

Ricardo Callado

**UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO PARA
DETERMINAÇÃO DE UNIDADES ECODINÂMICAS:
SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em
Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Édis Mafra Lapolli, Dr^a.

Florianópolis
2003

Ricardo Callado

**UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO PARA
DETERMINAÇÃO DE UNIDADES ECODINÂMICAS:
SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Ambiental** do **Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental** da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 04 de abril de 2003

Prof. Armando Borges de Castilhos Jr., Dr.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. Juércio Tavares de Mattos, Dr.
Universidade Estadual Paulista

Prof^a. Édis Mafra Lapolli, Dr^a.
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientadora

Prof^a. Ana Maria B. Franzoni, Dr^a.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Daniel José da Silva, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina
Co-orientador

Dedico este trabalho aos brasileiros e a Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade do ensino público e gratuito durante toda minha vida. Dedico também aos meus pais, Amaury e Nancy, e a minha esposa, Emília, pela amizade, incentivo e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina, e a todo seu corpo de funcionários pela sua contribuição à minha formação e capacitação ao longo de minha vida.

Agradeço também aos meus pais e meus familiares pelos incentivos, questionamentos, e apoio.

Agradeço a minha esposa Emilia pela compreensão, dedicação e apoio.

Agradeço a Professora Édis Mafra Lapolli, pelos ensinamentos, excelentes contribuições, oportunidade de orientação, incentivo, dedicação e amizade.

Agradeço ao Professor Daniel José da Silva, pelos ensinamentos, excelentes contribuições, oportunidade de co-orientação, incentivo, dedicação e amizade.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, em especial ao Professor Flávio Rubens Lapolli, Maurício e Thais, pelo constante apoio e incentivo.

Agradeço a Prefeitura Municipal de Urubici pelo constante apoio e contribuições.

Agradeço a CAPES pelo apoio concedido a pesquisa.

Agradeço aos amigos do *Instituto Autopoiésis Brasilis* pela amizade, incentivo e excelentes contribuições.

Agradeço a Vera Lucia Monteiro Plá pela amizade, dedicação e auxílio nos trabalhos de geoprocessamento.

Agradeço ao Grupo de Geoengenharia pelas contribuições, apoio, amizade e incentivos.

Agradeço ao Grupo Transdisciplinar de Pesquisas Estratégicas para o Desenvolvimento Sustentável, pelas contribuições, apoio, amizade e incentivos.

Agradeço aos amigos do município de Urubici pelas excelentes contribuições e ensinamentos transmitidos.

Agradeço a todos meus amigos pela compreensão, apoio, incentivos e contribuições.

Agradeço aos espíritos: da montanha, da floresta, dos rios, da fauna, dos homens; que sutilmente iluminaram nosso caminho para a execução deste trabalho.

A TODOS: MUITO OBRIGADO

Quando o viajante disse, 'não há mais o que ver', sabia que não era assim... É preciso ver o que não foi visto, ver outra vez o que se viu já, ver na primavera o que se vira no verão... ver a seara verde, o fruto maduro, a pedra que mudou de lugar... É preciso recomeçar a viagem. Sempre.

José Saramago

RESUMO

CALLADO, Ricardo. *Utilização do Geoprocessamento para Determinação de Unidades Ecodinâmicas: Subsídios ao Planejamento Ambiental. – Florianópolis – SC.*

Como resultado de um processo histórico de formação de um pensamento fragmentado, somado a falta do reconhecimento da complexidade do mundo que nos rodeia, tem-se assentada uma crise não somente ambiental, como também, social, ética e científica. Vale ressaltar que estas crises tem nos legado uma série de implicações negativas as quais impulsionam uma série de problemas, dentre eles destaca-se as ocupações de áreas vulneráveis dos ecossistemas. Neste contexto, o presente trabalho pretende fornecer uma contribuição não somente no sentido de descrever as lógicas com que operam os espaços naturais, como também, lançando mão de técnicas de geoprocessamento, apontar o grau de vulnerabilidade às alterações do ambiente de uma bacia hidrográfica frente à ação humana. Com isso, além de fornecer subsídios aos processos de planejamento territorial sustentáveis, também gerar informações que auxiliarão no desenvolvimento de uma consciência acerca dos limites, interdependência e lógicas com que operam os ecossistemas.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de informações Geográficas; Sensoriamento Remoto; Ecodinâmica, Planejamento Territorial, Bacias Hidrográficas.

ABSTRACT

CALLADO, Ricardo. Use of the Geoprocessing for Determination of Ecodinamics

Units: Subsidies to the Ambient Planning. - Florianópolis - SC.

As result of a historical process of formation of a broken up thought, added to the lack of the recognition of the complexity of the world that we are inserted, a crisis has been based, not only ambiental but social, ethical and scientific. It's worth to remember that these crises have given us a series of negative implications which stimulate a series of problems, amongst them is distinguished the occupations of vulnerable areas of ecosystems. In this context, the present work intends to supply a contribution not only in the direction to describe the logics that operate the natural spaces, but also, launching hand of geoprocessing techniques, to point out the degree of vulnerability to the alterations of the environment of a hidrography basin by the action of the human being. With this, besides supplying subsidies to the processes of sustainable territorial planning, also generating information that will assist the development of a conscience concerning the limits, interdependence and logics wich ecosystems are operated.

KEY-WORDS: Geographic Information Systems; Remote Sensing; Ecodinamic, Territorial Planning, Hidrography Basins.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contextualização	16
1.2 Objetivos do Trabalho	18
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	18
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
1.3 Justificativa e Importância do Trabalho	18
1.4 Estrutura do Trabalho	24
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA	26
2.1 Marco de Referência Teórico	26
2.1.1 <i>A história ambiental das cidades</i>	26
2.1.1.1 <i>A era da formação dos ecossistemas</i>	27
2.1.1.2 <i>A era da formação do ambiente</i>	28
2.1.1.3 <i>A era do início da degradação</i>	29
2.1.1.4 <i>A era da crise atual</i>	32
2.1.1.5 <i>A era das relações sustentáveis</i>	39
2.1.2 <i>O conceito de ecossistema</i>	41
2.1.3 <i>As Leis Básicas do Ecossistema: o legado de Eugene P. Odum</i>	44
2.1.4 <i>Outros olhares sobre a organização dos sistemas vivos</i>	49
2.1.5 <i>Ecodinâmica</i>	52
2.1.5.1 <i>A inserção de técnicas de manejo na ecodinâmica</i>	60
2.2 Marco de Referência Metodológico	65

2.2.1 Sistema de informações geográficas (SIG)	65
2.2.2 Sensoriamento Remoto	69
2.3 Marco de Referência Empírico	75
2.3.1 O Município de Urubici	75
2.3.2 A Bacia Hidrográfica do Rio Urubici	79
3 MATERIAIS E MÉTODOS	86
3.1 Materiais utilizados	86
3.2 Definição de critérios interpretativos dos produtos de sensoriamento remoto e dados existentes	86
3.2.1 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo as características da declividade	88
3.2.2 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo densidade de drenagem	89
3.2.3 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo solos	90
3.2.4 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo uso e ocupação do solo	94
3.3 Mapa de declividade	95
3.4 Mapa de zonas de variação de permeabilidade	96
3.5 Mapa de solos	97
3.6 Mapa de uso e ocupação do solo	98
3.6 Avaliação de dados	100
3.7 Integração dos mapas	100
3.8 Tabela de classes	101
3.9 Mapa de Unidades Ecodinâmicas	102
3.10 Análise dos resultados	102

3.11 Avaliação final	102
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	103
4.1 Apresentação dos resultados	103
4.2 Análise da geração dos mapas	103
4.2.1 Mapa de declividade	103
4.2.2 Mapa de zonas de variação de permeabilidade	106
4.2.3 Mapa de solos	108
4.2.4 Mapa de uso e ocupação do solo	110
4.3 Mapa de unidades ecodinâmicas	112
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	117
5.1 Conclusões	117
5.2 Sugestões para futuros trabalhos	119
FONTES BIBLIOGRÁFICAS:	120
APÊNDICE 1	125
APÊNDICE 2	127

LISTA DE FIGURAS

Figura1: Relacionamento da unidade biótica com o meio abiótico _____	45
FIGURA 2 - Elasticidade e resistência nos ecossistemas _____	47
FIGURA 3- Mecanismos de retroalimentação nos ecossistemas _____	47
FIGURA 4. Diagrama do fluxo de energia solar _____	56
FIGURA 5 - Técnicas de Manejo e processos morfodinâmicos _____	63
Figura 6: SIG e os sistemas que o geram _____	65
Figura 7: Classificação dos Sistemas Sensores _____	71
Figura 8 Localização da Área de Estudo _____	80
Figura 9 - Vista panorâmica de trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Urubici _____	81
Figura 10-Formações de arenito encontradas na região _____	81
Figura 11- Rio Urubici passando entre paredões de arenito, zona de recarga direta do aquífero Guarani _____	81
Figura 12. Pequena lavoura abandonada no vale encaixado do rio Urubici, ao fundo Floresta Ombrófila Mista e paredão de arenito _____	82
Figura 13 - Floresta Ombrófila Mista, a Mata das Araucárias em estágios avançados de regeneração _____	82
Figura 14: Interior da Mata das Araucárias e os vários estratos que compõem esta floresta _____	83
Figura 15: Áreas de campos características da região de Urubici, Bacia Hidrográfica _____	83
Figura 16 Fluxograma da Execução do Trabalho _____	86
Figura 17 Mapa de Declividade _____	104
Figura 18 Mapa de Zonas de Variação de Permeabilidade _____	106
Figura 19 Mapa de Solos _____	108
Figura 20 Mapa de Uso e Ocupação do Solo _____	110
Figura 21 Mapa de Unidades Ecodinâmicas _____	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Grau de vulnerabilidade a morfogênese para o tema solos _____ 92

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade _____	88
TABELA 2- Valor relativo para as Unidades Ecodinâmicas _____	99
TABELA 3. Atribuição de valores às classes de cada tema _____	100
TABELA 4 - Grau de estabilidade/instabilidade por intervalo de valores _____	101
Tabela 5: Área das classes de declividades _____	103
Tabela 6: Área das classes de zonas de variação de permeabilidade _____	105
Tabela 7: Área das classes de solos _____	107
Tabela 8: Área das classes de uso e ocupação do solo _____	109
Tabela 9: Área das classes de unidades ecodinâmicas _____	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
PUC RIO	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
TECGRAF	Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC RIO
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S/A
CENPE	Centro de Pesquisa “Leopoldo Miguez”
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
CNPTIA	Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura
MMA	Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
PI	Plano de Informação
GPS	Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A cada ano a Organização das Nações Unidas (ONU) declara o ano internacional fundado em um tema estratégico. Estes anos internacionais fazem avançar as pesquisas e práticas sociais relativos ao tema abordado. Assim, 2003 foi declarado como o Ano Internacional da Água Doce. Já o ano que se passou, 2002, foi o Ano Internacional das Montanhas, isto dando resposta ao capítulo 13 da Agenda 21 – Administrando Ecossistemas Frágeis, Desenvolvimento Sustentável de Montanhas - elaborada em 1992. Assim, vê-se no ano de 2002 inúmeras iniciativas no âmbito internacional, nacional e local que apontam para o empoderamento das comunidades locais como principal estratégia a favorecer a sustentabilidade (UNESCO, 2002) e a construção do *que é melhor para todos* nestes ambientes (SILVA, 2002).

Destaca-se que o presente trabalho insere-se neste contexto, motivado pelas evidências levantadas durante Ano Internacional das Montanhas, ou seja: estes ambientes encontram uma grande biodiversidade e cultural; ocupam 25% da superfície continental da Terra; 26% da população mundial vivem nestes ambientes, cerca de 50% da águas doce consumida no planeta vêm das montanhas; são ambientes sujeitos a perda de solo onde as florestas desempenham um papel fundamental; o passado legou as comunidades de montanhas um presente de esquecimento marcado na decadência de suas estruturas sócio-econômica e culturais (Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, 2002). Soma-se a isto, a necessidade da construção de uma perspectiva histórica deste conflito feita com base na metodologia de investigação histórica proposta por Vitale (1983) e revisada por Silva (1998). Este autor expressa a necessidade de trabalharmos as contradições das relações sociedade-natureza de nossa realidade local articuladas com a crise geral onde o local é somente uma manifestação (1992, p. 12).

Em uma breve descrição da história de nosso planeta, feita por Capra (1996), tem-se que em torno de 4,5 bilhões de anos atrás a Terra era apenas uma bola de lava fundida, sem qualquer forma de vida. Após 500 milhões de anos registrou-se o início do processo de resfriamento e a formação das rochas mais antigas. Este processo acabou gerando a condensação de vapores e a formação dos oceanos rasos dando condições para formação das primeiras formas de vida. Estas foram células bacterianas formadas a 3,5 bilhões de anos. Após longo processo criativo de

desenvolvimento e evolução simbiótica do meio e dos seres vivos, veio surgir, há 100.000 anos, o *Homo sapiens*, “ser humano sábio”. Isto vem a provar como somos recentes na história de nosso planeta - 4,499 bilhões de anos na história para o surgimento da espécie humana.

Os “seres humanos sábios” conviveram durante longo período de tempo de forma harmônica interagindo com as demais espécies através de relações cooperativas e auto-organizadoras. Segundo Vitale (1983, p. 31), durante 99% da história da humanidade, as sociedades humanas se comportaram como parte integral da biosfera. Eram povos que viviam da coleta, pesca e caça. Esta convivência veio a romper-se primeiramente com a invenção da agricultura acerca de 10.000 anos, posteriormente, e de forma mais abrupta, com a revolução industrial, isto há aproximadamente 150 anos.

Durante esse tempo os seres humanos passaram de um modelo de convivência com a natureza para o agrário, deste para o mercantil, e deste para o urbano-industrial. Assim foi-se tendo ao longo dos anos algumas bifurcações que levaram-nos a um relacionamento com a natureza, e com os seres humanos, de forma linear, instrumental, baseada em uma única lógica, a econômica. Dentro desta linearidade instrumental perdeu-se não somente a noção de limite como também a idéia de “um ambiente construído por relações complexas entre as bases físicas e biológicas da natureza e as bases social e cultural do homem” (SILVA, 1992, p.11).

Como resultado deste pensamento fragmentado, somado a falta do reconhecimento da complexidade do mundo que nos rodeia, tem-se assentada uma crise não somente ambiental, como também, social, ética e científica. Vale ressaltar que estas crises tem nos legado uma série de implicações negativas. Um exemplo: a busca pelo lucro incessante por meio de uma visão econômica essencialmente individualista gera desigualdades sociais; a qual impulsiona uma série de problemas, dentre eles destaca-se as ocupações de áreas vulneráveis dos ecossistemas; estas por sua vez geram retroações positivas aumentando os impactos negativos sobre os ecossistemas como desmatamento, perda de solo, assoreamento, entre outros e sobre a sociedade com diminuição da qualidade de vida expressa não somente na perda das qualidades do ambiente natural como também pelo agravamento das desigualdades sociais.

Neste contexto, o presente trabalho pretende fornecer uma contribuição não somente no sentido de descrever as lógicas com que operam os espaços naturais,

como também, lançando mão de tecnologias de geoprocessamento, apontar o grau de vulnerabilidade às alterações do ambiente de uma bacia hidrográfica frente à ação humana. Com isso pretende-se, além de fornecer subsídios aos processos de planejamento ambiental sustentáveis, gerar informações que auxiliarão no desenvolvimento de uma consciência acerca dos limites, interdependência e lógicas com que operam os ecossistemas.

1.2 Objetivos do Trabalho

1.2.1 Objetivo Geral

Determinar as unidades ecodinâmicas, utilizando-se do geoprocessamento, para subsidiar o planejamento e gestão do Município de Urubici com vistas ao seu desenvolvimento sustentável.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar áreas com semelhantes dinâmicas no ambiente da bacia Hidrográfica do Rio Urubici;
- Identificar o grau de vulnerabilidade destes espaços à morfogênese;
- Gerar base planialtimétrica e hidrográfica, mapas temáticos, declividade, zonas de variação de permeabilidade, uso do solo, solos e unidades ecodinâmicas em formato digital da Bacia Hidrográfica em questão.

1.3 Justificativa e Importância do Trabalho

Tem-se que o crescente processo de degradação ambiental que está se enfrentando é decorrência não somente do modelo de desenvolvimento vigente, como também da carência, nos processos de planejamento territorial, de abordagens que reconheçam os limites de uso dos espaços naturais, bem como a lógica com as quais estes espaços operam. Neste sentido, necessita -se de uma abordagem sistêmica que procure compreender a dinâmica destes espaços de forma complexa.

Desta forma, a reflexão a respeito da sustentabilidade exibida pela estrutura e padrão de organização com que a natureza opera torna-se fundamental. Adiciona-se a isto a necessidade de encontrar meios de, a partir do reconhecimento da ecologia local, ocupar os espaços de forma sustentável. Segundo Santiago (2001) existe uma carência na integração das ciências sociais e ambientais nos processos de

planejamento e gestão do território. Devido a isto têm-se sistemas urbanos raramente modelados e compreendidos sob seus aspetos ambientais.

Já para Alva (1998, p.213):

O urbanismo deveria pressupor o embasamento adequado para o esforço de introdução de variáveis ambientais - o que não sucede na realidade, por estar o urbanismo dominado por interpretações parciais ou limitadamente historicistas, que não chegam a constituir uma teoria do meio ambiente construído.

Este autor nos coloca a educação ambiental como principal veículo organizador dos sistemas cognitivos e operacionais em prol do melhoramento de nosso *habitat*. De acordo com Alva (1998) os profissionais da construção foram reconhecidos pela Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental (Tibilisi, 1977) como sendo a categoria que deveria receber uma base completa de conhecimentos ambientais, uma vez que estão diretamente envolvidas com a construção das cidades.

Indo ao encontro deste pensamento, observa-se que já dispõem-se de uma base Legal que aponta para a necessidade de ocupar-se os espaços de forma sustentável levando em consideração paralelamente a formulação de estratégias para o estabelecimento da educação ambiental.

Sente-se que em nosso país essa preocupação ganha força com a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/1981), que listou o zoneamento ambiental entre os seus instrumentos. A partir daí vê-se diversas iniciativas esparsas tomadas durante a década de 80. No entanto, estas se caracterizaram como inventários, não contemplando a característica dinâmica dos ecossistemas e a repercussão da ação antrópica nestes ambientes. Um avanço significativo veio com a proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico, dentro das diretrizes do Programa Nossa Natureza criado pelo Decreto nº 96.044 de 12/10/88. Este propõe, pela primeira vez, o objetivo de zonedar todo o território nacional inter-relacionando os aspectos da natureza e da sociedade (MMA, 2000).

