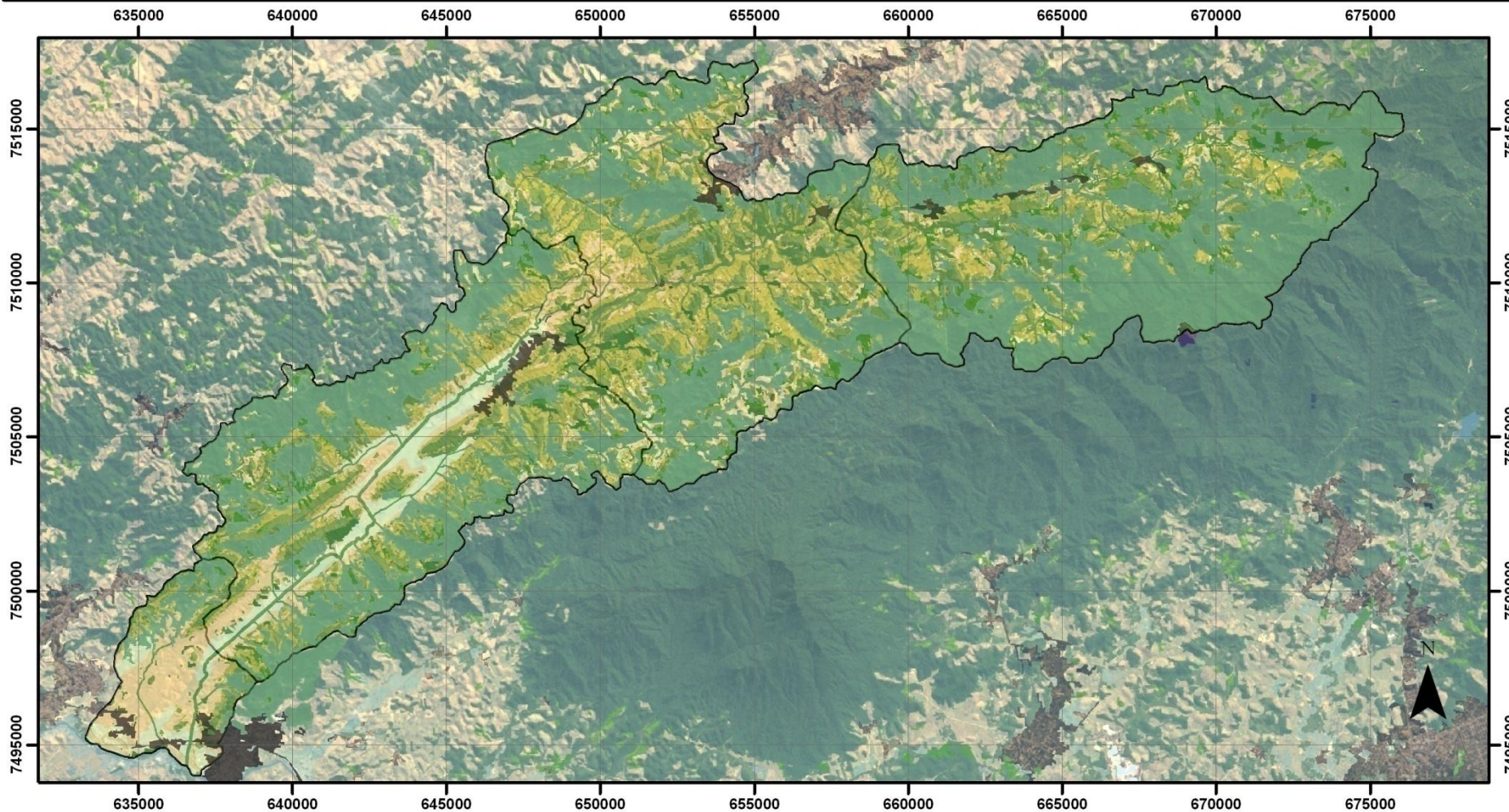
As outras modalidades de SAF, nas quais não há retirada das espécies arbóreas, com os recursos provindos da coleta de materiais naturais (tais como sementes, frutos e óleos), foram indicadas para as áreas onde houvesse uso excessivo do solo e nas áreas onde a legislação impede o corte de árvores. Estas áreas ocupam no modelo 8,2 mil ha, ou 25% da área da bacia.