Um momento impar veio com a promulgação de nossa Constituição Federal no ano de 1988, onde, explicitamente, alguns artigos afirmam a preocupação referente ao tratamento das questões ambientais em nosso território. A partir desse momento inclui-se um capítulo exclusivo dedicado ao tema. Neste documento tem-se:

Art. 23 - É competência comum da União, dos Estados do Distrito Federal e dos Municípios:

VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

Art. 24 - Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre:

VI - florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição;

Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

Por meio da internalização dos ideários promovidos pela ECO-92 uma excelente contribuição vem com a criação da Lei 9.433 de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta, aponta em seus fundamentos a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação desta política; e introduz a idéia de gestão descentralizada e participativa contando com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. Outro aspecto importante é o fato desta Lei expor em suas Diretrizes Gerais de Ação:

Art. 3º - Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com os dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;

V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;

Ainda no que se refere a legislação ambiental, o ano de 2000 é marcado pela criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/2000), o qual nos presenteia com a possibilidade de ter-se mais uma unidade legal de

planejamento e gestão, os ecossistemas. Assim, a referida Lei vem trazer uma contribuição fundamental no que se refere a conservação dos ecossistemas brasileiros. Esta faz uma abordagem sistêmica e participativa de planejamento e gestão das unidades de conservação em território nacional. A Lei aponta como suas diretrizes:

Art. 5º - O SNUC será regido por diretrizes que:

III - assegurem a participação efetiva das populações locais na criação, implantação e gestão das unidades de conservação;

VIII - assegurem que o processo de criação e a gestão das unidades de conservação sejam feitos de forma integrada com as políticas de administração das terras e águas circundantes, considerando as condições e necessidades sociais e econômicas locais;

IX - considerem as condições e necessidades das populações locais no desenvolvimento e adaptação de métodos e técnicas de uso sustentável dos recursos naturais;

XIII - busquem proteger grandes áreas por meio de um conjunto integrado de unidades de conservação de diferentes categorias, próximas ou contíguas, e suas respectivas zonas de amortecimento e corredores ecológicos, integrando as diferentes atividades de preservação da natureza, uso sustentável dos recursos naturais e restauração e recuperação dos ecossistemas.

No ano de 2001 tem-se a publicação do Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 10 de julho de 2001) que procura regulamentar os Artigos 182º e 183º que constituem o capítulo que trata da Política Urbana em nossa Constituição Federal. Esta Lei trás de forma explícita em suas diretrizes preocupações relativas a sustentabilidade e a gestão participativa e democrática de nossos Municípios.

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do

território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

g) a poluição e a degradação ambiental;

VIII – adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência;

XII – proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico;

Diante do exposto destaca-se que todas estas políticas tem como ponto convergente: a sustentabilidade, no uso dos recursos hídricos, da natureza e no uso e ocupação do solo dos municípios; e a gestão participativa. Nesse sentido, para ter-se a sustentabilidade necessita-se que a gestão seja feita de forma participativa. Porém esta participação deve ser qualificada e qualificadora (SILVA, 1998, p. 4).

Assim, tem-se uma forte contribuição com o advento da Política Nacional de Educação Ambiental. Como fundamental aparato de uma legislação ambiental, apresenta-se no final da década de 1990 a Lei 9.795 de 1999 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental e define:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimento, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida de sua sustentabilidade

Art. 2º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal.

Fica evidente o poder desta política no momento em que observa-se como ela perpassa todas as demais políticas citadas. Isto se dá por meio de uma visão integradora observada na leitura de seu Artigo 5º que aponta como objetivos fundamentais:

I - o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos;

II - a garantia de democratização das informações ambientais;

III - o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social;

IV - o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania;

V - o estímulo à cooperação entre as diversas regiões do País, em níveis micro e macrorregionais, com vistas à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sistemabilidade;

VI - o fomento e o fortalecimento da integração com a ciência e a tecnologia;

VII - o fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como fundamentos para o futuro da humanidade.

Outro aspecto que a presente pesquisa pretende acolher é a questão da disponibilidade de meios tecnológicos de geoprocessamento e sensoriamento remoto para coleta e tratamento dos dados necessários à execução de trabalhos de análise ambiental. Hoje, os sistemas de informações geográficas (SIGs) possuem extensa aptidão de integração e correlação de dados vindos das mais variadas fontes. Os trabalhos de campo também são facilitados pela coleta de dados georreferenciados através das tecnologias GPS (Sistema de Posicionamento Global). Em decorrência disto, tem-se a capacidade de trabalhar em várias escalas permitindo obter-se informações variadas com maior precisão. Por outro lado, para efetivar uma gestão participativa, deve-se buscar nestes sistemas, dentro de um domínio lingüístico comum, saídas mais amigáveis. Com isto pretende-se facilitar o entendimento entre os diversos saberes que estão envolvidos no processo.

Já no tocante a área recorte para execução desta pesquisa pode-se afirmar que esta foi escolhida com base nos seguintes critérios: hidrológico, geomorfológico, ecológico, conflitos atuais de uso e ocupação do solo. A área escolhida foi o Município de Urubici, no Estado de Santa Catarina.

Este Município situa-se na Serra Catarinense, com uma população estimada pelo censo 2000 IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 10.251 habitantes, distribuídos em 6.650 habitantes na área urbana e 3.601 na área rural, num total de 1.007 km².

Diante do exposto, o presente trabalho pretende oferecer uma contribuição no sentido de subsidiar políticas (municipais, estaduais e nacionais) através do

reconhecimento das vulnerabilidades do ambiente de uma bacia hidrográfica frente à ação humana. Acredita-se que estes são fundamentais à aplicação de políticas públicas que visem o desenvolvimento sustentável. Vale expor que o presente trabalho terá como foco o Município de Urubici, uma vez que é atribuída a esta unidade territorial a responsabilidade de aplicação da política urbana. Vale ressaltar que em nenhum momento pretende-se perder de vista as outras duas dimensões presentes nesta realidade (os ecossistemas e a bacia hidrográfica). No que se refere a incumbência por parte dos municípios da elaboração e execução da política urbana, Leme Machado (2001, p. 171) aponta que se a elaboração dos planos de zoneamento e a sua revisão não forem obrigatórias para os municípios, os interesses ambientais continuarão sem a devida importância. Desta forma, sofrendo improvisações e ocorrendo manifestações de atitudes precipitadas de muitos administradores, causando maior ônus ambientais, sociais e financeiro aos Municípios.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos. O primeiro aborda a contextualização do tema, os objetivos, a justificativa e importância do trabalho e a estrutura do mesmo. Neste capítulo procura-se dar um panorama geral da pesquisa, localizando os leitores na área de estudo e quais as inquietações que envolveram a pesquisa.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórico-empírica. Está subdividido em: marco de referência teórico, que abordará as teorias que nortearam o trabalho; marco de referência metodológico, o qual trará os métodos que serão utilizados para consecução da pesquisa; e o marco de referência empírico que pretende fazer uma caracterização da área de estudo.

O terceiro capítulo refere-se aos materiais e métodos, e descreve em toda sua extensão os materiais e procedimentos metodológicos utilizados. Neste capítulo serão descritas as metodologias que nortearam a pesquisa, as adaptações feitas tanto à realidade local bem como aos objetivos da pesquisa, os critérios utilizados e a atribuição de valores do grau de vulnerabilidade dos ambientes frente a ocupação antrópica.

O quarto capítulo dedica-se a apresentação e análise dos resultados. Nele se pretende primeiramente apresentar os resultados obtidos com a pesquisa, bem

como sua aplicabilidade, e num segundo momento, fazer uma avaliação a respeito da pertinência das teorias e metodologias com a realidade local e os objetivos do trabalho.

O quinto capítulo dedica-se as conclusões e recomendações para futuros trabalhos. Este é o momento de reflexão onde procurar-se-á fazer uma avaliação a respeito dos pontos positivos e negativos obtidos na pesquisa, bem como sugerir algumas recomendações para estudos futuros.

Finalmente será listada a bibliografia utilizada para a pesquisa, procurando trazer às referências utilizadas nas citações e também as bibliografias que embasaram a pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

2.1 Marco de Referência Teórico

2.1.1 *A história ambiental das cidades*

Foram aproximadamente 15 bilhões de anos na história do universo para a Terra atingir o estágio de evolução atual. Este veio em decorrência do estabelecimento de infindáveis relações entre os átomos. Neste caminho criativo, ao se relacionarem acabaram organizando a matéria em níveis cada vez mais complexos. Assim, destaca-se que com as sociedades humanas aconteceu o mesmo. No entanto, em uma escala de tempo muito menor onde a unidade mínima, ao invés do átomo, são os seres humanos (os indivíduos) que ao se associarem, por razões biológicas e através da linguagem, formam as aldeias, comunidades e as sociedades.

Uma importante diferença entre os humanos e os primatas está no fato que as crianças humanas precisam de muito mais tempo para passar na infância; elas demoram mais tempo para atingir a puberdade e a vida adulta do que qualquer um dos símios antropóides (CAPRA, 1996, p.203).

De acordo com esta hipótese, o desamparo dos filhotes nascidos prematuramente desempenhou um papel de importância crucial na transição dos símios antropóides para os seres humanos. Esses recém-nascidos exigiam famílias capazes de lhes dar sustentação, as quais podem ter formado as comunidades, as tribos nômades e as aldeias que se tornaram os fundamentos da civilização humana (CAPRA, 1996, p. 204).

“As actividades humanas evoluem como que as sociedades que as exprimem. As cidades também” (LABORIT, 1971, p. 25).

Neste sentido, vê-se a cidade nascer da idéia que agrupamentos de seres humanos procuraram ao longo dos anos uma forma eficaz de se associarem para sobreviverem frente as adversidades do ambiente. Assim, pode-se constatar que é este grupo de seres humanos, condicionado por esta natureza, que vai começar a transformar mais intensamente o ambiente ao qual faz parte.

Pode admitir-se que se o ambiente actua sobre todos os indivíduos, este não podem actuar sobre o ambiente de maneira suficientemente importante se não quando forem suficientemente numerosos de maneira a formarem um grupo sócial. Dito por outras palavras, é o grupo social que actua sobre o ambiente; não é o indivíduo (LABORIT, 1971, p.115).

El ambiente no es algo ‘de ahí afuera’ actuando sobre el hombre, sino que él y el hombre formam un sistema complejo enteractuante, involucrnado la

percepcion de aquel ambiente por el hombre (RAPPAPORT apud VITALE, 1983, p. 16).

La sociedad global humana debe analizarse como formando parte del ambiente, comprendiendo que su evolución está condicionada por la naturaleza(VITALE,1983, p.15).

Partindo deste marco procurar-se-á analisar, ao longo da história, as transformações ocorridas nas sociedades que apontam mudanças na maneira como os seres humanos se relacionam com o ambiente. Vale ressaltar que o texto procurará fazer uma adaptação da história das cidades à metodologia histórica do modelo PEDS (Planejamento Sustentável para o Desenvolvimento Sustentável) proposta por Silva (1998). Destaca-se que o presente estudo contempla a adaptação proposta à metodologia do modelo PEDS por meio do Projeto de Educação Ambiental do Bahia Azul (1999) Destaca os autores:

A proposta de historicização do ambiente permite trabalhar a aparente ingenuidade da cultura política brasileira em desconsiderar o passado quando se trata de enfrentar a degradação ambiental do presente e, em especial, a parcialidade de sua historiografia, contando apenas a história das relações sociais e nossa cultura e não também a história de degradação e exclusão sistemática da natureza (SILVA, 1998, p.154).

Es un error escindir la historia en historia de la naturaleza e historia de la humanidad. En rigor, hay una sola historia ininterrupta desde la origem de la Tierra hasta la actualidad.

Una nueva concepción de la historia pondrá de relieve que la historia de la humanidad es sólo una ínfima parte de la historia de la Tierra. Aspiramos a formular una nueva periodización histórica que contemple las principales fases del proceso ambiental (VITALE, 1983, p. 1).

2.1.1.1 A era da formação dos ecossistemas

O objetivo pedagógico da Era da Formação dos Ecossistemas é consolidar a Consciência Biosférica e Ecológica, através de uma perspectiva histórica da formação dos ecossistemas. Significa capacitar as pessoas para o reconhecimento da unicidade da biosfera e da organização ecossistêmica da natureza como um resultado histórico de bilhões de anos (PEABA - Projeto de Educação Ambiental do Bahia Azul, 1999 p. 31).

Em uma breve descrição da história de nosso planeta, feita por Capra (1996), tem-se que acerca de 4,5 bilhões de anos atrás a Terra era apenas uma bola de lava fundida, sem qualquer forma de vida. Após 500 milhões de anos registrou-se o

início do processo de resfriamento e a formação das rochas mais antigas. Este processo acabou gerando a condensação de vapores e a formação dos oceanos rasos dando condições para formação das primeiras formas de vida. Estas foram células bacterianas formadas acerca de 3,5 bilhões de anos. Após longo processo criativo de desenvolvimento e evolução simbiótica do meio e dos seres vivos, veio surgir, há 100.000 anos atrás, o *Homo sapiens*, “ser humano sábio”. Neste sentido, refleti-se como esta constatação vem a provar como somos recentes na história de nosso planeta – passaram-se 4,4 bilhões de anos na história do planeta para o surgimento da espécie humana.

2.1.1.2 A era da formação do ambiente

O objetivo pedagógico da Era da Formação do Ambiente é consolidar a consciência ambiental, capacitando as pessoas para o reconhecimento da degradação e poluição ambiental como um resultado histórico das relações entre as organizações culturais da sociedade e a organização ecossistêmica da natureza (PEABA, 1999, p. 33).

Tem-se que os principais transformadores dos ecossistemas são os seres humanos. Neste sentido destaca-se que a primeira espécie de ser humano surgiu acerca de 2,5 milhões de anos atrás e após um longo processo de desenvolvimento biológico (aumento do cérebro e o andar ereto). Assim, sabe-se que os primeiros seres humanos eram nômades e viviam da caça e coleta de alimentos. Estes conviviam em inteira integração com a natureza, de onde somente extraíam o que lhes era fundamental para sobreviver.

Solo queremos señalar que em esta fase de la historia, el hombre alcanzó una mejor integración al ecosistema que en otras etapas posteriores (VITALE, 1983, p.31).

O ambiente construído não passava de uma modificação superficial do ambiente natural, imenso e hostil, no qual o homem começou a mover-se: o abrigo era uma cavidade natural ou um refúgio de peles sobre uma estrutura simples de madeira; entretanto, as últimas grandes transformações geológicas estavam ainda formando o ambiente natural que hoje, na breve perspectiva de nossa história, nos parece estabilizado e imóvel (BENEVOLO, 1983, p. 13).

Acerca de 10.000 anos atrás, após a fusão das geleiras ocorreu uma transformação profunda no ambiente, os seres humanos aprenderam a produzir seu alimento, cultivando plantas e criando animais, e organizaram estabelecimentos

estáveis – as primeiras aldeias (BENEVOLO, 1983,p. 10). Estes estabelecimentos eram mais do que um abrigo seguro frente as adversidades do ambiente. Eram pequenas aldeias onde o homem procurava se estabelecer dentro de um projeto de futuro em comum. Neste estabelecimento já aparece um certo nível de transformação do ambiente segundo os anseios de uma população. Por outro lado, estas transformações ainda eram incipientes para produzir grandes impactos.

O ambiente da sociedade Neolítica não é apenas um abrigo na natureza, mas um fragmento de natureza transformado segundo um projeto humano: compreende os terrenos cultivados para produzir, e não apenas para apropriar do alimento; os abrigos dos homens e dos animais domésticos; os depósitos de alimentos produzidos para uma estação inteira ou para um período mais longo; utensílios para o cultivo, a criação, a defesa, a ornamentação e o culto (BENEVOLO, 1983, p. 16).

Los membro de la comunidad pré civilizada tienen un vigoroso sentido de solidaridad de grupo... En la comunidad não haviam especialistas. En conjunto, todos los hombres compartian el mismo conocimiento esencial, practicaban las mismas artes de vida, tenían los mismos intereses e experiencias semejantes... (VITALE, 1983, p. 38).

2.1.1.3 A era do início da degradação

O objetivo pedagógico da Era do Início da Degradação é aprofundar a discussão sobre nossa herança colonial e sua falta de identidade cultural com a natureza do continente, proporcionando a visualização da colonização como um processo histórico e sistemático de apropriação e degradação da natureza. Esta Era deve contribuir para a construção de uma identidade cultural sustentada e de uma Cidadania Ambiental (PEABA, 1999, p.35).

Por volta de 3.000 A.C. algumas aldeias se desenvolvem de maneira surpreendente assim exigindo não somente uma organização do espaço como também uma organização das funções desempenhadas pelos seus habitantes. A partir deste ponto passa-se a ter algumas especializações, destaca-se: os produtores de alimentos, os mercadores, os artesãos, os guerreiros, os sacerdotes, etc.. Com isso surge também a necessidade de produção de algum excedente, uma vez que o habitante não produz mais tudo que necessita. Tem-se como marco desta fase a ocupação da região da Mesopotâmia, onde apresenta o registro das primeiras civilizações organizadas desta forma.

A cidade – local de estabelecimento aparelhado, diferenciado e ao mesmo tempo privilegiado, sede da autoridade – nasce da aldeia, mas não é

apenas uma aldeia que cresceu. Ela se forma, como pudemos ver, quando as indústrias e serviços já não são mais executados pelas pessoas que cultivam a terra, mas por outras que não tem esta obrigação, e que são mantidas pelas primeiras com o excedente do produto total (BENEVOLO, 1983, p. 23).

Na Mesopotâmia – a planície aluvial banhada pelo Tigre e Eufrates – o excedente se concentra nas mãos dos governantes das cidades, representantes do deus local; nesta qualidade recebem os rendimentos de parte das terras comuns, a maior parte dos despojos de guerra, e administram estas riquezas acumulando as provisões alimentares para toda a população, fabricando ou importando os utensílios de pedra e de metal para o trabalho e para a guerra, registrando as informações e os números que dirigem a vida da comunidade (BENEVOLO, 1983, p.26).

Esta região se desenvolve a ponto de criar novos Estados independentes. Assim vê-se em meados do II milênio A.C. a luta entre estes povos visando disputar este ambiente fértil e completamente colonizado. Começa assim, um primeiro momento de disputa pela natureza que gera a formação de alguns impérios (Suméria, Babilônia, Egito etc) e o domínio de algumas civilizações. Surge também outras necessidades advindas da emergência de defesa do território. As cidades tornam-se muradas, e a existência de templos e palácios afirmam o domínio de um imperador.

Por outro lado, na região do mediterrâneo tem-se o exemplo de uma civilização que buscava uma convivência mais sustentável com a natureza e com seus semelhantes. As cidades gregas caracterizam-se essencialmente por sua origem familiar, pelo seu traçado retangular e por se configurar como um todo único onde não existem zonas fechadas ou independentes. O legado da civilização grega para a formação de nossas cidades é muito extenso, as formas arquitetônicas e o traçado urbano são até hoje referência para a civilização contemporânea. No campo do urbanismo, Hipódromo de Mileto foi o responsável pela criação de critérios científicos rigorosos para a organização da cidade (GOTIA, 1996, p. 49).

Mas o que pretende-se destacar é o caráter democrático de gestão das suas cidades, a preocupação com a preservação dos aspectos naturais e sociais dado não somente pela surpreendente noção de capacidade de suporte de sua sociedade que ao atingir um certo número de habitantes organizava uma expedição para fundar outra cidade levando o fogo de sua pátria.

A cidade, no seu conjunto, forma um organismo artificial inserido no ambiente natural, e ligado a este por uma relação delicada; respeita as linhas gerais da

paisagem natural que em muitos pontos significativos é deixada intacta, interpreta-a e integra-a com os manufaturados arquitetônicos. A regularidade dos templos (...) é quase sempre compensada pela irregularidade dos arranjos circundantes, que se reduz depois na desordem da paisagem natural (BENEVOLO, 1983, p. 79).

O organismo da cidade se desenvolve no tempo, mais alcança, de certo momento em diante, uma disposição estável, que é preferível não perturbar com modificações parciais. O crescimento da população não produz uma ampliação gradativa, mas a adição de um outro organismo equivalente ou mesmo maior que o primitivo (...), ou então a partida de uma colônia para uma região longínqua (BENEVOLO, 1983, p. 80).

Com o desenvolvimento da democracia nas cidades-Estados da Grécia, aparecem aí novos elementos urbanísticos que denunciam uma participação muito maior do povo nos assuntos da comunidade. Além dos templos, que representam para os gregos o cume do seu mundo espiritual, e o maior orgulho da sua criação artística, surgem na cidade vários edifícios dedicados ao bem público e ao desenvolvimento da democracia (GOITIA, 1996, p. 48).

Outro momento essencial desta era da história das cidades foi o estabelecimento do Império Romano. Este realiza a unificação política de toda região do mediterrâneo. Segundo Benévolo (1983, p. 133), seu sucesso vem em parte dos métodos de colonização utilizados onde destaca-se: a criação de infra estruturas (estradas, pontes, aquedutos, linhas fortificadas etc); a divisão dos terrenos agrícolas em espaços cultiváveis; e a fundação de novas cidades. Assim, o poder altamente centralizado nas mãos do imperador é evidenciado por construções cada vez mais grandiosas. A soberania do império romano garante sua máxima expansão territorial. Segundo Benévolo (1983, p.143) até o séc. II D.C. Roma é uma cidade aberta que cresce e ocupa uma superfície cada vez maior. A grandiosidade de Roma aponta também para problemas específicos causados pela grande concentração de habitantes.

A hegemonia política da cidade traz a Roma uma concentração cada vez maior de homens, e fornece instrumentos para fazê-lo funcionar. Esta concentração produz uma série de problemas (para alojar as pessoas, para fazer circular os homens e os veículos pelas ruas, para se desfazer dos refugos, fornecer água, víveres e também divertimentos coletivos) e todos os recursos técnicos são solicitados ao máximo para resolvê-los (BENEVOLO, 1983, p. 175).

Outra questão fundamental é a forma através da qual se originaram as cidade romanas. Muitas surgiram de uma ação estratégica de conquista e dominação de territórios. Assim vê-se toda a rede de infra-estrutura atender esta necessidade de forma integrada as necessidades da capital do Império – Roma. Neste sentido, nota-se que para manter este modelo centralizador é necessário não somente a ocupação de vastas áreas para o cultivo; como também a fundação de capitais regionais.

Os *limites*, como dissemos, são ao mesmo tempo fronteiras cadastrais e estradas públicas: realizam assim um imponente sistema de vias secundárias, que não tem precedentes no mundo antigo e que garantem a penetração capilar do sistema agrário, econômico e administrativo romano (BENEVOLO, 1983, p. 193).

A maioria das novas cidades surgiu quer através do desenvolvimento das antigas aldeias ou povoações indígenas, quer como consolidação de antigos acampamentos militares e colônias de veteranos, quer ainda através da ampliação de algumas grandes propriedades rústicas, muitas vezes dos próprios imperadores (GOTIA, 1996, p. 55).

Concluí-se esta era com a idéia de que as cidades da antiguidade nasceram da especialização de setores da sociedade. Esta especialização materializa-se espacialmente por uma distinção funcional entre o campo (local de cultivo) e a cidade (local de produção de artefatos, defesa, religião etc.). Neste sentido, verifica-se que este modelo, até hoje muito conhecido, permite a dinamização das atividades especializadas possibilitando seu crescimento vertiginoso. Por fim, destaca-se a partir desta idéia que cidade e campo engendram mutuamente seu crescimento ocupando áreas cada vez maiores do território.

2.1.1.4 A era da crise atual

O objetivo pedagógico da Era da Crise Atual é aprofundar a discussão sobre a insustentabilidade ecológica, social e econômica do atual estilo de desenvolvimento, resgatando a história da crise ambiental a partir dos indicadores de degradação da sociedade e da natureza, tendo como foco a nova ética exigida pelo Desenvolvimento Sustentável (PEABA, 1999, p. 37).

Com a queda do Império Romano estabelecem-se novas formas de relacionamento da sociedade com a natureza. Assim, vê-se toda a estrutura política e institucional do império ruir e, com isto as antigas cidades romanas decrescem e muitas chegam a desaparecer. Como resultado a população expandiu-se por toda

área rural, humanizando a paisagem por completo. Assim, o regime feudal mostra suas bases agrárias e a cidade não funciona mais como centros administrativos, e em mínima parte como centros de produção e troca (BENEVOLO, 1983, p. 253).

O efeito mais evidente da crise econômica e política, nos primeiros cinco séculos depois da queda do império romano, é a ruína das cidades e a dispersão dos habitantes pelos campos onde podem extrair da terra o seu sustento (BENEVOLO, 1983, p. 252).

O fato de a população estar disseminada faz com que, pouco a pouco, toda a terra seja cultivada, mudando e humanizando-se a paisagem, estabelecendo-se, (...), um continuum, um forte e vivo tecido geográfico humano (GOITIA, 1996, p.81).

Segundo Goitia (1996, p.84), a cidade medieval somente aparece no início do século XI, desenvolvendo-se nos dois séculos posteriores. Destaca o mesmo autor que o seu crescimento é originado, em maneira geral, pela intensificação das atividades comerciais nos séculos XI e XII. Com isso, vai se constituindo uma sociedade burguesa que é composta não somente de mercadores e viajantes, mas também por pessoas fixadas permanentemente nos centros de comércio (portos, cidades de passagem, mercados importantes, vilas de artesãos etc.) (BENÉVOLO, 1983, p. 84).

A cidade atrai, por conseguinte, um número cada vez maior de pessoas do meio rural que encontram ali um ofício e uma ocupação que em muitos casos os liberta da servidão do campo (GOITIA, 1996, p. 85).

A cidade medieval implanta-se, portanto, como uma área de liberdade no meio do mundo rural que a circunda, submetido a uma vassalagem quase que absoluta. Os antigos direitos senhoriais, que impedem o desenvolvimento próspero das cidades, vão caindo pouco a pouco em desuso (GOITIA, 1996, p.86).

As cidades vão ganhando força como organização social e política da idade média, e lentamente vão conquistando sua autonomia frente ao sistema senhorial. Neste sentido, observa Benévolo (1983, p.262) que a cidade mercantil importa víveres e matéria prima do campo e exporta produtos manufaturados. Esta nova relação, centralizada pelas cidades, estabelece profundas mudanças no campo que a partir de então “devem aumentar a produção agrícola: colonizar novas terras, e aproveitar, de modo mais racional, as já cultivadas” (BENÉVOLO, 1983, p. 262). Assim, a cidade começa a receber uma leva maior de habitantes ampliando sua estrutura sem qualquer forma de planejamento.

A cidade fortificada da Alta Idade Média – à qual se adaptam bem o nome burgo – é por demais pequena para acolhe-los, formam-se, assim, diante das portas outros estabelecimentos, que se chamam subúrbios e em breve se tornam maiores que o núcleo original. É necessário construir um novo cinturão de muros, incluindo o subúrbio e as outras instalações (igrejas, abadias, castelos) fora do velho recinto. A nova cidade assim formada continua a crescer da mesma forma, e constrói outros cinturões de muros cada vez mais amplos (BENÉVOLO, 1983, p. 259).

A orientação da cultura medieval, que não tende a estabelecer modelos formais como a cultura antiga, torna impossível uma descrição geral da forma da cidade. As cidades medievais têm todas as formas possíveis, e se adaptam livremente a todas as circunstâncias históricas e geográficas, como já havíamos notado (BENÉVOLO, 1983, p.269).

Não obstante, a variedade de esquemas planimétricos das cidades medievais é inesgotável, pela simples razão de não ter havido idéias prévias, e de todas terem surgido segundo um crescimento natural e orgânico (GOITIA, 1996, p.91).

A cidade medieval nos deixa como legado cidades, assim como obras arquitetônicas, construídas sem um planejamento. Com o desenvolvimento de algumas técnicas de desenho, em especial a perspectiva, abre-se a possibilidade de se ter um planejamento fiel da obra proposta. Assim vê-se o renascimento surgir assentado no ideário formal da antiguidade. Neste sentido, observa-se que o artista passa a ser o profissional das cidades. Vale ressaltar que a partir deste momento a esperança para resolução dos conflitos citadinos estão assentadas nas idéias de pessoas como Filippo Brunelleschi, Leon Baptista Alberti, Vitruvio. Este dois últimos, por volta de 1430, foram responsáveis pela primeira sistematização teórica desta nova experiência artística escrevendo os tratados que serviram de referencia a Michelangelo, Leonardo da Vinci, Rafael, entre outros.

(...), Leon Baptista Alberti (1404-1472), entra em contato com os artistas florentinos, ele próprio trabalhou como pintor e arquiteto, e escreve uma série de tratados (sobre pintura e escultura por volta de 1435; sobre arquitetura por volta de 1450). Estes tratados oferecem a primeira sistematização teórica da nova experiência artística, doravante muitos artistas escrevem livros para explicar os motivos de seu trabalho: (...) (BENEVOLO, 1983 p. 421).

Entre o final do século XV e o Início do XVI, em Florença e em Roma, cria-se a exigência de sistematizar estas múltiplas experiências, para chegar a um estilo definitivo e universal(BENEVOLO, 1983, p.421).

Por outro lado, a crise impulsionada pela peste em meados do século XIV aponta para o declínio econômico e demográfico do continente europeu. Assim, não há necessidade de fundar novas cidades ou fazer grandes ampliações nas já existentes. Com isso, o urbanismo da renascença fica mais no plano utópico da construção de uma cidade ideal. As técnicas urbanas desenvolvidas na renascença só foram encontrar espaço nas novas cidades americanas onde foram desenvolvidas sob os anseios do colonialismo.

(...) devemos reconhecer que muitas das idéias urbanísticas do Renascimento, que não passaram de teoria, utopia ou exercício intelectual nos países da Europa onde tiveram origem, encontraram o seu campo de realização concreta na América, na obra ingente da colonização espanhola (GOITIA, 1996, p. 118).

Nos traçados das cidades hispano-americanas não encontramos nem uma grande variedade nem um desejo expresso de conseguir uma coisa que não fosse resultados práticos, facilidade de replantação, distribuição e defesa. Não encontramos a variedade dos esquemas especulativos dos tratadistas do Renascimento nem o seu desejo de beleza arquetípica (GOITIA, 1996, p. 121).

Assim, o Renascimento aponta o caminho teórico ao qual a cidade barroca deve se inserir. Segundo Benévolo (1983, p. 503) nos primeiros decênios do século XVII a crise das classes dirigentes renascentistas e a formação da pesquisa científica moderna contribuíram para fazer mudar os métodos de projeção e gestão urbana. Já Goitia (1996, p. 127) nos aponta que a distribuição igual e contínua da população na Europa Ocidental foi uma das causas que originaram o conceito unitário de nação, em oposição ao antigo conceito de cidade-estado. Conforme este autor (GOITIA, 1996, p. 128) neste momento o poder político era um poder *transeunte*, ou seja, um poder que não estava vinculado a nenhuma cidade mas que transitava por todo território. Assim, as dificuldades em transportar consigo suas instituições eram imensas. Motivado por esta dificuldade vê-se surgir o conceito de capital como resultado de uma burocracia permanente sediada numa corte permanente. Como resultado tem-se o enfraquecimento da autonomia que as cidades medievais exerciam.

(...) com o tempo, este Estado nacional moderno, surgido da estrutura agrária da civilização medieval, acaba por ser o que a destrói, que modifica profundamente a ordem de coisas antigas, que provoca o desequilíbrio na distribuição da população, voltando mais uma vez à instauração da grande cidade como elemento político e social decisivo (GOITIA, 1996, p. 128).

É indubitável que estes grandes centros políticos, sedes do poder, cada vez mais absoluto, das dinastias barrocas, enfraqueceram a vida autônoma das cidades livres medievais, que tinham sido um dos componentes fundamentais daquela sociedade (BENEVOLO, 1983, p. 129).

Assim, focadas no ideário renascentista de criar uma cidade como uma obra de arte, surgem as grandes capitais barrocas da Europa. Segundo Mumford (*apud* GOITIA, 1996, p. 131) como resultado deste fato a cidade deixa de ser um meio para os pequenos artesão e mercadores conquistarem liberdade e segurança. Ao contrário, a consolidação de um poder político central que cresce sem qualquer ordem deixa às outras cidades a condição de estagnação. Fato que viria a contribuir para o inchaço das cidades industriais que estão por surgir.

Com o aparecimento da cidade industrial do século XVIII, motivada pela invenção da máquina a vapor, tem-se uma nova redistribuição da população no território. Assim, a cidade industrial se expande juntamente com o movimento liberal preconizado por Adam Smith. Este movimento traz à cidade um mecanismo perverso de controle. Com o enfoque individualista, tecnicista e puramente econômica, as indústrias assumem a posição de “*planejadoras*” da cidade e a intervenção pública torna-se muito limitada.

Os economistas ensinam a limitar a intervenção pública em todos os setores da vida social, e também no urbanístico. Adam Smith aconselha os governos a vender os terrenos de propriedade pública, para pagar suas dívidas (BENEVOLO, 1983, p. 552).

A indústria seria o sistema auto-regulador que conseguia o equilíbrio de todos os esforços dispersos e desconexos dos indivíduos, guiados estes pelos incentivos do ganho pecuniário (GOITIA, 1996, p. 155).

Outro ponto de real valia é que a revolução industrial produziu paralelamente uma revolução na agricultura, nos meios de transporte e comunicação e nas idéias econômicas e sociais (GOITIA, 1996, p. 155). Estes eventos vêm a induzir uma alta concentração da população nos espaços urbanos e um crescente esvaziamento do campo. A cidade barroca que tinha sua base na cidade medieval é o berço da cidade industrial. No entanto, esta não tem condições de abrigar e gerir a estrutura necessária para receber tal população e desempenhar as novas funções.

Como resultado aponta-se que este modelo de desenvolvimento comandado por apenas um segmento da sociedade, as indústrias, repercutiu sérias conseqüências às cidades. Observa-se que durante o século XIX a degradação social e ambiental tornam insustentáveis a vida nestes espaços.

Mas algumas desvantagens de ordem física (o congestionamento do tráfego, a insalubridade, a feiúra) tornam intolerável a vida das classes subalternas, a ameaçam, a partir de certo momento em diante, o ambiente em que vivem todas as outras classes (BENEVOLO, 1983, p 552).

Na periferia industrial perde-se a homogeneidade social e arquitetônica da cidade antiga. Os indivíduos e as classes não desejam integrar-se na cidade como um ambiente comum, mas as várias classes sociais tendem a se estabelecer em bairros diversos – ricos, médios, pobres – e as famílias tendem a viver o mais possível isoladas. (...), o grau de independência recíproca se torna a marca mais importante do nível social: os ricos tem casas mais isoladas – (...) (BENEVOLO, 1983, p. 565).

Como resposta a este modelo excludente um grupo formado por funcionários de fábricas e políticos da Inglaterra promoveram uma série de manifestações para demonstrar as insatisfações com respeito as condições de vida nas cidades. Segundo Benévolo (1983, p. 171), as péssimas condições de habitações dos bairros operários são levadas ao conhecimento da opinião pública que reage e reclama uma solução durante os anos de 1842, 1844 e 1845. No entanto anos de discussões acirradas foram necessários para se votar a primeira lei sanitária no ano de 1848. Este evento foi o marco para a nova organização das cidades passar de um modelo assentado na liberdade individual para outro de caráter mais coletivo sendo o primeiro raio que iluminará a era das relações sustentáveis.

Conforme Benévolo, o modelo pós-liberal abre a possibilidade da iniciativa privada e a administração pública entrarem em acordo no momento que propõe que poder público responsabilize-se pelo que é fundamental para o funcionamento da cidade: serviços públicos – rede de percursos e instalações, e fixar regulamentos que limitam o tamanho das construções com relação aos espaços públicos. Fica para a iniciativa privada administrar os terrenos servidos por esta rede. No entanto, afirma o mesmo autor que a cidade industrial pós-liberal gera uma série de conseqüências inesperadas e sua forma torna-se motivada pela especulação imobiliária.

O comércio e a indústria desenvolveram-se num ritmo que ultrapassa todas as previsões; o afluxo de matérias ou de materiais; abandono dos meios manuais; virtude edificante e incontestável dos exatos produtos industriais. Na pressa da improvisação, as indústrias se concentram arbitrariamente, inflando, em demasia, as aglomerações existentes, e durante esse tempo – justamente devido a tal motivo - a terra é cada vez mais desprezada, pois a indústria recruta uma mão de obra sempre crescente (CORBUSIER, 1984, p. 27).

A forma da cidade é a que torna máxima a renda imobiliária urbana, isto é, a mais rica de diferenças (...) mesmo que resulte ser ineficiente e dispendiosa. O mecanismo urbano está sempre congestionado, porque os aparelhamentos públicos –(...)– são sempre insuficientes, ao passo que a exploração dos terrenos particulares alcança ou supera os máximos fixados pelos regulamentos (BENEVOLO, 1983, p. 589).