Além das mudanças propostas de uso, está contemplada a preservação da cobertura vegetal atual. A preservação dos fragmentos de mata encontrados hoje na bacia é de fundamental importância para dar qualquer prosseguimento a restauração ambiental na área, visto que a condição atual destes fragmentos ainda é bastante precária, pois são fragmentos ainda recentes com efeitos de borda consideráveis. Entretanto estes fragmentos podem funcionar como matrizes para dispersão de sementes ou utilização da serrapilheira nas áreas adjacentes como forma de enriquecimento e sombreamento do solo.

Estas áreas conservadas representam 15,7 mil ha ou 45% de toda área da bacia, e sua preservação futura é ainda incerta. A maior parte dos fragmentos está inserido numa matriz de pastagem sofrendo anualmente queimadas e retirada de madeiras que ainda possuam alguma utilidade como ferramenta de trabalho ou lenha.

Assim a proposta de um uso racional do solo, no qual o desenvolvimento na região seja baseado nos princípios da sustentabilidade, exigirá mudança radical por parte de todos os atores envolvidos, dos moradores aos governantes passando pelos fazendeiros e pelos trabalhadores. Muitos esforços deveriam ser somados em prol destes princípios e na esperança de uma economia baseada em biomassa.

MAPA 17 - USO RACIONAL DO SOLO NA BACIA DO RIO SANTANA



Referências: Mapa da EUPS e mapa de APP			Data: Fev - 2009
Autor: Felipe Mendes Cronemberger	Projeção: UTM	Datum: WGS - 84	Escala: 1: 200.000

Classes de Uso Racional do Solo		Urbano
		Agricultura ou Pecuaria consorciada
		Pecuaria ou Agricultura conservacionista
		Reflorestamento ou Agrofloresta
		Agrofloresta ou regeneração natural
		Preservação

8. CONCLUSÃO

As propostas apresentadas nesta dissertação a respeito das alternativas possíveis de uso, ocupação e desenvolvimento do território tem como meta fornecer subsídios a implementação de um Zoneamento Ambiental. Entretanto a abordagem utilizada se restringiu aos aspectos geo-bio-físicos da região e especialmente no enfoque da degradação causada pela erosão laminar do solo.

Desta forma este trabalho ao propor um ordenamento das atividades de uso do solo limitou se à uma abordagem voltada a utilização de impactos causados pela intensificação de processos erosivos. No sentido de contribuir com idéias de sustentabilidade aplicáveis a realidade local sem, no entanto, se prender as diversas outras abordagens esperadas para um zoneamento, tais como as questões sócio-culturais, de posse de terra e políticas.

Este trabalho tratou então de analisar e compreender aspectos geo-ecológicos que permitem incorporar uma conduta mais sustentável aos sistemas socioeconômicos vigentes, e assim trazer uma melhoria das condições ecológicas e antrópicas. E projetar modelos de uso e manejo que assegurem uma otimização na utilização do solo e cumprimento dos objetivos, aqui propostos, de manutenção dos serviços ambientais em especial a conservação do solo.

Assim ao se projetar o desenvolvimento, segundo as idéias sugeridas, espera se que na verdade estas fomentem novos caminhos que dignifiquem as atividades humanas, sejam elas éticas, estéticas ou econômicas e, então, conforme vão sendo incorporados aos processos atuais, lentamente caminhem para um futuro no qual os ganhos ecológicos naturais sejam tão importantes quanto os ganhos econômicos.

Considerando que o enfoque da dissertação se deu sobre a paisagem, alguns resultados notáveis foram observados. Destacando se o sucesso da utilização de geotecnologias nos métodos e análises utilizados, e assim em função destes resultados encontrados a conclusão

pode ser dividida em três aspectos: Metodológico, a cerca da modelagem dos dados e DFC; Analítico, quanto aos resultados; e Aplicável, sobre a utilidade prática dos resultados.

Este trabalho ao utilizar o diagnóstico físico-conservacionista (DFC) como metodologia para a descrição do estado do meio físico e da paisagem para a bacia do rio Santana, procurou assimilar novos conceitos e métodos aos já existentes. Os parâmetros utilizados na metodologia procuram refletir os diversos fatores naturais (clima, solo, vegetação, relevo) e a influência de seus processos sobre a paisagem, servindo como indicativo sobre a situação dos recursos naturais renováveis.

Assim a utilização deste diagnóstico e de seus parâmetros específicos deve ser feita na intenção de se obter os riscos de degradação em função dos processos erosivos em um único valor numérico que, desta forma, expresse o estado físico-conservacionista da bacia. Este é um valor qualitativo, próprio para análises comparativas entre setores de uma mesma bacia e ou entre bacias hidrográficas distintas.

De forma geral a definição dos riscos de degradação da bacia está diretamente ligada aos processos erosivos ali ocorrentes, o que foi levantado no diagnóstico e sugerido no prognóstico são decorrentes dos efeitos danosos da erosão no solo. A dissertação não contempla outros impactos que por ventura afetem a bacia, tais como, poluição aérea, poluição hídrica ou os efeitos da introdução de espécies animais ou vegetais invasoras.

Desta forma este diagnóstico deve ser integrado a outros diagnósticos (tais como, socioeconômico, água, fauna e flora, etc.), para que se possa analisar não só os fatores elencados aqui, mas também outros fatores que contemplem toda a diversidade de processos naturais e antrópicos que ocorram na bacia, compondo então, o diagnóstico integral de bacias hidrográficas e assim promover um ordenamento territorial aplicável às municipalidades.

Em relação a outros DFC, o produzido nesta dissertação integrou a equação universal de perda de solo (EUPS) aos seus parâmetros físicos conservacionistas. A utilização da EUPS pode trazer uma maior integridade a fórmula final e aos mapeamentos de conflito de uso e uso racional do solo. Entretanto a EUPS ainda é muito discutida sobre sua capacidade de representação do real, mas, no que se refere a fórmula final do DFC, esta troca a abstração de ponderações dos fatores físicos por valores matemáticos únicos.

A EUPS por ser uma equação universal tem muito a somar ao DFC visto que o objetivo de ambos é ter como resultados valores que sejam comparados universalmente, sem que, no entanto, suas soluções sejam também universais, então a aplicação destas metodologias em diferentes regiões e continentes podem trazer novas formas de se utilizar a terra sustentavelmente com diferentes abordagens.

A utilização de sistemas geográficos de informações (SIG) permitiu que um grande número de dados fossem gerados, analisados e visualizados na forma de mapeamentos que ainda são integrados entre si. Grande parte da modelagem de dados espaciais deu-se em cima da modelagem numérica do terreno e do sensoriamento remoto principais ferramentas para elaboração dos SIG. De forma geral os SIG permitem uma maior liberdade para aplicação metodológica tanto do DFC como da EUPS, bem como a representação da interação dos vários fenômenos naturais e do impacto destes nos processos e dinâmicas da paisagem.

A complementaridade das observações empíricas, da intuição e da modelagem de dados traz novas perspectivas para a análise da paisagem, a atual geração de SIG permite que muito do que é especulado sobre os fenômenos naturais da paisagem possa ser representado pelos modelos e, desta forma, trazer luz a processos pouco conhecidos e ainda desvendando os desconhecidos. A consistência da modelagem dos dados é ainda o principal entrave para a interpretação dos dados, desta forma as observações em campo, a reprodução e a comparação dos modelos são a melhor forma de se testar a sua veracidade.

Nesta dissertação muitas dúvidas foram levantadas em função das respostas encontradas na modelagem de dados, em especial nos modelos climáticos (Balanço Hídrico, Erosividade) e na modelagem da EUPS. Assim estudos de campo futuros na região poderão dar luz a cerca da capacidade dos modelos de representar do real. A grande variação nas escalas pode ser responsável por trazer ineficiência aos modelos, no entanto a complexidade do sistema natural pode ser a principal responsável pelas incompatibilidades entre os modelos e a realidade. De todo jeito apenas com estudos específicos de campo, poderemos aferir a sua eficiência e calibrá-los para melhor representação dos fenômenos reais.

A classificação dos usos do solo atualmente é realizada exclusivamente através do sensoriamento remoto, a cada dia as resoluções espaciais, temporais e espectrais são aperfeiçoadas. Entretanto a disponibilidade destas ainda é um fator crucial na escolha da escala desejada de interpretação.

Nesta dissertação optou-se pelo uso de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT TM-5, de fácil aquisição e em escala compatível, ainda que em seu limiar, com a utilizada no diagnóstico (1:50.000). No entanto as classes de uso e cobertura do solo ficam restritas, visto que não se pode chegar a uma diferenciação detalhada da imagem nesta escala.

Desta forma, a classificação supervisionada ficou restrita a uma separação mais grosseira das classes, ainda que os modelos usados na classificação automática tenham sido altamente eficientes, estes ficaram longe de representar fielmente as condições de uso da bacia. Assim a maior parte da classificação, deu-se de forma manual.