Uma série de invenções somadas a esta realidade viriam a contribuir para a formação da cidade moderna. O motor a combustão está para esta assim como o motor a vapor estava para a cidade industrial do século XIX. A energia elétrica, o automóvel e a fábrica têm suas presenças marcadas na cidade do início do século XX. Estes agregam ao ambiente excludente, herdado da cidade industrial, um pouco mais de poluição causada pela queima de combustíveis fósseis. A alta densidade dada pela verticalização e a ocupação de vastas áreas contínuas contribuem para uma demanda crescente nos serviços públicos e por um número maior de áreas naturais no interior das cidades. Por outro lado, uma outra gama de invenções (o concreto armado, o aço, o elevador e o vidro) possibilitam uma revolução nas formas arquitetônicas que, aos olhos de um grupo de profissionais, traz à cidade a possibilidade de um futuro melhor. Assim, “a revolução arquitetônica oferece seus recursos à urbanização das cidades contemporâneas...” (CORBUSIER, 1984, p. 31)

Destacam-se três características essenciais do modelo proposto por este profissionais:

- 1) A análise das funções que se desenvolve na cidade moderna.
(...), as várias funções sobrepostas na vida da cidade; Le Corbusier classifica quatro delas: habitar; trabalhar; cultivar o corpo e o espírito e circular (BENÉVOLO, 1983, p. 630).
- 2) A definição dos mínimos elementos para cada uma das funções urbanas;
O procedimento que vai do detalhe ao geral faz parte da tradição científica, e é aceito desde o início na pesquisa arquitetônica, como garantia de correção e de controle gradual dos resultados. Cada objeto construído deve ser decomposto em seus elementos simples, e depois recomposto associando estes elementos de maneira nova, racionalmente motivada (BENÉVOLO, 1983, p. 638).
- 3) A busca dos modelos de agrupamento entre os elementos funcionais, isto é, em perspectiva, a definição da estrutura da conjunto da cidade moderna.
Por isso, a pesquisa sobre residência não termina na escala de moradia, mas prolonga-se na escala do bairro, e leva a individualizar outros elementos funcionais, que compreendem um certo número de moradias e

um certo número de serviços: as unidades de habitação (BENEVOLO, 1983, p. 644).

No entanto, as conseqüências dessa cidade estratificada multifuncionalmente, e baseada no uso da máquina é a fragmentação do tecido urbano em zonas especializadas. Isto somado a enorme escala que estas cidades assumem aumentam a dependência sobre veículos automotores, o distanciamento entre cidade e campo, e a exclusão social. Já os princípios racionais de planejamento estavam assentados numa racionalidade instrumental que permitia-lhes a utopia de que aperfeiçoamentos formais resolveriam os diversos conflitos iniciados há séculos. Faltou-lhes associar a forma uma reflexão a respeito de reformas organizacionais que envolvessem a dimensão ecológica, cultural, social, política, econômica, tecnológica e jurídica.

Nem Wright nem Le Corbusier se detiveram a analisar os aspectos econômicos, sociais ou políticos, pensando que a restauração do ambiente traria, como conseqüência, o aparecimento de instituições idôneas para o seu governo (GOITIA, 1996, p. 199).

2.1.1.5 A era das relações sustentáveis

O objetivo pedagógico da era das Relações Sustentáveis é abrir a perspectiva civilizatória de um caminho da beleza como resultado da construção de um estilo sustentável de relações entre as sociedades humanas e a natureza que elas ocupam (PEABA, 1999, p. 39).

Assim, vê-se a cidade moderna, excludente e à serviço da máquina, lega uma série de conseqüências à cidade contemporânea. Com isso pouca atenção dada aos aspectos sócio-ambientais e o emprego de tecnologias com fins puramente econômicos nos apontam para uma crise, urbana e rural, sem precedentes e de ordem global. A exclusão social, a violência, o clima excessivamente quente e poluído, a escassez de água, as enxurradas e cheias, o esvaziamento e envelhecimento da população do campo e o inchaços das grandes cidades, são algumas das realidades presentes em grande número das cidades mundiais.

No entanto a nascimento das indústrias , dos transportes, das comunicações e da urbanização, aspectos essenciais desta evolução, foi feito com vista na obtenção de vantagens imediatas, sem ter em consideração, mas muito principalmente sem prever nem conhecer as conseqüências a longo prazo das acções assim perpetradas pelo homem sobre o seu meio (LABORIT, 1971, p. 125).

A degradação urbana está demonstrando que o desenvolvimento das formas e espaços urbanos, processado a imagem e semelhança dos países industrializados tem contribuído substancialmente para a degradação do meio ambiente urbano (ALVA, 1998, p. 207).

Complementando, as cidades se homogeneizaram cultural e socialmente ao longo de sua história. Quando olha-se ao passado vê-se a cidade da idade média, onde todas as classes sociais ocupavam o espaço intramuros convivendo num mesmo local uma diversidade de pessoas. A cidade democrática grega, como já foi citado, se comportava com um todo indivisível e tinham muitos espaços de encontro para a vivência cívica (ágora, teatro, acrópole etc.). Por outro lado, o que observa-se hoje são classes sociais fechadas por seus muros. Com isso, extingui-se a possibilidade de encontros, e com eles o relacionamento e aprendizado entre as diversidades (biológica, étnica, social, cultural) e com estas a possibilidade de mudança.

(...) esse cadinho fervilhante onde os objectos criados pela mente humana, bem como os conceitos nascidos de alguns cérebros imaginativos se encontravam e fertilizavam ao longo das épocas, permitindo associações imaginativas cada vez mais ricas, cada vez mais complexas, permitindo na realidade a evolução do homem. É certo que foi a cidade que desempenhou ao longo de toda a evolução e até uma época recente, esse papel fundamental: mas é compreensível que o desempenhou na medida em que permitiu a mistura, o contacto entre fontes informativas de diversas origens, de indivíduos de camadas sociais, de raças e culturas diferentes (DUBOS *apud* LABORIT, 1971, p. 136).

Soma-se a isto o fato da espécie humana encarcerar-se por meio de suas próprias especializações, fazendo aumentar o seu distanciamento frente a natureza. Este distanciamento leva à um conhecimento fragmentado e disjuntivo. Portanto a era das relações sustentáveis, na história das cidades, aponta suas bases na visão epistemológica da complexidade. Esta possibilita uma compreensão do todo como uma realidade complexa com uma base física, biológica e antropossocial (SILVA, 1992, p.11). Ressalta o mesmo autor (*op cit*) que para a construção de uma sociedade sustentável, fundamental à cidade sustentável, deve-se passar obrigatoriamente por um processo de construção de uma identidade cultural relacionada com a natureza dos ecossistemas. Silva trata a deficiência filosófica, a qual soma-se a epistemológica e a política, como uma das realidades que caracterizam o conflito sócio ambiental na América Latina. Segundo este autor

(SILVA, 1992, p. 19) “*La deficiência filosófica trata de la ausência de uma identidade cultural com la natureza de los ecossistemas ocupados. Esta identidade seria la base para la construcción de um proyecto de modernidad sustentable*”.

Alva (1998) concorda com o autor acima citado no momento que sugere uma aproximação entre a lógica da vida e das organizações sociais.

Um melhor entendimento da lógica da vida, por um lado, e da organização social por outro, é certamente necessário para que possamos superar as barreiras impostas pelas formas convencionais de produção de conhecimento, baseadas em excessiva compartimentação disciplinar (ALVA, 1998, p. 208).

No Brasil, como destacou-se anteriormente, é o Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 10 de julho de 2001) que procura regulamentar os Artigos 182º e 183º que constituem o capítulo que trata da Política Urbana em nossa Constituição Federal. Esta Lei trás de forma explícita em suas diretrizes preocupações relativas a sustentabilidade e a gestão participativa de nossos Municípios. No entanto não basta somente esta Lei para buscarmos a sustentabilidade. Soma-se a ela a necessidade de relacionar o planejamento urbano com as políticas públicas de outros setores (recursos hídricos, conservação da natureza e cultura, educação ambiental, ...).

Desta forma destaca-se também que para ter-se a sustentabilidade não basta que a gestão seja feita de forma participativa. Torna-se fundamental que esta participação seja feita de forma qualificada e qualificadora (SILVA, 1998, p. 4). Com isso possibilitando uma visualização das bases do conflito entre o sistema cultural e ecológico. Neste sentido, vê-se a necessidade de adicionar as questões urbanas informações que possibilitem a construção de um conhecimento acerca da lógica com que operam os ecossistemas o qual elas ocupam. Isto se dá, primeiramente, pelo conhecimento dos princípios fundamentais de como operam estes espaços.

2.1.2 O conceito de ecossistema

O conceito de ecossistema tem suas raízes nos trabalhos sobre interdependência de organismos desenvolvidos por S.A. Forbes e Möbius no final do século XIX (ACOT, 1990, p. 78). Destaca-se que no ano de 1880 por meio do artigo intitulado, “*On some interactions of organisms*”, S.A Forbes aponta uma visão de interdependência, dinâmica e a busca por um equilíbrio entre os organismos.

Encontramos uma interdependência mútua nos grupos orgânicos e uma modificabilidade de seus hábitos, números e distribuição geográfica (...)

vemos igualmente que, após as modificações mais violentas de suas relações internas, um reajustamento favorável pode eventualmente aparecer (FORBES *apud* ACOT, 1990, p. 80).

Já no ano de 1887 Möbius fornece uma contribuição fundamental no momento em que sugere a palavra biocenose a qual comunidades de seres vivos poderiam ser enquadradas em conjunto. Nas palavras do ecólogo citado por Acot (1990, p. 78), biocenose significa:

(...) comunidade na qual a soma das espécies e dos indivíduos, sendo mutuamente limitada e selecionada pelas condições médias de vida exteriores, continuou, via reprodução, a ocupar um território dado (MÖBIUS *apud* ACOT 1990, p. 78).

O ponto crucial é o fato que por meio desta palavra pode-se aplicar a noção de comunidade ao reino animal e vegetal. Segundo Acot (1990, p.78), pela primeira vez tem-se a oportunidade de pensar dois reinos distintos em interação permanente. Por outro lado, Möbius faz intervir muito pouco os fatores abióticos.

Constata-se que até este momento os ecólogos estavam muito presos a aspectos descritivos, não haviam controles quantitativos ou qualitativos. Esta contribuição viria quarenta anos mais tarde (1927) com os estudos de dinâmica das populações de Charles Elton (ACOT, 1990, p.80). Em sua obra "*Animal Ecology*" o autor aborda a importância numérica de certas populações e suas variações. No entanto, esta obra ainda é modesta no campo da quantificação. Neste sentido a obra nos aponta à necessidade por uma formulação matemática da dinâmica das populações.

Esta contribuição viria com os estudos de dois matemáticos, Lotka e Volterra (1926). Segundo Acot (1990, p.82), por meio de pesquisas estatísticas estes autores postularam que:

(...)agressão ou, mais amplamente, a destruição (por exemplo da parasitagem) de uma espécie por outra pode acarretar flutuações numéricas periódicas nas populações das duas espécies, (...).

A contribuição fundamental que Lotka e Volterra trouxeram está alicerçada na idéia de formalização matemática na verificação experimental. Com isso, possibilitaram um conhecimento mais profundo a respeito da estrutura e da dinâmica interna das biocenoses. Como resultado destes estudos, nasceu no ano 1930 um campo que trata destes aspectos, a biocenótica.

Assim, até o presente momento as atenções estavam voltadas para as interdependências entre os fatores bióticos de uma dada região, nada se falava a respeito dos fatores abióticos. Esta contribuição viria com o conceito de ecossistema dado pelo ecólogo ^a G. Tansley em 1935. Segundo Tansley (*apud* ACOT, 1990, p. 84), procura-se integrar neste conceito:

(...) o complexo dos fatores físicos que forma o que chamamos de meio ambiente do bioma, os fatores do habitat no sentido mais amplo (...) esses ecossistemas (...) são da mais variadas naturezas e tamanhos.

Portanto, a notável contribuição que este autor nos expõe é a possibilidade de integração dos fatores bióticos e abióticos em um único sistema. A partir deste ponto abre-se uma porta para compreensão dos vínculos complexos existentes entre a realidade químico e física e entre o ambiente inorgânico e as comunidades.

Outro ponto que pretende-se destacar é a contribuição vinda por meio dos estudos do o limnologista suíço F.^a Forel, no lago Lemán (ACOT 1990, p. 85). Este pesquisador aponta um subsídio fundamental, a noção de circularidade. Seus estudos descrevem muito bem certas cadeias tróficas, porém escapa-lhe os fatores de interdependência entre as realidades orgânicas e inorgânicas dadas pelo fenômeno da fotossíntese. Portanto, evadi das mão de Forel o papel fundamental deste processo na produção primária de matéria orgânica a partir de elementos inorgânicos.

Esta constatação foi essencial para alertar os ecólogos da importância dos fatores físicos e químicos do meio ambiente, possibilitando o aparecimento de trabalhos focados neste único fator. Assim, segundo Acot (1990, p. 87), foi a partir dos trabalhos do limnologista Charles Juday (1940) através de análise químicas de diversos organismos aquáticos que se passou a ter:

(...) a utilização de uma única e mesma unidade (a caloria) para medir as quantidades de calor recebidas por um sistema ecológico, e os valores energéticos de biomassa desse sistema (ACOT, 1990, p. 87).

Com isso, a moderna teoria dos ecossistemas viria a possuir como traço essencial: o fato da produção primária necessitar de uma contribuição energética constante para equilibrar os processos termodinâmicos dos sistemas ecológicos (ACOT, 1990, p. 85). Desta forma abre-se oportunidades a uma abordagem física, que segundo Acot (1990, p.87) se prolongará nas concepções termodinâmicas, e posteriormente cibernéticas dos ecossistemas.

Mas foi somente com o trabalho de Raymond Lindeman em 1941 que tornou-se possível agregar-se os fatores bióticos e abióticos e compreendê-los como uma totalidade. Os estudos deste autor entorno das relações existentes entre os diversos níveis tróficos nos apontam para uma indissociabilidade entre o mundo biótico e abiótico, orgânico e inorgânico, e o fluxo de energia.

Análises dos ciclos de relações tróficas indicam que uma comunidade biótica não pode ser claramente diferenciada do seu meio ambiente abiótico: a partir disso o ecossistema deve ser considerado como unidade ecológica fundamental (LINDEMAN *apud* ACOT, 1990, p.88).

O processo fundamental da dinâmica das relações tróficas é a transferência de energia de uma parte do ecossistema para outra (LINDEMAN *apud* ACOT, 1990, p.88).

Segundo Acot (1990, p.89) os trabalhos de Lindeman, o qual considerava a totalidade biocenose-biotópo como um sistema que tende para o equilíbrio, permitiriam dois avanços significativos nas décadas seguintes. O primeiro ligado a termodinâmica dos seres vivos e o segundo ligado a cibernética.

No decorrer da década seguinte muitos estudos foram dirigidos à esta nova visão de Lindeman. Porém, um momento chave veio com a publicação de uma obra centrada na teoria de Lindeman, *Fundamentals of Ecology* dos irmãos Eugene P. Odum e Howard T. Odum. Segundo Acot (1990, p. 91) esta obra representa uma ruptura com tudo o que precede no momento que agrega os fatores até então levantados: processo de fotossíntese, o papel da produção primária na estruturação e no funcionamento das biocenoses e o papel dos decompositores na reciclagem de matéria orgânica. O funcionamento deste conjunto é expresso em termos de circulação de matéria e energia.

No fundo, o pensamento ecossistêmico substitui um espaço ecológico dividido por um espaço ecológico reunificado, no qual os fatores abióticos e bióticos do meio ambiente não representam mais do que dois aspectos de uma mesma realidade (ACOT, 1990, p. 91).

2.1.3 As Leis Básicas do Ecossistema: o legado de Eugene P. Odum

Com intuito de melhor compreender a lógica com que operam os ecossistemas é inevitável remeter-se a leitura de Odum (1988). Esta obra, como apontado anteriormente, é de fundamental importância para os estudos de ecologia no momento que agrega as teorias e conceitos provenientes das mais diversas áreas para formar uma idéia de ecossistema, e como estes funcionam.

Segundo Odum (1988, p.2), a melhor maneira de se delimitar a ecologia moderna seria através do conceito de níveis de organização. Neste conceito, como demonstra figura 1, cada unidade biótica se relaciona com o meio abiótico, por meio de um fluxo constante de matéria e energia, para dar origem aos biossistemas. O mesmo autor sugere que estas unidades relacionam-se em níveis hierárquicos dos genes aos ecossistemas.

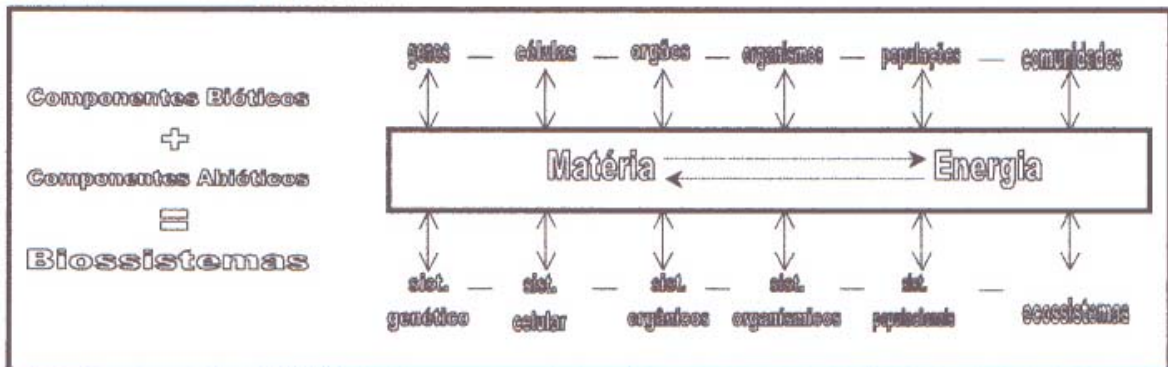


FIGURA1 Relacionamento da unidade biótica com o meio abiótico

Fonte: ODUM, 1988

Com isso Odum (1988) nos dirige ao Princípio das Propriedades Emergentes. Este princípio, consequência da organização hierárquica, nos aponta para duas idéias chaves: a máxima sistêmica de que o todo é mais que a soma das partes; e a noção de interdependência que a abordagem sistêmica enseja. Expõe o autor que novas propriedades surgem do relacionamento de unidades num mesmo nível hierárquico. Assim, as unidades relacionam-se formando sub-sistemas, estes relacionam-se formando sistemas maiores, e assim por diante. Porém, a cada nível de organização emergem propriedades que não são possíveis de se detectar quando analisa-se níveis inferiores de organização. Nas palavras de Odum (1988, p.3):

Uma consequência importante da organização hierárquica é que, a medida que os componentes ou subconjuntos combinam-se para produzirem sistemas funcionais maiores, emergem novas propriedades que não estavam presentes no nível inferior. Portanto, uma propriedade emergente de um nível ecológico ou unidade ecológica não pode ser prevista a partir do estudo dos componentes desse nível ou unidade.

No conceito de Odum (1988, p.9), ecossistema é uma unidade que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto numa determinada área interagindo com o ambiente físico de maneira a produzir, por meio de um fluxo

constante de energia, estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de matéria entre as unidades vivas e não vivas. Ora, se o ecossistema é uma unidade surgida do relacionamento entre outras unidades, tanto biótica como abiótica, e que este relacionamento se dá por meio de um fluxo constante de matéria e energia, como esta infinidade de elementos se organizam? O autor aponta alguns princípios que orientam a esta compreensão.

Num primeiro momento apreende-se a natureza homeostática dos ecossistemas dada pelo controle biológico do ambiente geoquímico e pelos caminhos de retroalimentação. Segundo Silva (1998, p. 123):

A HOMEOSTASE (*homeo=igual; stasis=estado*) é o equilíbrio dinâmico da natureza. Significa o estado natural de busca permanente de uma estabilidade no processamento dos nutrientes e da energia dentro das dinâmicas dos ecossistemas e ciclos biogeoquímicos da natureza. Através da homeostase é possível explicar o funcionamento da natureza e o comportamento de seus sistemas e processos frente a perturbações que sofre.

No que se refere ao controle biológico do ambiente geoquímico Odum (1988, p. 15) faz referência a hipótese de *Gaia* formulada por James Lovelock e Lynn Margulis. Assim, ele nos fornece a visão de que os organismos e o ambiente físico encontram-se inteiramente interligados.

Os organismos individuais não somente se adaptam ao ambiente físico, mas, através de ação conjunta nos ecossistemas, também adaptam o ambiente geoquímico segundo as suas necessidades biológicas (ODUM, 1988, p. 15).

Outro aspecto fundamental para a manutenção deste equilíbrio dinâmico vem da retroalimentação, conceito proveniente da cibernética dado por Walter Cannon (1932). Portanto, a natureza cibernética dos ecossistemas é percebida pelo fato de que o caminho de “adaptação” configura uma circularidade dada pela ação de mecanismos homeostáticos de retroalimentação. Estes engendram uma estabilidade no sistema. Sendo duas as formas de estabilidade apontada por Odum (1988, p. 29): estabilidade de resistência, capacidade de se manter estável diante do estresse; e a estabilidade de elasticidade, capacidade de se recuperar rapidamente (Figura 2). Vale ressaltar, que quanto maior a diversidade de elementos no ecossistema maior a possibilidade de manutenção da estabilidade pois aumenta sua complexidade, e por sua vez, aumenta a possibilidade de caminhos de retroalimentação.

Sabemos que mecanismos de equilíbrio aparecem no interior de ecossistemas, que eles são tanto mais numerosos quanto o ecossistema é rico em espécies(...) (ACOT, 1990,p. 99).

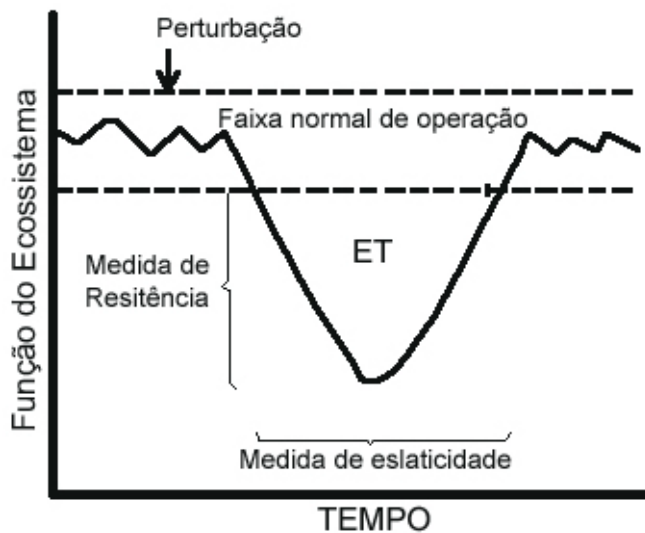


FIGURA 2 Elasticidade e resiliência nos ecossistemas
Fonte: ODUM, 1988

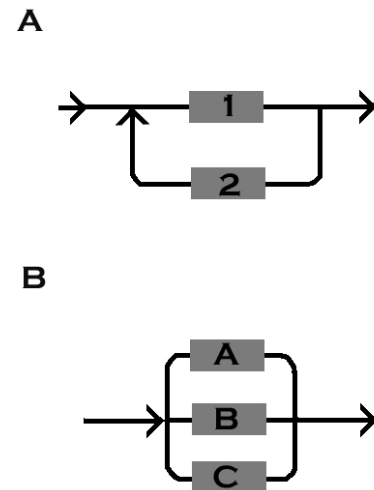


FIGURA 3 Mecanismos de retroalimentação nos ecossistemas
Fonte: ODUM, 1988

Assim, conforme figura 3, a retroalimentação acontece quando uma parte da saída retorna para o sistema como entrada, possibilitando a ciclagem de matéria e agregando estabilidade ao sistema, sempre possibilitando a economia de matéria e energia. Pode-se distinguir duas formas de retroalimentação: a positiva, que acelera os desvios e é responsável pelo crescimento; e a negativa que possibilita o controle, a auto-regulação. No entanto, vale advertir que os mecanismos homeostáticos possuem um ponto ideal de funcionamento.

Os mecanismos homeostáticos apresentam limites além dos quais uma retroalimentação positiva irrestrita leva a morte, a não ser que possa fazer um ajuste. A medida que aumenta a perturbação, o sistema, embora controlado, pode não ser capaz de voltar exatamente ao mesmo nível de antes (ODUM, 1988, p. 31).

Outro aspecto que a lógica com que os ecossistemas operam nos expõem é a natureza termodinâmica desses sistemas. Segunda Silva (1998, p. 125):

A eficiência energética da natureza com respeito a energia que recebe do Sol é muito baixa, da ordem de 20%. Mas a eficiência destes 20% no processamento interno dos ecossistemas é completa, ou seja, não há resíduos nem perda de energia. Toda energia é aproveitada para manter a ordem interna do sistema.

A concepção termodinâmica dos ecossistemas nos aponta um conceito fundamental para o seu entendimento, o conceito de entropia (*en=em; trope=transformação*). Segundo Odum (1988, p. 55) este conceito significa:

(...) medida da energia não disponível que resulta das transformações. O termo também é usado como índice geral da desordem associado com a degradação de energia.

Com isso Odum (1988, p. 55) expõe uma característica essencial dos ecossistemas que é a de criar e manter um alto grau de ordem interna (baixa entropia, pequena quantidade de desordem ou energia não disponível em um sistema). Ressalta o mesmo autor que esta baixa entropia é adquirida por meio de uma eficiente dissipação de energia.

Desta forma, os ecossistemas e os organismos são sistemas termodinâmicos abertos, fora do ponto de equilíbrio, que trocam continuamente energia e matéria com o ambiente para diminuir a entropia interna, à medida que aumenta a entropia externa (obedecendo assim as leis termodinâmicas) (ODUM, 1988, p. 55).

Prigogine (*apud* ODUM, 1988, p. 57) nos trás a contribuição fundamental que concebe que a auto-organização dos sistemas vivos e a criação de estruturas novas pode ocorrer em sistemas longe do ponto de equilíbrio. No entanto, para que isto ocorra torna-se necessário a presença de “estruturas dissipativas” bem desenvolvidas que “expulsam” a desordem do sistema.

A teoria de Prigogine das estruturas dissipativas, ao contrário, aplica-se a fenômenos termodinâmicos afastados do equilíbrio, nos quais as moléculas não estão em movimento aleatório mas são interligadas por meio de múltiplos laços de realimentação, descritos por equações não-lineares (CAPRA, 1996, p. 155).

Por ultimo, porém não menos importante que os anteriores, destaca-se a capacidade de um ecossistema de sustentar a vida, ou seja, capacidade de suporte. Para Silva (1998, p. 124) este termo significa a quantidade de espécies animais e vegetais que pode ser sustentada pela produção de nutrientes e oxigênio do próprio ecossistema. Odum (1988, p. 99) nos expõe este conceito da seguinte forma: quantidade de biomassa que pode ser sustentada no momento de equilíbrio entre as entradas e saídas de um ecossistema.

Com estas quatro idéias apontadas por Odum (1988) - princípio das propriedades emergentes, homeostase, balanço energético e capacidade de suporte – inicia-se um entendimento a respeito da lógica de funcionamento dos

ecossistemas. Por meio do estudo do funcionamento dos sistemas ecológicos pode-se visualizar que nestes sistemas surgem propriedades que emergem do inter-relacionamento dos elementos que a compõe e que não são percebidas em níveis reduzidos de organização. Soma-se a isto a constatação que estes sistemas estão em constante equilíbrio dinâmico, possibilitado pelos inúmeros laços de retroalimentação que engendram uma continua ciclagem de matéria. Da mesma forma, também pode-se compreender que o funcionamento desses sistemas se dá de forma auto-organizadora por meio de estruturas dissipativas que “expulsam” a desordem do ambiente interno agregando ordem ao sistema. Também percebe-se que os sistemas ecológicos possuem um ponto ideal de funcionamento e manutenção da vida. Extrapolado este ponto o sistema sofre um estresse que pode, até certo ponto, ser absorvido pelo próprio sistema. A partir deste ele entra em colapso.

2.1.4 Outros olhares sobre a organização dos sistemas vivos

O presente item pretende enunciar algumas concepções a respeito da organização dos sistemas vivos, em alguns pontos estas divergem do pensamento de Odum a respeito dos ecossistemas. Vale ressaltar que estas teorias vêm dos mais diversos campos da ciência e contribuem para a formação de um novo entendimento a respeito desses sistemas.

O aparecimento da cibernética, a ciência do controle e da comunicação no animal e na máquina, foi determinante para a formulação da teoria dos ecossistemas de Odum. No entanto, há outros olhares que ligam esta ciência a noção de ecossistema que merecem destaque.

Uma contribuição fundamental vêm por parte de Gregory Bateson, um dos principais críticos da cibernética instrumental, a qual focava a produção de armas por meio da inteligência artificial (SILVA, 1998, p. 66). Segundo o mesmo autor através dos estudos de Bateson pode-se visualizar um modelo ecológico apoiado numa visão cibernética. Porém, a bifurcação entre o pensamento de Bateson e Odum refere-se ao fato que Bateson expõe que um sistema ecológico não se sustenta SOMENTE com a energia que vem de fora, mas FUNDAMENTALMENTE pela organização das informações que o sistema processar (SILVA, 1998, p.66).

Um outro ponto que pretende-se ressaltar é o destaque que Fritjof Capra faz da leitura de Prigogine. Este autor nos aponta um aspecto que difere da leitura de

Odum a respeito da estabilidade e ordem num ecossistema vir apenas de laços de realimentação e do balanço energético. Para Capra (1996, p. 149) a teoria de Ilya Prigogine, por meio de um arcabouço conceitual e matemático, implica uma reconceituação das idéias associadas a estrutura das formas vivas: de estabilidade para instabilidade, de ordem para desordem, do equilíbrio para o não equilíbrio, do ser para o vir a ser.

A mudança conceitual implícita na teoria de Prigogine envolve várias idéias estreitamente inter-relacionadas. A descrição de estruturas dissipativas que existem afastadas do equilíbrio exige um formalismo matemático não-linear, capaz de modelar múltiplos laços de realimentação interligados. Nos organismos vivos, esses laços são laços catalíticos (isto é, processo químicos não-lineares, irreversíveis), que levam a instabilidade por meio de realimentação de alto-amplificação repetida. Quando uma estrutura dissipativa atinge um tal ponto de instabilidade, denominado ponto de bifurcação, um elemento de indeterminação entra na teoria. No ponto de bifurcação, o comportamento do sistema é inerentemente imprevisível. Em particular, novas estruturas de ordem e complexidade mais altas podem emergir espontaneamente. Desse modo, a auto-organização, a emergência espontânea de ordem, resulta dos efeitos combinados do não-equilíbrio, da irreversibilidade, dos laços de realimentação e da instabilidade (CAPRA, 1996 p. 157).

Outra teoria que destaca-se nos aponta para a questão da evolução dos organismos vivos e do meio vir do relacionamento entre estes. No momento que Odum faz referência a Teoria de Gaia ele nos expõe uma idéia de adaptação dos organismos ao ambiente físico e geoquímico. Capra (1996, p. 182) elucida por meio dos trabalhos de Lynn Margulis em microbiologia, pois estes colocaram em cheque a concepção darwiniana de adaptação.

Ao longo de todo o mundo vivo, a evolução não pode ser limitada à adaptação de organismos ao seu meio ambiente, pois o próprio meio ambiente é modelado por uma rede de sistemas vivos capazes de adaptação e de criatividade (CAPRA, 1996 p.182).

Estudos de biologia molecular, genética e de microscopia de alta potencia em geral confirmam a antes radical idéia do século XIX de que células de plantas e de nossos corpos animais (assim como os fungos e de todos os outros organismos compostos de células com núcleo) surgiram por meio de uma seqüência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias. A residência conjunta prevalece e prolifera (MARGULIS, 2001 p. 35).

Desta forma, a respeito das teorias da evolução, o autor ainda expõe que o foco esta se deslocando de evolução para co-evolução por meio de uma sutil interação entre competição e cooperação, entre criação e mútua adaptação.

Essa nova visão tem forçado biólogos a reconhecer a importância vital da cooperação no processo evolutivo. Os darwinistas sociais do século XIX viam somente competição na natureza –(...)– mas agora estamos começando a reconhecer a cooperação contínua e a dependência mútua entre todas as formas de vida como aspectos centrais da evolução (CAPRA, 1996 p.183).

Não existiam espécies antes que as bactérias se juntassem para formar células maiores, incluindo os ancestrais de plantas e animais. (MARGULIS, 2001, p.14)

Uma outra teoria vem trazer uma significativa contribuição para a formação de um novo entendimento a respeito da forma como os vivos se organizam é a Autopiésis de Humberto Maturana e Francisco Varela. Autopiésis é definida pela noção de que o padrão de organização do vivo é uma rede onde a função de cada componente é participar na produção e transformação dos outros componentes desta rede (CAPRA, 1996, p. 166). Na definição de Maturana Autopoiésis é vista como:

(...) uma rede molecular de produção de componentes, fechada em si mesma, onde os componentes produzidos servem apenas para constituir a dinâmica da própria rede, determinar sua extensão no espaço físico no qual materializa sua individualidade e gerar um fluxo de energia e matéria alimentador da própria rede. A autopoiésis descreve a capacidade de auto-organização, autodeterminação e auto-criação dos sistemas vivos (SILVA, 1998 p. 72).

Para Capra (1996, p. 176) a característica fundamental de um sistema autopoiético reside no fato deste sistema passar por contínuas mudanças estruturais enquanto preserva seu padrão de organização semelhante a uma rede. Silva (1998, p. 72) aponta três categorias epistêmicas essenciais do modelo autopoiético: determinismo estrutural, nos diz que os sistemas vivos são determinados estruturalmente e a sua história é a história das mudanças desta estrutura com a conservação da organização do sistema; clausura operacional nos expõe os sistemas vivos como fechados operacionalmente configurando uma autonomia que define os espaço de sua operacionalização; o conceito de acoplamento estrutural

que nos aponta que as mudanças estruturais de um sistema vêm em função das perturbações recebidas do meio.

Assim, a medida que um organismo mantém uma interação com o ambiente este sofre uma seqüência de mudanças estruturais que formará seu caminho individual de acoplamento estrutural. Um outro aspecto a ser levantado são as características de circularidade, retroalimentação e auto-referência do modelo autopoiético (SILVA, 1998 p.72). As duas primeiras, Odum nos trás como referência nos ecossistemas, porém a ultima aponta uma contribuição fundamental. A auto-referência remete a característica do sistema vivo, devido sua capacidade inata de aprendizagem dentro dos processos de relações entre os componentes de uma dada rede molecular, de monitorar-se a si próprio (SILVA, 1998 p.72). Torna-se oportuno o destaque da afirmação a respeito dos sistemas vivos serem sistemas cognitivos (MATURANA e VARELA *apud* SILVA, 1998, p. 72).

Estas novas teorias reafirmaram uma compreensão sistêmica acerca dos seres vivos. Por outro lado, contribuem de forma fundamental para o entendimento que estes seres exibem o mesmo princípio básico de organização, que esta organização se dá de forma muito mais cooperativa do que competitiva, que o seu aprendizado se dá com o seu operar originando mudanças estruturais altamente criativas e que estas mudanças estruturais acontecem essencialmente .em pontos de instabilidades e desordem fazendo com que o sistema vivo busque uma nova ordem a partir de suas relações internas.

2.1.5 Ecodinâmica

Diante do exposto, pode-se concluir que os ecossistemas são unidades dinâmicas que combinam o movimento de energia, matéria e informações por meio de um padrão de organização em rede. A sua sustentabilidade deriva da dinâmica do relacionamento entre unidade e ambiente tendendo a estágios mais complexos de organização. Assim vê-se que os relacionamentos entre as unidades de um mesmo nível hierárquico que configuram um ecossistema fazem emergir características que não lhes são percebida quando analisadas separadamente ou em nível hierárquico inferior (Princípio das Propriedades Emergentes).

Neste sentido, pode-se afirmar que a ecodinâmica tem suas origens na teoria geral dos sistemas e nos fundamentos de ecologia, estes sintetizados no conceito de ecossistema. Com isso, vê-se a ecodinâmica como um conceito que emerge dos

ecossistemas, ou seja, como uma propriedade emergente do ecossistemas. Assim, uma das vantagens de ter-se um olhar focado para o conceito de ecossistemas é o fato deste permitir a possibilidade de integração de conhecimento anteriormente isolados (TRICART, 1977 p.19). Neste sentido, vale ressaltar que este conceito nasceu dos estudos a respeito da dinâmica dos ambientes do geomorfólogo francês Jean Tricart na década de 1970.

A metodologia a ser adotada é, necessariamente, a ecológica. Devemos estimar o impacto das ações técnico-econômicas do homem sobre o ecossistema (TRICART, 1977 p. 15).

A ecologia tem por objetivo o estudo dos vários seres vivos em suas relações mútuas e com o meio ambiente. O homem participa dos ecossistemas em que vive. Ele os modifica e, por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do Homem. As interações são permanentes e intensas, qualquer que seja o nível de desenvolvimento técnico da sociedade humana (TRICART, 1977 p. 17).

Como dito anteriormente, o autor parte de uma abordagem sistêmica com intuito de estudar os fluxos de matéria e energia e as relações entre os diversos elementos que compõem o ambiente de um ecossistema. Neste sentido, ressaltamos que o autor nos remete a um conceito de sistemas sugerindo o entendimento da ecodinâmica como propriedade emergente do ecossistema.

Lembramos somente que um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Estes fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema (TRICART, 1977 p. 19).

Vale ressaltar, que o critério de análise utilizado pelo autor para melhor compreender a dinâmica dos ambientes é o balanço entre os fatores indutores dos processos que dão origem a forma do relevo e a formação de solo (processos morfogenéticos e pedogenéticos). Neste sentido, a obra expõe claramente que a dinâmica dos processos morfogenéticos produz uma instabilidade constante na superfície do solo, sendo este um fator limitante para o desenvolvimento dos seres vivos. Por conseguinte, torna-se evidente que:

a ação humana é exercida em uma natureza mutante, que evolui segundo leis próprias, das quais percebemos, de mais a mais, sua complexidade (TRICART, 1977 p. 35).