Ao fim do mapeamento a bacia do rio Santana foi compartimentada em diversas unidades espaciais, que correspondem aos inúmeros fatores estudados, tais como o clima, relevo, solos e biota. A interpretação destes sistemas ecológicos naturais deu-se pela análise integrada das paisagens, representada espacialmente pelo mapa da EUPS que definiu unidades de paisagem, agrupadas em função da superfície morfopedológica (representadas pela erodibilidade dos solos, comprimento de rampas, declividade, erosão e proteção do solo por cobertura vegetal) e separadas em função de sua vulnerabilidade aos processos erosivos.

Assim o mapeamento final apontou para o grau de estabilidade dessas superfícies (unidades da paisagem) e condiciona à conservação da integridade da paisagem a dinâmica ocorrente destes fatores.

As propostas levantadas nesta dissertação destacam a vegetação e a manutenção dos serviços ecológicos como fatores decisivos ao controle da qualidade ambiental. Ao se propor a utilização de técnicas silvi-pastoris, tais como agroflorestas, reflorestamentos e pastagens consorciadas, procura-se inibir o uso excessivo do solo em detrimento das necessidades naturais, impedir a descaracterização da paisagem natural e fomentar a valorização das funções ecológicas prestadas pela floresta. A utilização pretendida de modelos econômicos sustentáveis procura também garantir a necessidade que toda a ocupação humana tem de aproveitamento econômico, em geral, agrícolas, pecuários ou extrativistas.

O conjunto destas análises aponta para os desafios de se planejar a conciliação da sociedade com o meio ambiente. Planejamento este, só possível em um Estado dotado de capacidade regulatória e legitimidade democrática, onde os atores sociais estejam organizados e sejam os principais protagonistas destas ações. Os desafios são complexos e exigem a ação em coletivo e a formulações de propostas de sustentabilidade que redefinam as relações existentes de produtividade, cultura e território.

Os resultados deste trabalho indicam que as capacidades produtivas da bacia não são utilizadas em seu máximo desenvolvimento e sustentabilidade. Das áreas subutilizadas da baixada, 2,8 mil ha, menos de 100 ha são de agricultura, em contrapartida as áreas utilizadas para pastagem somam 14,5 mil ha, dos quais 80% estão sendo sobreutilizadas, ainda diante a legislação ambiental brasileira dos 10 mil ha de áreas a serem permanentemente preservadas apenas 50%, 5 mil ha, encontra-se devidamente recobertos por vegetação nativa.

8.1 RECOMENDAÇÕES

Diante deste quadro de incompatibilidades de uso algumas ações podem ser tomadas para aliar a preservação ambiental a uma melhoria na qualidade de vida da população local. Dentre estas ações a restauração da mata ciliar em todo trecho da bacia poderia ser implementada pela parceria do comitê gestor do rio Guandu com as prefeituras e organizações da sociedade civil, em paralelo as prefeituras de Miguel Pereira e Paracambi poderiam subsidiar a restauração florestal das APP restantes (topos de morro, encostas $>45^\circ$) em seus municípios com o aumento na arrecadação do ICMS-ecológico adivindo da melhoria da qualidade ambiental em suas APA.

Entretanto o peso maior recai sobre a mudança nas atividades produtivas das propriedades privadas, a conversão das pastagens em áreas agroflorestais e a conseqüente mudança de uma economia baseada na pecuária para uma baseada nos produtos agroflorestais é algo de difícil realização. Porém a conscientização da sociedade e presença de apoios institucionais podem contribuir para uma mudança mais suave e ligeira.

A definição das áreas a serem regeneradas e ou reflorestadas é em última instancia vinculada a ação dos gestores locais que podem aliar as necessidades legais e ambientais à realidade local dos atores envolvidos. Mobilizando-os e orientando-os no processo legal de regularização fundiária, de averbação das reservas legais, das restrições da lei relativas às APP, sobre os benefícios fiscais advindos da criação de RPPNs ou de inserção no mercado de serviços ambientais e sobre tudo na alocação das áreas a serem recuperadas de modo a estabelecer uma cobertura vegetal contínua.

A lógica do produtor recebedor, na qual os atores locais e utilizadores fazem contratos com os beneficiários externos de modo a ganhar diretos e pagamentos condicionados a adotarem as praticas que assegurem a conservação e restauração dos ecossistemas, é a principal ferramenta para preservação na bacia do rio Santana. Este método contingente difere fundamentalmente de outros instrumentos de conservação. Este instrumento reconhece explicitamente os penosos “trade-off” da paisagem para resistir as pressões do uso do solo, e busca reconciliar os conflitos de interesse através de compensações.

A adoção desta pratica na bacia do rio Santana é apontada como solução mais viável para a adequação dos usos de solo na bacia, sua implementação é vista com bons olhos pelos proprietários locais, e pode ser usada como ferramenta de inserção social para população.