Norteadado por este raciocínio o autor coloca o conceito de ecodinâmica como o (...) o estudo da dinâmica do ambiente de um ecossistema, sendo este tão importante quanto o estudo da dinâmica das biocenoses, pois ambos estão estreitamente relacionados (TRICART, 1977 p. 31). Para o presente trabalho entende-se a ecodinâmica como a dinâmica do ambiente de um ecossistema verificada por meio da análise do fluxo de energia e matéria e tendo como critério basilar o balaço entre os processos relacionados da morfogênese e pedogênese.

Neste sentido, Tricart expõe que a partir do estabelecimento de um fluxo de energia solar, figura 4, tem-se a possibilidade de compreender as relações e estabelecer a estrutura de uma unidade ecodinâmica (Tricart, 1977 p. 20). Assim, o autor sugere um diagrama que demonstra como se estabelece o fluxo de energia solar e quais suas relações com os demais elementos que compõe o sistema no nível da atmosfera, na parte aérea da vegetação, na superfície do solo e na parte superior da litosfera.

A- Nível da atmosfera:

Os raios α , β e γ não atravessam os anéis de *Van Allen*, motivo que contribui para que cerca de 8% da energia absorvida volte para o espaço em forma de radiação. O restante contribui para a formação das correntes atmosféricas como resultado do aquecimento desigual das massas de ar dando origem a formação de correntes de convecção. O contato de massas de ar em temperaturas desiguais dá surgimento ao fenômeno de condensação da umidade atmosférica, em alguns casos ocorrendo precipitações que caem atraídas pela força da gravidade da Terra.

B- Nível da parte aérea da vegetação:

1-Fotossíntese:

O processo de fotossíntese, por meio da utilização da energia solar e do carbono encontrado no gás carbônico, elabora hidratos de carbono que são parte predominante nos tecidos vegetais. Este processo pode ser considerado como a base de toda a vida, por meio deste é liberado oxigênio de volta à atmosfera e contribui-se para o crescimento dos produtores primários (base da cadeia trófica). Em média apenas 0,5% da energia total do espectro eletromagnético é utilizados para o funcionamento de toda a vida animal e vegetal.

2 – Radiação absorvida pelas plantas:

O aquecimento demasiado dos tecidos vegetais podem ocasionar lesões. Assim como nós, uma das formas dos vegetais se auto-organizarem para evitar

essas lesões e buscar o equilíbrio térmico é por meio da evapotranspiração. Neste processo, os vegetais consomem água do solo que serão devolvidas à atmosfera em forma de vapor, com isso estabelecem íntima relação com os ciclos pedogenéticos e hidrológicos. Num ecossistema de biomassa vegetal abundante a absorção de energia solar é aproximadamente de 25%, o restante irá se destinar a outros fenômenos como por exemplo o aquecimento do solo e subsolo (TRICART, 1977 p.23).

3 – Interceptação das precipitações:

Nas precipitações tem-se a integração de duas fontes de energia: a solar, que favorece a evaporação e a formação de correntes convectivas; e a da gravidade que atrai as gotas da chuva para Terra fazendo com que elas caiam. Neste deslocamento vertical de cima para baixo as gotas de água transformam gradativamente sua energia potencial em energia cinética. “A velocidade máxima para gotas de maior tamanho é adquirida a partir de uma altura de 9 metros” (TRICART, 1977 p. 24). Assim, parte dessa energia, que faz com as gotas cheguem com velocidade máxima ao solo, é dissipada nas partes aéreas das plantas. Destas águas que são interceptadas pelas plantas parte caem em forma de goteiras e outra parte retorna a atmosfera em forma de vapor (TRICART, 1977 p. 24).

Referindo-se ao fenômeno das goteiras, quando as árvores atingem uma altura superior a 9 metros as gotas que caem sob a floresta chegam ao solo com energia cinética máxima, ou seja, velocidade máxima. Sendo assim, possibilitam o aparecimento de processos erosivos sob a mata. Por outro lado, quando se está na presença de formações florestais que possuem diversos estratos há uma perfeita dissipação de energia. Desta forma, não contribui ao surgimento de processos erosivos pois a gota d'água deixa o estrato arbóreo, encontra o arbustivo, o herbáceo e o forrageiro sucessivamente (TRICART, 1977 p. 25). No tocante a estas formações florestais o estrato herbáceo possui uma geometria que possibilita o perfeito escoamento das águas para o solo, favorecendo desta forma o ciclo hidrológico (TRICART, 1977 p.25). Em sentido oposto, os reflorestamentos de *pinus* e *eucalipto* dificultam o crescimento do estrato herbáceo permitindo a intensa transmissão de energia à superfície do solo e dando origem aos processos de erosão pluvial.

4 – Efeito da rugosidade da vegetação:

A rugosidade promovida pelo desigual nivelamento das copas das árvores possibilita a dissipação parcial da energia proveniente dos ventos. Desta forma contribui para a frenagem dos ventos aumentando a turbulência na passagem do ar (TRICART, 1977 p. 26). Já nos espaços sem vegetação o vento pode iniciar processos de erosão eólica removendo partículas minerais (tempestades de pó, *dust bown*, dunas) .

C- Nível da superfície do solo:

Neste nível encontra-se outra bifurcação: ou a água infiltra-se no solo, participando desta forma dos processos de formação do solo, alimentação das plantas e recarga dos aquíferos subterrâneos; ou a água, por meio da força da gravidade, escoia superficialmente indo de encontro aos oceanos.

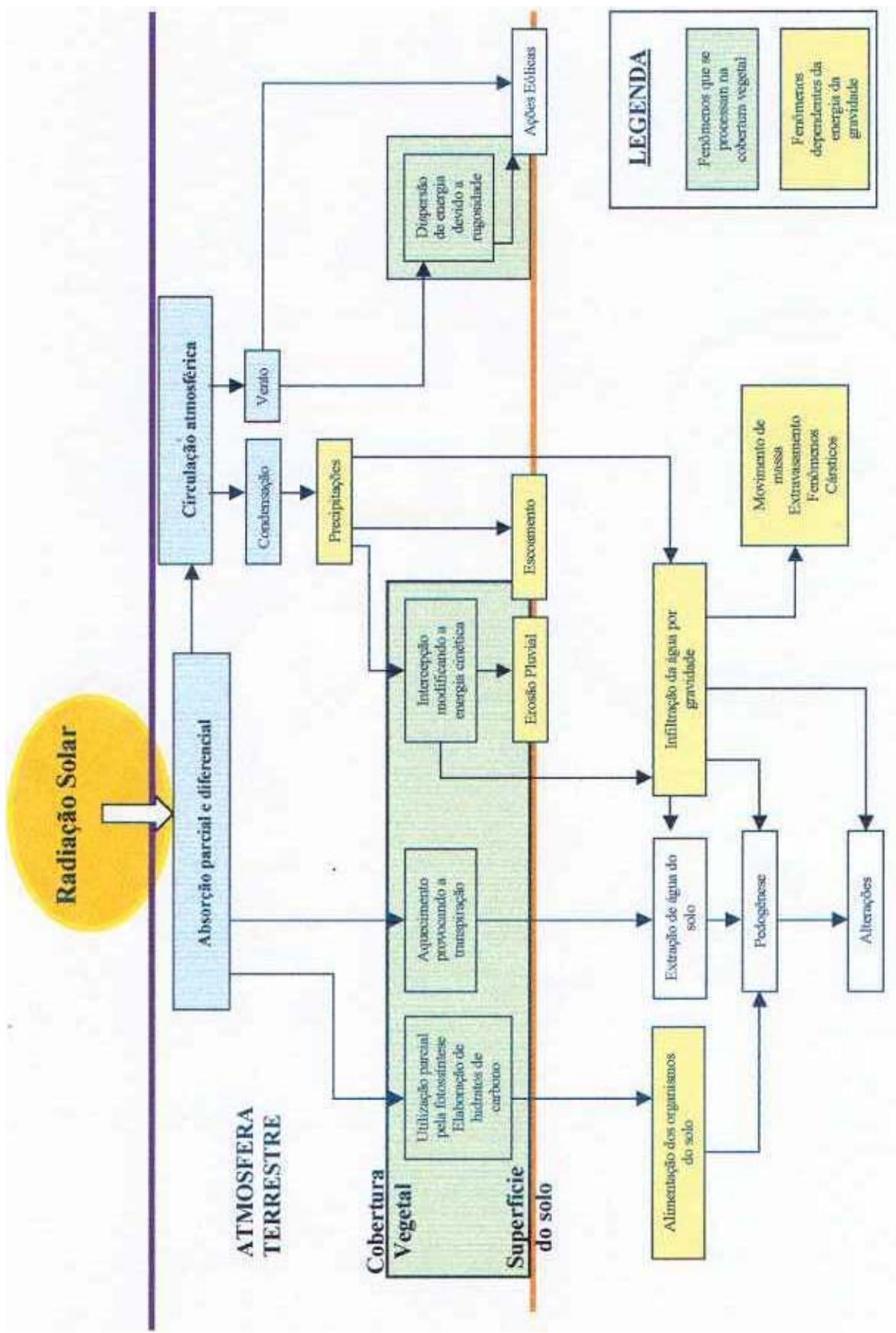


Figura 4 Diagrama do fluxo de energia solar

Fonte: Tricart, 1977

O escoamento superficial ocorre quando a água não consegue infiltrar-se pelo fato do solo estar saturado, ou devido sua compactação que diminui seus espaços vazios. A erosão pluvial é o fenômeno de destruição dos agregados do solo pelo impacto das gotas de chuva, este está diretamente relacionado a estabilidade estrutural dos solos (TRICART, 1977 p. 26). Neste sentido, as partículas minerais separadas pelas gotas de chuvas infiltram-se ocupando os espaços vazios do solo, gerando desta forma a impermeabilização de sua superfície. Vale ressaltar, que este processo pode ser inibido pela presença de uma densa camada de detritos vegetais sobre o solo (TRICART 1977, p. 26). Segundo o autor certas práticas agronômicas contribuem muito para os processos de compactação do solo. Um exemplo se dá pela utilização de maquinários pesados na agricultura, estas máquinas comprimem a superfície do solo diminuindo seus espaços vazios.

Assim, esta impermeabilização é o principal fator indutor do escoamento superficial, isto significa que o solo não realiza toda sua capacidade potencial de retenção de água. Desta forma comprometendo o crescimento das espécies vegetais, que por sua vez não disponibilizam quantidades suficientes de matéria orgânica para auxiliar na pedogênese, o que também possibilita um maior impacto das gotas de chuvas sobre o solo, estas carregam partículas minerais para o interior do solo aumentando sua impermeabilização.

D- Nível da parte superior da litosfera :

Os detritos vegetais que depositam-se na superfície do solo alimentam todo um mundo de seres microscópicos. Estes seres produzem ácidos orgânicos, gás carbônico através da respiração etc. Essas substâncias solubilizam-se em água possibilitando a formação de soluções aptas a reagirem com os minerais das rochas (TRICART, 1977 p. 28).

O fluxo de energia (solar + calorífica do centro da Terra) fornece calor suficiente para que ocorra reações químicas e biológicas (metabolismo dos organismos redutores) contribuindo para a pedogênese. O fluxo de água de baixo para cima, através das plantas, possibilita a veiculação dos elementos dissolvidos pelos microorganismos. Este processo consiste na transformação de material mineral das rochas pelos efeitos da vida; a meteorização das rochas e dos minerais do solo.

Diante do exposto fica evidente que das relações entre os elementos que compõem o ambiente de um ecossistema (bióticos e abióticos) emerge uma dinâmica no mesmo, e que sob características semelhantes estas dinâmicas

também serão semelhantes. Indo de encontro a este raciocínio o autor propõe uma classificação ecodinâmica dos espaços tomando por base o conceito de unidades ecodinâmicas. Estas são unidades que se caracterizam por apresentarem certa homogeneidade na sua ecodinâmica (TRICART, 1977 p. 31).

Diante do exposto pode-se compreender que as ações humanas, assim como de todos os seres vivos, são exercidas sobre uma natureza mutante, que evolui segundo sua própria lógica de funcionamento. Neste sentido, não pode-se ter por base descrições estáticas, o que realmente necessita-se é uma compreensão acerca da dinâmica destes espaços. Com base neste raciocínio Tricart (1977) propõe uma classificação ecodinâmica dos espaços embasada na análise de categorias morfodinâmicas dos meios. Adverte-se que esta classificação tem por base a análise da relação existente entre pedogênese - morfogênese, ou seja: nos meios estáveis a pedogênese prevalece sobre a morfogênese, nos meios intergrades existe um equilíbrio entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos e nos meios instáveis o que prevalece é a morfogênese.

a - Meios estáveis:

Estes meios caracterizam-se por uma evolução muito lenta do modelado, dificilmente perceptível. O sistema morfogenético não comporta incisões violentas, as condições se aproximam daquelas que os fitoecologistas chamam de clímax.

Condições para uma ecodinâmica estável:

cobertura vegetal suficientemente fechada;

dissecação moderada;

ausência de manifestações vulcânicas.

b – Meios intergrades:

São meios que caracterizam-se por ser uma transição entre os meios estáveis e instáveis, assegurando uma passagem gradual entre estes. A característica principal destes meios é a pedogênese e a morfogênese coexistindo sobre um mesmo espaço. Esta coexistência se dá de forma qualitativa (ablação agindo na espessura do solo, sítios de acumulação onde o horizonte A torna-se mal desenvolvido) e quantitativa (a instabilidade fraca da pedogênese nos favorece uma transição para meios estáveis, por outro lado, quanto mais intensa for a morfogênese mais a pedogênese é perturbada).

Sendo assim, os meios intergrades são susceptíveis a fenômenos de amplificação da dinâmica natural, transformando-se em meios instáveis.

Tais meios, como as zonas de transição biogeográficas, são particularmente cambiantes, especialmente às influências que modificam localmente(...) (TRICART, 1977 p. 51).

c – Meios instáveis:

Neste meios a morfogênese é o elemento predominante exercendo forte influência nos demais componentes do sistema. Pode-se configurar estes meios através de dois processos: geodinâmica interna e deformações tectônicas.

A geodinâmica interna intervém em numerosos casos, em particular no vulcanismo, cujos efeitos são mais imediatos do que os das deformações tectônicas (TRICART, 1977 p. 51).

As deformações tectônicas comandam todos os processos nos quais intervém a gravidade, favorecendo a dissecação das áreas mais elevadas, como incisão dos cursos d'água e crescimento correlato dos declives das encostas (TRICART, 1977 p. 53).

Vale ressaltar que mesmo sob florestas densas as encostas suficientemente íngremes tornam-se instáveis. Segundo Tricart (1977, p. 54) as intervenções antrópicas nestes meios podem originar/accentuar retroações positivas susceptíveis de catalisar os processos de degradação. Nestas regiões a recuperação é tão difícil que, para impedir a degradação, torna-se imprescindível tomar medidas de conservação muito rigorosas.

2.1.5.1 A inserção de técnicas de manejo na ecodinâmica

Com intuito de explicitar a forma como as intervenções antrópicas atuam na ecodinâmica Jean Tricart (1977) expõe um quadro demonstrando como a inserção de técnicas de manejo da natureza influenciam uma unidade ecodinâmica, isto vem a comprovar a interdependência entre as ações antrópicas e as dinâmicas de um ambiente específico. Vale ressaltar, conforme figura 5, que estas técnicas foram distribuídas de acordo com suas influências diretas sobre os elementos do sistema ecodinâmico: as que modificam diretamente os elementos relacionados com as biocenoses, a pedogênese, a morfodinâmica e os parâmetros hídricos (TRICART, 1977 p. 81).

1- Muitas práticas agronômicas modificam as características litológicas, e por conseguinte modificam o balanço morfogênese/pedogênese e o ciclo

hidrológico. São estas: desempedramento dos campos, subsolagem, desmatelamento de camadas impermeáveis as raízes, fragmentação de rochas por meio de explosivos, arado.

2- A modificação dos elementos dos declives interfere diretamente na morfodinâmica. Estas práticas foram desenvolvidas a longa data por camponeses e engenheiros de grande parte do planeta. São estas: construção de muros de arrimo, terraços de culturas, valas, canais, barragens, aterros, terraplenagens, entre outros.

3- Já algumas práticas agrícolas tem por finalidade modificar o comportamento do solo em face a alguns processos: culturas em curva de nível para reter as águas pluviais e impedir o escoamento, gradagem e destorramento das terras nuas após as chuvas para destruir a crosta compacta. São práticas que auxiliam na conservação do solo. Por outro lado, outras práticas tem um potencial degradador reforçando o papel da morfogênese na ecodinâmica. São eles: compactação do solo pelo uso de maquinário pesado que impermeabilizam o solo contribuindo com a erosão e impedindo os processos formadores de solos; o arrasto de madeiras que raspa o solo e arranca o sub-bosque; entre outros.

4- As biocenoses afetando a morfodinâmica (morfogênese, pedogênese e regime hídrico). Neste sentido, o autor coloca pontos levantados anteriormente: modificação do regime térmico e hídrico da superfície do solo pela cobertura vegetal; rugosidade promovida pelas superfícies das copas contribuindo para minimizar os efeitos dos ventos e das chuvas na morfodinâmica; extração de água do solo pelas raízes das plantas; revolvimento do solo pelas raízes e animais que escavam; impermeabilização pelo pisoteio dos animais.

5- Alguns atributos do solo influenciam diretamente a morfodinâmica, são eles: porosidade, que comanda a percolação da água; estabilidade estrutural que está diretamente ligada a intensidade de erosão pluvial. Da mesma forma, como ressaltado no ponto anterior, os seres vivos interferem de forma determinante nas características do solo (fornecimento de matéria orgânica, trabalho das raízes etc).

6- Neste ponto vê-se a retroação que a morfodinâmica produz nas biocenoses, interferindo no desenvolvimento dos seres vivos. Um solo degradado prejudica e dificulta o crescimento de novas espécies vegetais e animais, desta forma afetando toda a cadeia trófica, que por sua vez afeta a

morfodinâmica, e assim por diante. Vale ressaltar que em se tratando de obras que causam impactos a natureza torna-se fundamental se ter uma visão complexa. Desta forma, pode-se prevenir-se de improvisações possibilitando uma inserção da sociedade de maneira harmônica na lógica dos ambientes.

7- Os processos morfodinâmicos também interferem na pedogênese impossibilitando a formação do solo seja pela constante dinâmica do relevo; seja pela ausência de cobertura vegetal, de matéria orgânica sobre o solo, de microorganismos que contribuem para a formação do solo etc.

8- Neste ponto o autor nos expõem como a morfodinâmica se relaciona com os recursos hídricos . Assim torna-se pertinente sua afirmação no sentido que a água se amolda a superfície sobre a qual flui carreando partículas ali existentes. Neste sentido nota-se um duplo aspecto deste fenômeno: o hidrológico; e o geomorfológico ligado aos processo morfogenéticos. Vele ressaltar que o mesmo vale para os regimes subterrâneos que alimentam fontes, contribuem para a pedogênese, participam das carstificações.