No entanto, reconhece-se no estudo o detrimento parcial de uma análise mais profunda sobre as condições geobiofísicas de regeneração da área, e sobre tudo, reconhece-se a

existência e a importância dos avanços de pesquisas acadêmicas que expõem estudos fitossociológicos mais apurados a necessidade de metodologias diferenciadas e específicas. Sobre estes estudos inferem-se ainda críticas aos resultados alcançados pelos reflorestamentos indicados e sobre a viabilidade economicamente real desta metodologia de recuperação para áreas tão extensas.

Para as considerações acima vale ressaltar sobre tudo a ausência de uma Política Florestal no Estado do Rio de Janeiro onde, por parâmetros pré-estabelecidos em resolução ou decreto os problemas vistos nos reflorestamentos executados atualmente, seriam minimizados por meio de exigências simples, tais como pesquisas básicas de tipo de solo e limites da formação vegetal original da área, elenco de espécies nativas pertinentes as formações encontradas originalmente, número mínimo de espécies a serem utilizadas no reflorestamento proporcional a área a ser recuperada. E contemplando a sustentabilidade do projeto a qualidade do trabalho desenvolvido, exigências que obriguem implementação de hortos próximos a área a serem recuperadas para a produção de mudas, com matrizes que vise a diversidade genética nas áreas de coleta de semente e organização de banco de dados da diversidade local para conhecimento e monitoramento dos resultados. Induzindo a pesquisa e o conhecimento sobre a diversidade de espécies florestais nativas e comerciais alternativas.

BIBLIOGRAFIA

- AGENDA 21.** Declaração do rio sobre meio ambiente e desenvolvimento. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/ag21_global/decl_rio.html
- ANA, MMA.** Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Guandu, Guarda e Guandu-Mirim. RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO – FINAL Brasília: SPRH,2006.
- BELTRAME, A. V.** Diagnostico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação, Florianópolis: E.d da UFSC, 1994. 112p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.** Conservação do Solo. Piracicaba, Livroceres, 1985. 392 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.** Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990
- BERTRAND, G.** Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. trad. Cruz, O. USP, Instituto de Geografia. Publicado originalmente em Revue géographique des pyrenées et du sudouest, Toulouse, 1968. p.249-272.
- BOHRER, C.B.A.** Vegetação, paisagem e o planejamento do uso da terra. Niterói: GEOgraphia, ano II, n. 4. 2000.
- BOTELHO, R.G.M.** Planejamento ambiental em microbacias hidrográficas. In: **GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. A.; BOTELHO, R. G. M.** (Org.). Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269-293.
- BRAGA, R. B.** 2003. Notas sobre a reserva legal: uma nova abordagem. Fonte: < <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=4797>>. Acesso em: 13/11/2007.
- BRITO, J.L.S.; LIMA, S.C.; SHIKI, S.; MOREIRA, M.R.** Uso do geoprocessamento na estimativa da perda de solos por erosão laminar em Irai de Minas – MG. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil setembro 1998, INPE, p. 501-512
- CAMARA, G. & MEDEIROS, J. S.** Principios básicos em geoprocessamento. In: **ASSAD, E.D. & SANO, E.E.** Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa SPI/Embrapa-CPAC, 1998. p. 3-11, 434p.
- CÂMARA, G. MONTEIRO, A.M.V. MEDEIROS, J.S.** Representações Computacionais do Espaço: Um Diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação. Divisão de Processamento de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DPI/INPE), São Jose dos Campos, 2001.
- CARDOSO DA SILVA, T.** Metodologia de estudos integrados para o zoneamento ecológico-econômico. Salvador: IBGE, 1987.

CARVALHO, S.N. O diagnóstico físico-conservacionista, como subsídio à gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Quebra-Perna, Ponta Grossa – PR. 2004. 169p. Tese (Doutorado em geografia) – Faculdade de ciência e tecnologia, Unesp. Presidente Prudente, 2004.

CAUBET, C.G. e FRANK, B. Manejo ambiental em bacia hidrográfica: o caso do rio Benedito (Projeto Itajaí I). Água Viva. Florianópolis, 1993. 52p.

CHAVES, H. M. L. Estimativa da erosão atual e potencial no Vale do São Francisco. Relatório final de Consultoria. CODEVASF/FAO, Brasília.1994.

CHAVES, H. M. L.; SILVA, P. A; CARLOS, R.J. Aplicação da USLE e SGI na predição da erosão atual e potencial a nível regional: O Caso do Vale do São Francisco.