9- Segundo o autor há uma retroação entre os regimes hídricos e os manejos hidráulicos, e da morfodinâmica nos manejos hidráulicos. Por estar estreitamente relacionado com o manejo hidráulico, muitas vezes no processo de planejamento destas atividades, o fator hídrico torna-se muito evidenciado esquecendo-se de todos os sólidos que são carregados por este. Este sólidos, provenientes dos processos de morfogênese, influenciam diretamente o manejo hidráulico uma vez que alteram todo o sistemas através da decantação, alteração da concentração de sais, colmatagem dos depósitos das represas, etc.

10-Por outro lado o manejo hidráulico também nos apresenta uma retroação sobre os regimes hídricos. Por fazer parte deste complexo sistema, muitas vezes as alterações provocadas pelo manejo hidráulico provocam modificações imensuráveis. Não tem-se como precisar as alterações provocadas por grandes obras hidráulicas, uma vez que estas estão sutilmente interligadas a todo sistema ecodinâmica (fauna, flora, regime subterrâneo, morfogênese, pedogênese).

11-Ver item 9

12-Aqui o autor apresenta as relações entre o manejo hidráulico e a morfodinâmica. Nos expõe o exemplo que “um represamento influi no aprofundamento dos leitos (deposição aluvial), através de modificações do escoamento: concentração de água em um canal bem limitado, o que aumenta

a velocidade de escoamento, e portanto, a força incisória, permitindo a mobilização da matéria, no caso dos aprofundamentos” (TRICART, 1977, p.85).

Por fim destaca-se que o conceito de ecodinâmica possibilita uma visão esclarecedora acerca do meio ambiente de um ecossistema possuir uma lógica própria de funcionamento. Esta visão aponta para uma compreensão de como esta lógica atua nas interdependências de uma unidade ecodinâmica e nas características de modificabilidade deste meio. Ou seja, através deste conceito pode-se compreender as relações e a dinâmica de determinados espaços da natureza, e assim sendo, abre-se a possibilidade da formação de um conhecimento a respeito de formas mais sustentáveis do convívio sociedade-natureza. Em síntese, Jean Tricart nos expõem a lógica com que operam estes espaços. Estudar esta lógica é possibilitar o conhecimento dos limites e possibilidades destes espaços frente a ação humana, e mais, é possibilitar a reflexão sobre formas de nossas ações se acoplarem a estas dinâmicas naturais.

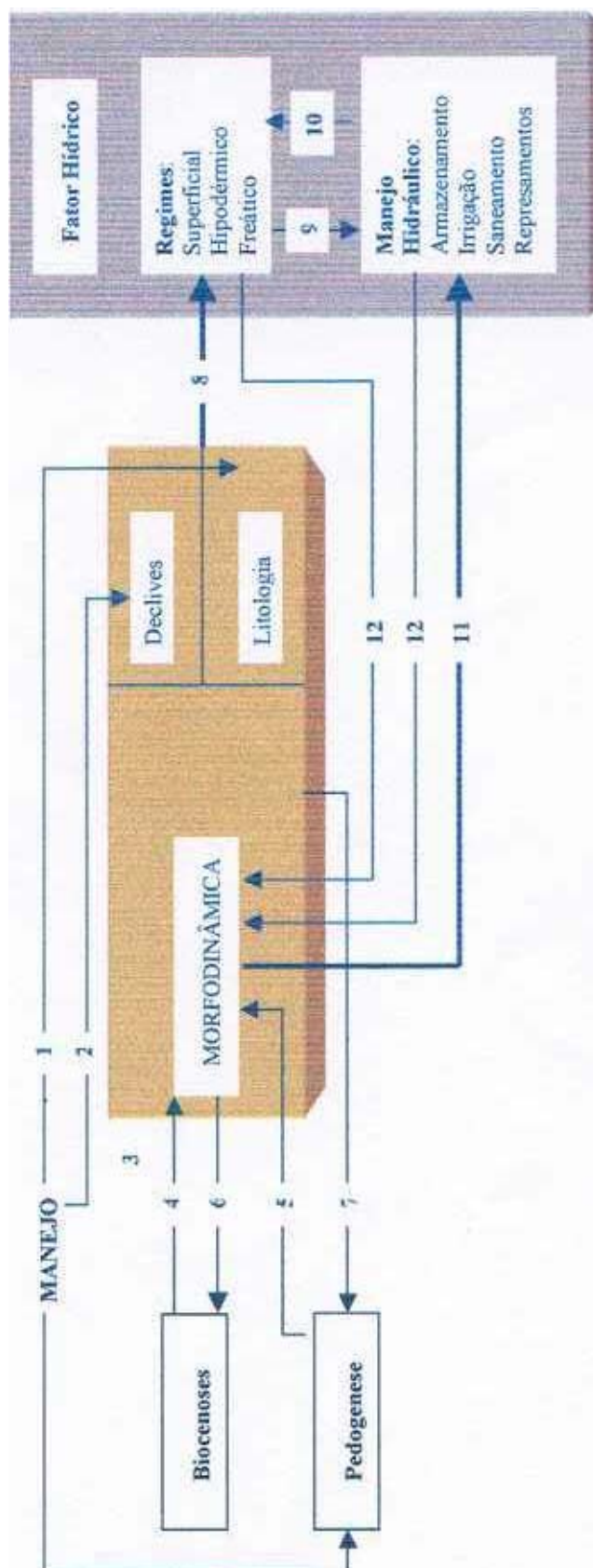


Figura 5 Técnicas de Manejo e processos morfodinâmicos
 Fonte: Tricart, 1977

2.2 Marco de Referência Metodológico

2.2.1 Sistema de informações geográficas (SIG)

A opção pela utilização de um SIG para a execução deste trabalho deriva do fato destes sistemas permitirem uma visão abrangente e integradora da realidade. Assim, a possibilidade de utilização de produtos de sensoriamento remoto associados a informações extraídas de mapas e um banco de dados alfanumérico, todas sobre uma base georreferenciada, favorece a uma visão abarcante, de contexto e uma compreensão sistêmica da realidade.

Segundo Burrough (*apud* BUENO, 2000, p. 17) “um sistema de informações geográficas é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real”.

Um SIG pode ser definido segundo Star e Estes (1990) como “Um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, transformação, análise e reprodução de dados espaciais”.

Para Rosa & Brito (*apud* ROSSETO, 1998, p. 18), “um SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e reprodução”.

Burrough (*apud* ROSSETO, 1998) coloca os SIGs como sistemas onde os dados podem ser acessados, transformados e manipulados interativamente, servindo como uma base de testes no estudo dos processos ambientais, para análise de tendências, ou para antecipar possíveis resultados de decisões de planejamento, de encontro a esta questão a mesma autora nos coloca os SIGs como sistemas capazes de representar um modelo do mundo real.

Vale ressaltar que, conforme figura 6, os SIGs derivam do relacionamento entre os sistemas CAD (*Computer-Aided Design*), sistemas de cartografia computadorizada, gerência de banco de dados e da possibilidade de utilização dos produtos de sensoriamento remoto em meios computacionais. Assim os SIGs permitem integrar numa única base de dados informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.

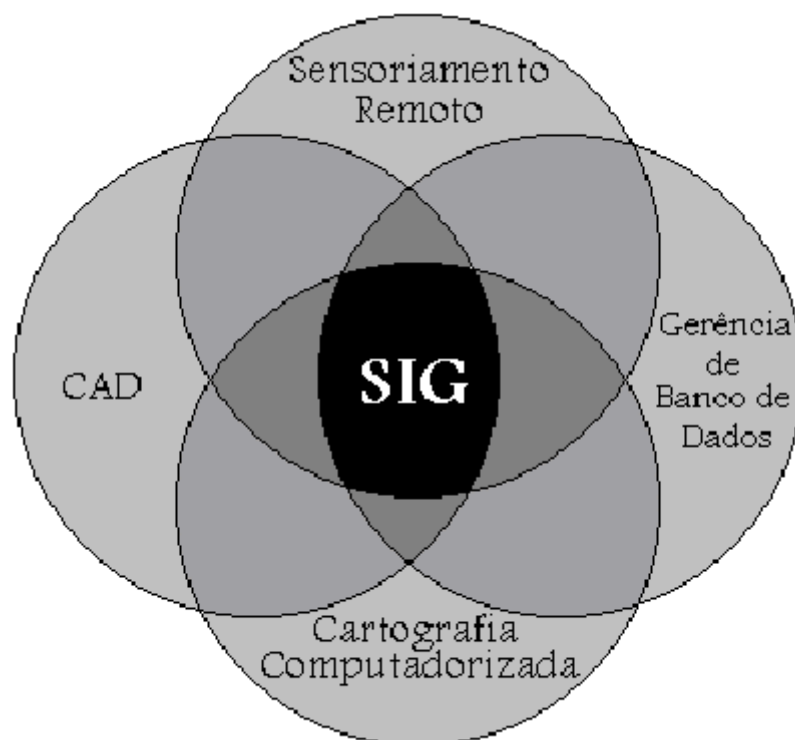


Figura 6: SIG e os sistemas que o geram

Segundo Star e Estes (1990) as etapas essenciais na elaboração de um SIG são cinco: aquisição de dados, pré-processamento, gerenciamento de dados, manipulação e análises, e geração de produtos.

Para estes autores (*op cit*) a aquisição de dados é o processo de identificação e agrupamento de dados requeridos para a futura aplicação; já a etapa de pré-processamento envolve a manipulação dos dados adquiridos para compatibilização com o *software* escolhido, esta etapa inclui a conversão de formato de dados e a identificação da localização dos objetos; o gerenciamento de dados permite uma fiel criação e acesso ao banco de dados; a manipulação e análise é o foco de atenção para os usuários destes sistemas pois é nesta etapa que se efetiva as análise por meio de operadores analíticos em cima do banco de dados existente; por fim a geração de produtos é a fase onde as saídas do sistema são geradas, esta saídas podem vir através de diversos mapas, relatórios estatísticos e vários tipos de gráficos.

Por outro lado, pode-se afirmar que a estrutura de um SIG é composta por entidades espaciais e não espaciais. As primeiras derivam de uma base topográfica e têm propriedades de localização, dimensionamento e formato. Estas são derivadas de pontos, linhas, polígonos e superfícies e são representadas utilizando formatos *raster* ou *vector*. As entidades não espaciais

descrevem os atributos das feições espaciais e podem ser nominais ou escalares (STAR e ESTES, 1990; BURROUGH, (*apud* ROSSETO, 1998)).

Sendo assim, conclui-se, de uma maneira simplista, que um sistema de informações geográficas é um instrumento que permite ao usuário relacionar um banco de dados alfa numérico com um banco de dados espaciais georreferenciado (imagens de sensores remotos, mapas digitalizados). Esta característica dos *softwares* de SIG os tornam uma poderosa ferramenta para planejamento, gestão e auxílio nos processos de tomada de decisão, esteja ele ligado ao setor público ou privado.

Segundo Rosseto (1998) a possibilidade de relacionar a informação com uma localização espacial específica, assim como permitir o monitoramento e possibilitar a formulação de diagnósticos e prognósticos são necessidades fundamentais da sociedade moderna. Complementa a mesma autora que o acesso ágil a informações são essenciais para a administração e para os processos de tomada de decisão dentro das organizações.

Neste sentido, os Sistemas de Informações Geográficas têm encontrado aplicações potenciais não somente nas tarefas de planejamento e gestão do território como também para defesa do território, gestão ambiental, inventários ambientais, estratégia comercial, gerenciamento político, gerenciamento de infra-estrutura dentre outras.

Segundo Bueno (2000) os sistemas de informação geográfica apresentam as seguintes características:

- Facilidade de recuperar informações, baseado em localizações específicas;
- Capacidade de integrar informações provenientes de fontes e formatos distintos;
- Disponibilidade de aplicativos gráficos para edição de mapas e geração de símbolos.

Destaca a mesma autora que dentre os principais objetivos dos SIGs cita-se:

- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite e modelos numéricos de terreno;

- Combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;
- Reproduzir, visualizar e plotar o conteúdo de base de dados geocodificados.

Assim, um sistema de informações geográficas permite ao usuário acesso a uma enorme gama de informações de maneira rápida, eficiente e segura. Vale ressaltar que o banco de dados deve ser de fonte confiável e atualizado periodicamente. Neste sentido, destaca-se que para que a utilização de um sistema de informações geográficas seja adequada e eficaz aos objetivos propostos, torna-se necessário um planejamento para definir: quais as necessidades primordiais, quem serão os usuários, qual o tipo de treinamento que os usuários necessitarão, qual o cronograma para desenvolvimento das atividades, os recursos financeiros disponíveis para cada etapa, dentre outros (ROSSETO, 1998). Desta forma, torna-se evidente que o somatório destes itens é de real valia para o sucesso de um SIG. Isto se dá pelo fato deste ser um processo que exige longo período para sua execução e familiarização dos envolvidos no processo. Logo, um planejamento pouco criterioso pode acarretar em problemas tanto de caráter financeiro como operacional.

Portanto, antes de se iniciar é preciso ter bem claro qual o objetivo que o sistema atenderá, onde encontrar dados confiáveis, optar por sistemas com melhor desempenho em imagens ou vetores, e assim por diante.

Neste sentido, torna-se importante ressaltar alguns cuidados necessários na elaboração de um SIG: definição clara dos objetivos, pré-planejamento, modelagem, confiabilidade nos dados, escolha do *software* adequado aos objetivos, familiarização e capacitação dos recursos humanos.

Assim, pode-se destacar que a escolha do *software* deve ter como eixo norteador os objetivos propostos no trabalho.

Para este trabalho, optou-se pelo SIG desenvolvido pelo INPE, *SPRING* versão 3.6.03, por entender que este produto é uma tecnologia produzida inteiramente no Brasil, de fácil manipulação, permitindo o acesso ao fabricante podendo-se, através de rápida comunicação, esclarecer dúvidas e contribuir para a melhora do produto.

Portanto, destaca-se que o SPRING é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais (<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues>).

Este *software* é um projeto do INPE/DPI (Divisão de Processamento de Imagens) e com a participação de outras organizações, a exemplo:

- EMBRAPA/CNPQIA- Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura.
- IBM Brasil - Centro Latino Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa.
- TECGRAF - PUC Rio - Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio.
- PETROBRÁS/CENPES - Centro de Pesquisas "Leopoldo Miguez".

Por último, vale ressaltar que os objetivos do projeto SPRING são:

- Construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional.
- Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado.
- Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais.
- Ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

2.2.2 Sensoriamento Remoto

Desde a era que antecederia a invenção da escrita o homem já se preocupava em registrar suas observações acerca do ambiente ao qual ele ocupava. Isto fica evidente quando observa-se os registros deixados em cavernas ou rochas. Assim, ao longo dos anos as técnicas de registro do mundo observado se aperfeiçoaram. Da pintura retratista, que ganhou grande impulso com advento da perspectiva no Renascimento (século XV), passando

pelos registros dos naturalistas que visitaram o Novo Mundo (Séculos XVI e XVII), até a invenção da fotografia no século XIX o homem veio evoluindo de maneira exponencial a forma de transmitir o que era visto.

Porém, não havia ainda uma forma de registrar o que era observado, a não ser através de desenhos. Assim, a partir dos rabiscos rudimentares do tempo das cavernas, o homem foi gradativamente evoluindo suas técnicas de desenho e, através delas, registrando o meio ambiente em que vivia. O naturalista Saint Hilaire ao percorrer o Brasil, registrou pássaros, árvores, plantas e paisagens através de desenhos (<http://www.ltid.inpe.br/selper/image/caderno2/cad1.htm>).

Neste sentido cabe destacar que a fotografia necessitou de um arcabouço teórico a respeito da teoria da luz e óptica que aponta para uma revolução nas técnicas, tecnologias e disseminação de informações acerca do mundo visível. Com o aperfeiçoamento da fotografia o ser humano colocou-se na aventura de registrar a Terra de forma a fornecer cada vez mais uma visão do todo. Dos balões, passando pelas missões militares até os satélites o homem ampliou gradativamente as fronteiras que seus olhos conseguiam enxergar.

Os primórdios da Aerofotogrametria datam da segunda metade do século passado, concomitantemente com o próprio desenvolvimento da fotografia. De 1857, quando se obtiveram as principais fotografias aéreas a partir de balões, até nossos dias, verificou-se um grande avanço nas técnicas de sensoriamento remoto, principalmente como subproduto de pesquisas com fins militares (GARCIA, 1982, p. 15).

Foi uma longa jornada empírico-científica, desde a era que antecede a invenção da escrita até a fotografia e os satélites, para chegar-se a criação do conceito de sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto pode ser definido de uma maneira ampla como a detecção da natureza de um objeto sem que haja contato físico, em que aviões e satélites são as plataformas mais comuns (GARCIA, 1982, p. 23).

O sensoriamento remoto pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de se obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como por exemplo o Radar. (Rosa, 1990, p. 11).

Sensoriamento Remoto é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto com eles. Os sensores seria os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, converte-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo de forma adequada “a extração de informações (NOVO, 1995, p. 1).

Assim, o sensoriamento remoto atualmente possui uma séria de tecnologias (sistemas sensores) e técnicas para aquisição de dados. Conforme figura 7, segundo Novo (p. 52, 1995) os sistemas sensores podem ser classificados pelo tipo de fonte de energia utilizada (sensores passivos e ativos); pela região do espectro eletromagnético que operam (região óptica e sensores microondas); e pelo tipo de transformação sofrida pela radiação detectada (sistemas imageadores e não-imageadores). Vale ressaltar que cada sistema sensor possui uma característica que lhe é peculiar. Desta forma, os sistemas sensores apresentam vantagens e limitações para cada uso específico (NOVO, p.93, 1995).