COMISSÃO MUNDIAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (WCED). Nosso Futuro Comum. Rio de Janeiro: FGV, 1987. 321p.

CPRM. Mapa de Unidades Geológicas do Estado do Rio de Janeiro. 2002

CPRM. Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro. 2002

CRUZ, C.B.M; VICENS, R.S.; SEABRA, V. S.; REIS, R.B.; FABER, O.A.; RICHTER, M.; ARNAUT, P.K.E.; ARAUJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil. 2007.

DESTRO, G.F.G. Estudos para implantação de reservas legais: uma nova perspectiva na conservação dos recursos naturais. 2006. 184p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp. Botucatu, 2006.

DRM/RJ. Mapa Geológico da Folha Paracambi (1:50.000). Niterói (RJ), Div. de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. (Doc. Interno, folha avulsa). 1982

DUNNE, T. E LEOPOLD, L.B. Water in environmental planning. H. W. Freeman and Company. 1978. 818 p.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação do solo. Brasília: EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p

FARIAS, L.C. Diagnóstico Físico-Conservacionista das terras e a percepção comunitária – bacia hidrográfica da Barragem Vaca Brava – Areia, PB, 2006. Dissertação de mestrado - Universidade Federal da Paraíba, UFP. 2006.

FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FORMAN, R.T.T. Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecology, v. 10. 1995.

FOURNIER, F. Climax et erosion. Paris, Press Universitaires de France. 1960

GOES, M. H. A. *Baixada de Sepetiba*. 1ed. Rio de Janeiro. Imprensa Nacional, 1942. 383p.

GOES, M. H. B. Diagnóstico ambiental por geoprocessamento do município de Itaguaí – RJ. 1994. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994. 529 p.

GONZAGA DE SOUSA, L. (2004) Ensaio de Economia, edição eletrônica. Texto completo em: www.eumed.net/coursecon/libreria/

GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.

HEWLET, J. D. Principles of forest hydrology. University of Georgia Press. 1983. 183 p.

HIDALGO, P. Manejo Conservacionista em Bacias Hidrográficas: Diagnóstico Físico-Conservacionista. 1990. v.2. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SUREHMA, Consórcio Intermunicipal para Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi – COPATI. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA. Londrina, agosto, 1990.

HIJMAN, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climated surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* **25**: 1965–1978 (2005). Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).

IBAMA, 2004: [HTTP://www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)

IBGE. Manual Técnico de Vegetação. Manuais Técnicos em Geociências. 1991. 92p

INEA, 2008. <http://www.ief.rj.gov.br/unidades/parques/RBA/conteudo.htm>

LARIOS, M. B. Resumo Histórico de Modelagem da Erosão. Disponível em <http://www.drenagem.uf.br/06erosão-08-modelagemRest.htm>. Acesso em 04/09/2003

MADEIRA, C. V. & BORGHI, L. Estrutura dos depósitos sedimentares quaternários da bacia hidrográfica do rio Santana, Miguel Pereira. Rio de Janeiro, Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ Volume 22 / 1999

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator de erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum Maringá*, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. Planejamento ambiental: base conceituais, níveis e métodos. In: **CAVALCANTE, A. P. B.** Desenvolvimento sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais. Fortaleza: UFC – Imprensa Universitária, 1997. 86p.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Ed. UFC, 2007 222p.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B.J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Portland: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122p

MEDRADO, M.J.S. Sistemas agrofloretais: aspectos básicos e indicações. In: **GALVÃO, A.P.M.** (Org.). Reflorestamento, de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. EMBRAPA Florestas, Colombo, PR. 2000. 315 p.

METZGER, J.P.. O que é ecologia de paisagem? São Paulo: Biota Neotropica, vol.1, 2001. 12p.

METZGER, J.P. Estutura da paisagem: o uso adequado de metricas. In: **CULLEN, J.R.; RUDRAN, R.; VALADARES, C.** (Org). Metodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: Ed.UFPR, 2003. p.423-453.

MISSIO, E.; TONIAL, T.M.; SANTOS, J.E.; HENKE-OLIVEIRA, C.; ZANG, N.; PIRES, J.S.R. Análise ambiental e dinâmica do uso da terra de unidades da paisagem para o manejo de bacias hidrográficas. In: **SANTOS, J.E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J.S.R.; HENKE-OLIVEIRA, C.; PIRES, A.M.Z.C.R.** Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção, volume 1. São Carlos: RiMa, 2004. P. 207-234, 409 p.

MORAES, M.E.B. & LORANDI, R. Aplicação da abordagem sintética para o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Bonito, Descalvado, SP. in: **SANTOS, J.E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J.S.R.; HENKE-OLIVEIRA, C.; PIRES, A.M.Z.C.R.** Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção, volume 1. São Carlos: RiMa, 2004. P. 251-264, 409 p.

MOREIRA, Z.C. Divisão regional do estado do Rio de Janeiro. In: Anuário Geográfico do Estado do Rio de Janeiro- nº14, Niterói, 1961.

MOTA, S. Planejamento Urbano e Preservação Ambiental. Fortaleza: Edições UFC, 1981. 241 p.

NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A.S. Landscape ecology: Theory and application. Serie Enviroment Management. New York: Springer Verlag, 2000 ou 1984. 356p.

PAESE, A. & SANTOS, J. E. Ecologia da paisagem: abordando a complexidade dos processos ecológicos. In: **SANTOS, J.E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J.S.R.; HENKE-OLIVEIRA, C.; PIRES, A.M.Z.C.R.** Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção, volume 1. São Carlos: RiMa, 2004. p. 1-20, 409 p.

PAGANI, M.I. & CAVALHEIRO, F. Planejamento e gestão ambiental do município de Analândia, SP. In: **SANTOS, J.E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J.S.R.; HENKE-OLIVEIRA, C.; PIRES, A.M.Z.C.R.** Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção, volume 2. São Carlos: RiMa, 2004.p. 425-448. 440 p.

PENHA, H.M. & Barand, R. Atividade sísmica na região de Monsuaba, Angra dos Reis, , uma avaliação geológica/geofísica. *Simp.de Geol. do Sudeste*.1. Rio de janeiro. 1989.

PENHA, H.M.; Ferrari, A L.; Moretti, C. & Panagoulas, T.I. 1997. Indicativos de eventos tectônicos cenozóicos no lineamento Jacuecanga-Conrado. O exemplo da região do

médio/baixo curso do rio Santana, RJ. *Simp. de Geol. do Sudeste*. 5. Penedo.1997. Atlas.Rio de Janeiro, SBG.

RADAMBRASIL.. Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/ Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro. 1983

RIBEIRO, L.S.; ALVES, M.G. Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos dos Goytacazes/RJ- através de técnicas de geoprocessamento. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, abril 2007, INPE, p. 3039-3046

RISSER, P. G.; KARR, J.R.; FORMAN, R.T.T. Landscape ecology: directions and aproches. Champaign: Illinois Natural History Survey, 1984. 18 p.

ROCHA, J. S. M da. *Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*, Santa Maria: Imprensa Universitária, 1991.

_____. *Manual de Projetos Ambientais*, Santa Maria: Imprensa universitária, 1997.

SACHS, I. – Caminhos para O Desenvolvimento Sustentável – Idéias Sustentáveis – 4ed. Rio de Janeiro : Garamond, 2002 . 96p.

SÁNCHEZ,R.O. Zoneamento agroecológico: objetivos, conceitos centrais e aspectos metodológicos. Cuiabá: FPCR 1989. 32p.

SÁNCHEZ,R.O. Bases para o ordenamento ecológico-paisagístico do meio rural e florestal. Cuiabá: Fundação de Pesquisa Candido Rondon, 1991. 146p.

SÁNCHEZ,R.O. & SILVA,T.C. Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. Rio de Janeiro: Cad. Geoc.. n.14:47-53,1995.

SANTOS, M. Pensando o espaço do homem. São Paulo: Ed.USP, 2004. 96p.

SANTOS, J.E., CAVALHEIRO, F., RODRIGUES PIRES, J.S., OLIVEIRA, C.H. & RODRIGUES PIRES,A.M.Z.C. Faces da polissemia da paisagem – ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: RiMa, 2004. 409p.

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE (SEA) – Análise e qualificação Sócio-Ambiental do Estado do Rio de Janeiro: subsídios ao Zoneamento Ecologico-Economico (ZEE). Relatório da etapa IV, Rio de Janeiro, 2009. <http://www.sea.rj.gov.br>

SILVA et al. Proposição de Modelos para Estimativas da Erodibilidade de Latossolos Brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira V. 34, n. 12, Brasília, (p. 2287 a 2298) dezembro de 1999.

SOARES, V., Erosão e Sedimentação e sua relação com florestas. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/dsr/viane/CursoHF/Capitulo8c.htm>>,. publicado em 29/10/2002.

SOARES FILHO, B.S. Análise de paisagem: fragmentação e mudança. Belo Horizonte: UFMG, 1998. 90p.

STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, A. F. PONÇANO, W. L. LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe-Paranapanema. Anais do IV Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Marília, SP, 1987. P. 105-135.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev, v.38. 1948. p.55-94.

TOMAZONI, J.C.; MANTOVANI, L.E.; BITTENCOURT, A.V.L.; FILHO, E.F.R. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). Estudos Geográficos, Rio Claro, 2005 (ISSN 1678—698X) - www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm

TROLL, C. 1950. A paisagem geográfica e sua investigação: estudo geral. trad. BRAGA, G.C. Espaço e cultura. Rio de Janeiro: UERJ, 199x. 4p.

TURNER, M.G. & GARDNER, R.H. Quantitative methods in landscape ecology: The analyses and interpretation of landscape heterogeneity. New York: Springer Verlag, 1991. p

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 1991.123p.

VITTE, A. C. & MELLO, J. P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balance bibliográfico. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro - Vol.2 - n.2 - 2007, p. 107

XAVIER DA SILVA, J. ; CARVALHO FILHO, L.M. Sistemas de informação Geográfica: uma proposta metodológica. In: conferencia latino-americana sobre sistemas de informação geográfica, simpósio brasileiro de geoprocessamento. São Paulo, 1993. Anais. São Paulo, EPUSP, 1993. p.609-28.

XAVIER DA SILVA, J. & ZAIDAN, R.T. Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368p.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide selection of practices for soil and water conservation. Washington, DC: USDA, 1965.

ZONNEVELD, I.S. The land unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. Landscape ecology vol.3, n. 2, p. 67-86. SPB publishing. 1989.

Anexo I – Tabelas do Balanço Hídrico na bacia do rio Santana – Setor Alto e Médio Curso

	Mês	Temperatura	Precipitação	Evapotranspiração Potencial	Evapotranspiração real	Deficit Hídrico	Excedente
Alto curso	Jan	26.4	281	103	103	0	178
	Fev	26.4	223	102	102	0	121
	Mar	25.1	215	90	90	0	126
	Abr	23.2	127	69	69	0	58
	Mai	21.6	75	58	58	0	17
	Jun	21.1	50	54	54	0	0
	Jul	20.8	43	52	52	0	0
	Ago	22.0	53	60	59	1	0
	Set	22.7	80	66	66	0	0
	Out	23.1	137	70	70	0	62
	Nov	23.6	190	75	75	0	114
	Dez	24.4	287	82	82	0	205
	Total		1,761			1	881
Médio curso	Jan	28.4	271	130	130	0	141
	Fev	28.4	213	129	129	0	84
	Mar	27.1	203	111	111	0	92
	Abr	25.2	114	84	84	0	29
	Mai	23.6	70	70	70	0	0
	Jun	23.0	45	64	63	0	0
	Jul	22.9	38	62	58	4	0
	Ago	24.0	48	73	65	8	0
	Set	24.5	76	78	77	1	0
	Out	25.0	129	84	84	0	0
	Nov	25.8	186	94	94	0	81
	Dez	26.4	265	100	100	0	165
	Total		1,658			13	592

Anexo I – Tabelas do Balanço Hídrico na bacia do rio Santana – Setor Baixo Curso e Foz

	Mês	Temperatura	Precipitação	Evapotranspiração Potencial	Evapotranspiração real	Deficit Hídrico	Excedente
Baixo curso	Jan	30.0	253	165	165	0	88
	Fev	30.0	204	165	165	0	39
	Mar	28.7	201	139	139	0	62
	Abr	26.9	117	105	105	0	12
	Mai	25.3	76	86	86	0	0
	Jun	24.7	47	78	73	5	0
	Jul	24.6	41	75	64	11	0
	Ago	25.5	52	86	70	15	0
	Set	25.8	80	90	85	4	0
	Out	26.4	116	99	99	0	0
	Nov	27.4	177	116	116	0	18
	Dez	27.9	239	123	123	0	91
Total		1,603			35	310	
Foz	Jan	31.3	231	198	198	0	33
	Fev	31.2	198	194	194	0	4
	Mar	29.7	195	160	160	0	35
	Abr	28.1	121	121	121	0	0
	Mai	26.6	78	98	96	2	0
	Jun	26.0	46	89	76	12	0
	Jul	25.8	42	86	63	22	0
	Ago	26.6	52	97	67	30	0
	Set	26.8	80	100	85	14	0
	Out	27.5	115	113	113	0	0
	Nov	28.7	165	132	132	0	0
	Dez	29.0	229	131	131	0	42
Total		1,552			81	114	

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)