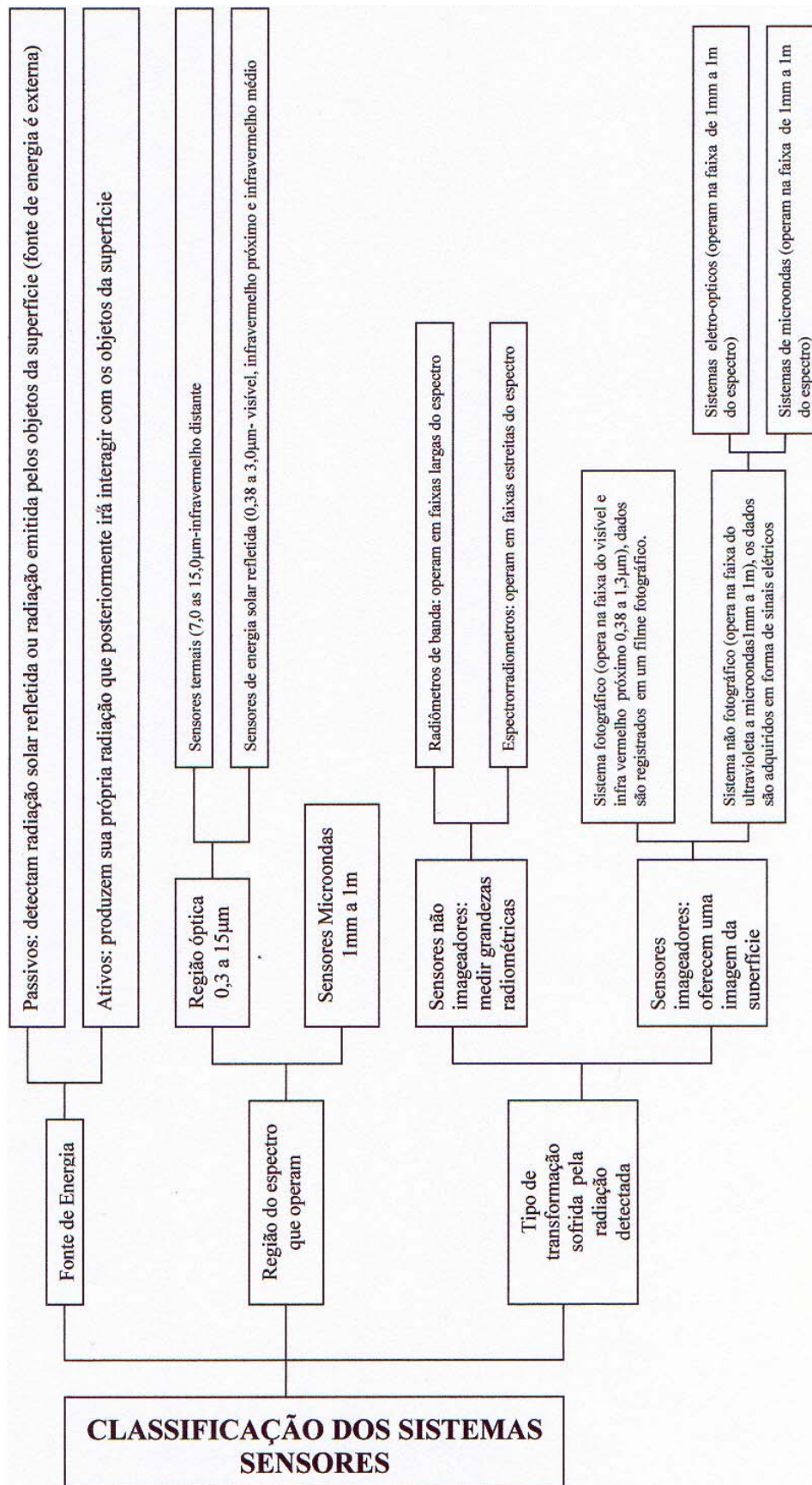


Figura 7: Classificação dos Sistemas Sensores
Fonte: Novo, 1995

Para atingir os fins do presente trabalho o foco estará na utilização de sistemas sensores imageadores, passivos e que atuam na região óptica do espectro eletromagnético (fotografias aéreas e imagens de satélites). Segundo Câmara (*apud* BUENO, 2000) as fotografias aéreas possuem como funções principais: servir como componente gráfico, como por exemplo, fundo sobre o qual outras informações serão apresentadas; como fontes de dados para atualização e criação de novos mapas; servindo de controle de qualidade de dados existentes. Santos (*apud* BUENO, 2000) expõe um ponto fundamental a respeito da utilização de câmeras comuns em sensoriamento remoto.

As fotografias aéreas obtidas com câmeras comuns apresentam a vantagem de permitir a obtenção simples e rápida de informações sobre pequenas áreas. Estas imagens proporcionam a identificação do que realmente se encontra na região a um custo baixo, bastando a câmera e um veículo, que pode ser um ultraleve ou um helicóptero.

Segundo Bueno (2000, p. 22) a utilização de fotografias coloridas neste tipo de levantamento não repercute acréscimos significativos nos custos. Aponta ainda a autora *op cit* que a utilização destas técnicas para a obtenção de dados de sensoriamento remoto pode ser adotada com diferentes fins: atualização de bases cartográficas executadas por meios convencionais; revisão e atualização de mapas; estudos detalhados em pequenas áreas; fiscalização ambiental; verificação de ocupação irregular; identificação de construções, cercas, vegetação; e outros. No entanto torna-se imperioso constatar que mesmo fotos alternativas não devem ser tiradas sem cuidados para que se obtenha bons resultados (SANTOS *apud* BUENO, 2000, p. 22).

Segundo Novo (1995, p. 94) as imagens de satélite possuem a vantagem de operarem em uma ampla faixa do espectro eletromagnético, inclusive em faixas fora do visível (infra-vermelho próximo e infra-vermelho-médio na faixa do espectro refletivo; e infra-vermelho distante na faixa do espectro emissivo ou termal). Soma-se a isto o fato destes sistemas possuírem mecanismos de aquisição de dados em forma de sinais elétricos passíveis de serem transmitidos a distância e possibilitando a análise por meio de processos digitais (NOVO, 1995, p. 94).

Segundo Garcia (1982), Rosa (1990), Novo (1995) e Bueno (2000) é ampla a utilização do sensoriamento remoto em geomorfologia, geologia, pedologia, vegetação, agricultura, recursos hídricos, uso do solo, entre outros.

Enfatizando as questões de uso e ocupação do território, segundo Estes apud Bueno (2000), o sensoriamento remoto por meio de satélites é uma técnica utilizada para acompanhamento da capacidade de uso do solo de um modo seguro e rápido.

Allan (apud ROSSETO (1998)) levanta a questão da periodicidade com que obtém-se informações provenientes do sensoriamento remoto e destaca a segurança, economia e rapidez na obtenção de resultados.

Indo de encontro a este autor Vieira *et al* (1990) expõem que o monitoramento da expansão urbana necessita de instrumentos ágeis na obtenção de informações sobre a sua realidade, apontando que as técnicas de sensoriamento remoto são instrumentos que possibilitam a execução deste monitoramento.

Já Crepani *et al* (2000) expõem que a utilização das imagens de satélite para o Zoneamento Ecológico Econômico traz consigo a possibilidade de utilizar todo o potencial disponível no sensoriamento remoto e nos sistemas de informações geográficas, além de desenvolver uma metodologia perfeitamente aplicável a novos produtos orbitais que estarão disponíveis no futuro.

Para Bueno (2000, p. 23), o uso de imagens de sensoriamento remoto permite um estudo uniforme da região, mesmo em locais de difícil acesso. Destaca a mesma autora que o uso de imagens de sensoriamento remoto tem se tornado mais acessível devido ao grande avanço tecnológico dos equipamentos para obtenção e análise de imagens da superfície da Terra.

Como conseqüência um número crescente de países e consórcios internacionais vem se envolvendo em programas espaciais voltados ao lançamento e operação de satélites de levantamento e monitoramento da natureza. Paralelamente avança também as tecnologias de geoprocessamento, os SIGs atualmente já estão sendo implantados em microcomputadores (*personal computers*).

Devido a sua rapidez, eficiência e periodicidade as imagens de sensoriamento remoto passam a representar uma das formas mais viáveis de monitoramento ambiental, tanto em escalas locais como em globais. Assim, a partir do uso de imagens de sensoriamento remoto, pode-se obter a baixo custo um conjunto de dados de confiabilidade garantida, reduzindo a necessidade dos trabalhos em campo e fornecendo informações adicionais aos trabalhos de planejamento e gestão do território.

2.3 Marco de Referência Empírico

2.3.1 O Município de Urubici

O município de Urubici, localizado na Serra Catarinense, destaca-se devido a forma como ocorreu sua colonização. Este Município exibe uma população estimada pelo censo 2000 IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 10.252 habitantes, distribuídos em 5.623 habitantes na área urbana e 4.629 na área rural, num total de 1.007 km². Com uma diversidade étnica notável, explicitada por culturas de diversas origens distribuídas por toda sua área. Isto torna-se latente quando observa-se a diversidade de religiões, tipologias arquitetônicas, festas, lendas e registros deixados pelas populações passadas (sítios arqueológicos).

Vale a reflexão que este fato nos remete à relação entre sua posição geográfica e a origem de sua ocupação. Primeiramente, observa-se uma ocupação indígena que deixou seus registros nos diversos sítios arqueológicos do Município. Posteriormente, constata-se a presença da cultura campeira relacionada ao tropeirismo que estabeleceu rotas para o deslocamento de gados à região das minas (Caminho dos Conventos). Num terceiro momento sua colonização intensificou com famílias de procedência européia (italianos, alemães, letos, dentre outros) que não se adaptaram nas regiões do pé da serra (Aiurê, Grão Pará, Orleans, Urussanga, Rio Fortuna).

Embora tenha conservado esta diversidade cultural, vê-se que esta deriva do fato dos núcleo familiares buscarem locais específicos para se fixarem, o que implicou na configuração de um território ocupado por culturas desconectadas e de confronto com a cultura indígena já existente. Como resultado, estes grupos étnicos desenvolveram-se por meio de uma relação de exclusão com os outros grupos na tentativa de garantir a sobrevivência de suas famílias. Com isso, pode-se observar diversas culturas fechadas nos seus costumes de origem (religião, técnicas de construção e produção, festas, crenças e lendas) e não acopladas umas as outras.

Uma constante observada no Município é a força da organização familiar, isto fica latente quando observado o forte orgulho vindo da ação desbravadora de seus antepassados e de suas origens culturais. Tendo este fato em mente reflete-se: estas famílias ao desbravarem este espaço localizando-se em regiões distantes de outros grupos e expostas as emergências do novo ambiente, tinham de garantir sua sobrevivência frente as

adversidades climáticas e ao confronto assumido com os índios. Fizeram isto fechando-se em seus núcleos familiares. Por outro lado, devido ao não reconhecimento de sua legitimidade, os índios tiveram que se proteger da ocupação dos colonos imposta pela constante ação dos *bugreiros* (caçadores de índios).

O que observa-se como implicação desta forma de se (não)relacionar foi a falta de uma identidade cultural que caracterize o Município como um todo. O que vê-se são culturas de origens diversas que não se relacionaram permanecendo ÍTALO-brasileiras, TEUTO-brasileiras, LETO-brasileiras, LUSO-brasileiras e não somente BRASILEIRAS, ou melhor, URUBICIENSE.

O desconhecimento com relação aos povos nativos (índios) e o poder da pólvora imposto pelos *bugreiros* também colaborou com este fato. Neste sentido, observa-se que nesta realidade somente este povos desenvolveram uma cultura realmente autóctone, inteiramente acoplada ao ambiente, de observação e estreito relacionamento com o meio. Isto nos remete ao fato que devido a negação ao reconhecimento da cultura indígena este povo teve como legado um presente marcado por conflitos ambientais, motivados pelo desconhecimento do ambiente ocupado. Infelizmente, a lógica que imperou em nossa política de colonização foi somente a econômica, não a social, cultural, ecológica, ... etc.

Por outro lado, pode-se afirmar que no tocante a escolha da área recorte para execução desta pesquisa foi feita com base nos seguintes critérios: hidrológico, geomorfológico, ecológico, conflitos atuais de uso e ocupação do solo.

Em relação ao critério hidrológico, Urubici abriga inúmeras nascentes de suas duas redes hidrográficas. Estas estão representadas pelo alto curso dos rios Canoas e Lava-Tudo maior afluente do rio Pelotas em território catarinense. Vale ressaltar que as nascentes do rio Pelotas encontram-se no Município de Bom Jardim da Serra no limite com o Município em estudo, cabendo a estes Municípios a busca de ações conjuntas que estimulem sua conservação.

Outro fato de real valia é, como aponta o Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina, o rio Pelotas e Canoas são formadores da região hidrográfica do Planalto de Lages, cuja área de drenagem é de 22.808 Km², correspondendo, aproximadamente, 23% do

território deste Estado (SDM 1998, p. 26). Estes dois rios ao se unirem dão origem ao rio Uruguai, responsável pela drenagem de, aproximadamente, 63% das águas catarinenses. Já no que se refere aos aquíferos subterrâneos, este Município é umas das áreas de recarga direta do Aquífero Guarani em território do Estado. Desta forma, ressalta-se a importância que esta área assume no que se refere a conservação dos recursos hídricos.

Com relação a geomorfologia do Município pode-se dizer que este caracteriza-se por ser uma região montanhosa. Isto devido aos altos valores para as amplitudes altimétricas e encostas suficientemente íngremes que verificadas no Município. Segundo Tricart (1977) estes são fatores que podem caracterizar meios fortemente instáveis.

Estes meios podem acentuar retroações positivas susceptíveis de provocar uma verdadeira euforia nos processo de degradação. Em tais regiões a restauração é tão difícil que torna-se imperioso tomar medidas de conservação muito estritas para impedir a degradação (TRICART, 1977, p.56).

No critério ecológico, tem-se que a floresta excessivamente densa apresenta um papel fundamental para impor uma maior estabilidade a estes locais. Este atributo é de extrema valia no momento em que influi diretamente: no regime hídrico; na resistência a processos erosivos; na fertilidade do solo; e na proteção do solo contra ações eólicas. Neste município ainda encontra-se alguns remanescentes da *Floresta Ombrófila Mista*. Esta floresta tem como símbolo máximo a jurássica *Araucária angustifolia*, espécie de conífera endêmica desse ecossistema e que carrega boa parte da história de nosso planeta consigo. Soma-se a isto o endemismo de algumas espécies da mata nebulosa e áreas de campos de altitude conferem uma posição delicada em se tratando de uso e ocupação do território e conservação da natureza.

Vale ressaltar que Urubici conta com o único parque nacional em território catarinense. O Parque Nacional São Joaquim abrange quatro municípios (Urubici, Bom Jardim da Serra, Orleans e Grão Pará) e conta com aproximadamente 49.000 hectares de área destinada à conservação. Por outro lado, a situação fundiária deste não está regulamentada gerando uma série de conflitos entre os proprietários e a instituição gestora. Situação que perdura os seus 40 anos de existência.

Assim, adverte-se que os conflitos instalados no Município não são somente no que se refere ao parque nacional. Soma-se a estes conflitos referentes ao uso e ocupação do território; a agricultura assentada nas culturas anuais (hortaliças) com base na ampla utilização de insumos químicos; os desmatamentos para plantio de árvores de crescimento rápido (a exemplo de *Pinus eliotti*); a ocupação da mata ciliar pela atividade agropecuária; a caça e extrativismo executados indiscriminadamente; a carência nos serviços de saneamento básico; e por fim, o rápido crescimento da atividade turística. Estes são fatores que, juntos, geram um quadro delicado para o planejamento e gestão de seu território.

Diante do exposto, o presente trabalho oferece uma contribuição no sentido de subsidiar políticas (nacionais, estaduais, municipais) através do reconhecimento das vulnerabilidades do ambiente frente à ação humana. Acredita-se que estes são fundamentais à aplicação de políticas públicas que visem o desenvolvimento sustentável. Vale ressaltar que para a construção de uma sociedade sustentável, indispensável à cidade sustentável, deve-se passar obrigatoriamente por um processo de construção de uma identidade cultural relacionada com a natureza dos ecossistemas. Neste sentido, Silva (1992) trata a deficiência filosófica, a qual soma-se a epistemológica e política, como uma das realidades que caracterizam o conflito sócio ambiental na América Latina. Segundo Silva (1992, p. 19) “*La deficiencia filosófica trata de la ausencia de una identidad cultural con la naturaleza de los ecosistemas ocupados. Esta identidad sería la base para la construcción de un proyecto de modernidad sustentable.*”

Vale expor que o presente trabalho terá como foco o Município de Urubici, uma vez que é atribuída a esta unidade territorial a responsabilidade de aplicação da política urbana. Esta por sua vez tem o plano diretor como instrumento para regulação do uso e ocupação do território. Assim, vale ressaltar que em nenhum momento pretende-se perder de vista as outras dimensões territoriais presentes nesta realidade (os ecossistemas e a bacia hidrográfica). No que se refere a incumbência por parte dos municípios da elaboração e execução da política urbana, Leme Machado (2001, p. 171) aponta que se a elaboração dos planos de zoneamento e a sua revisão não forem obrigatórias para os municípios, os interesses ambientais continuarão sem a devida importância. Desta forma, sofrendo improvisações e ocorrendo

manifestações de atitudes precipitadas de muitos administradores, causando maior ônus ambientais, sociais e financeiro aos municípios.

2.3.2 A Bacia Hidrográfica do Rio Urubici

A bacia hidrográfica do Rio Urubici localiza-se na porção centro sul do município de mesmo nome, conforme mostra figura 8 e figura 9. Com uma área aproximada de 131 km², esta apresentando algumas características notáveis que motivaram na sua escolha para execução da pesquisa.

Neste sentido, destaca-se a existência de uma alta concentração de sítios arqueológicos que comprovam a ocupação humana pelo povos da terra. Posteriormente, a ocupação por colonizadores ligados a criação de gado no planalto é constatada através da fundação da vila e posteriormente o município de Urubici. Esta bacia hidrografia abriga a área que envolve o perímetro urbano do município.

Do ponto de vistas dos critérios norteadores para a escolha do local para execução da pesquisa, hidrológico, geomorfológico, ecológico, conflitos atuais de uso e ocupação do solo, área escolhida em comparação com o município apresenta uma boa representatividade em todos estes.

No que se refere a ecologia local, percebe-se uma extensa área de florestas ainda bem preservadas. Estas áreas coincidem com as áreas onde foram encontrados os mais altos valores de declividade e entorno do Parque Nacional de São Joaquim. Este fato nos remete à necessidade de incorporara medidas de conservação destes espaços tendo em vista: estarem no entorno de uma unidade de conservação; a fragilidade dada as características do solo e topográficas que induzem a perda de solo e todos os processos decorrentes dela, a presença de remanescentes desta floresta e a presença de áreas de recarga direta do Aqüífero Guarani.

Em relação ao critério hidrológico, a bacia do Rio Urubici é a maior sub bacia hidrográfica do Rio Canoas em território urubiciense, fato este que permite uma boa representatividade nas informações obtidas. Outro aspecto de real valia, se refere aos aqüíferos subterrâneos, esta bacia hidrográfica também abriga áreas de recarga direta do Aqüífero Guarani expressas pelas formações de arenito Botucatu encontradas am toda bacia (Figura 10, Figura 11). Desta forma, ressalta-se a importância que esta área assume no que se refere a conservação dos recursos hídricos.

Com relação a geomorfologia da bacia pode-se dizer que esta caracteriza-se por ser uma região muito acidentada e de vales muito encaixados na topografia (Figura 12). Constata-se isto devido aos valores altos de amplitudes altimétricas (884 metros na foz a 1790 metros em seu ponto culminante), de densidade de drenagem e encostas suficientemente íngremes características de meios fortemente instáveis.

Localização da Área de Estudo

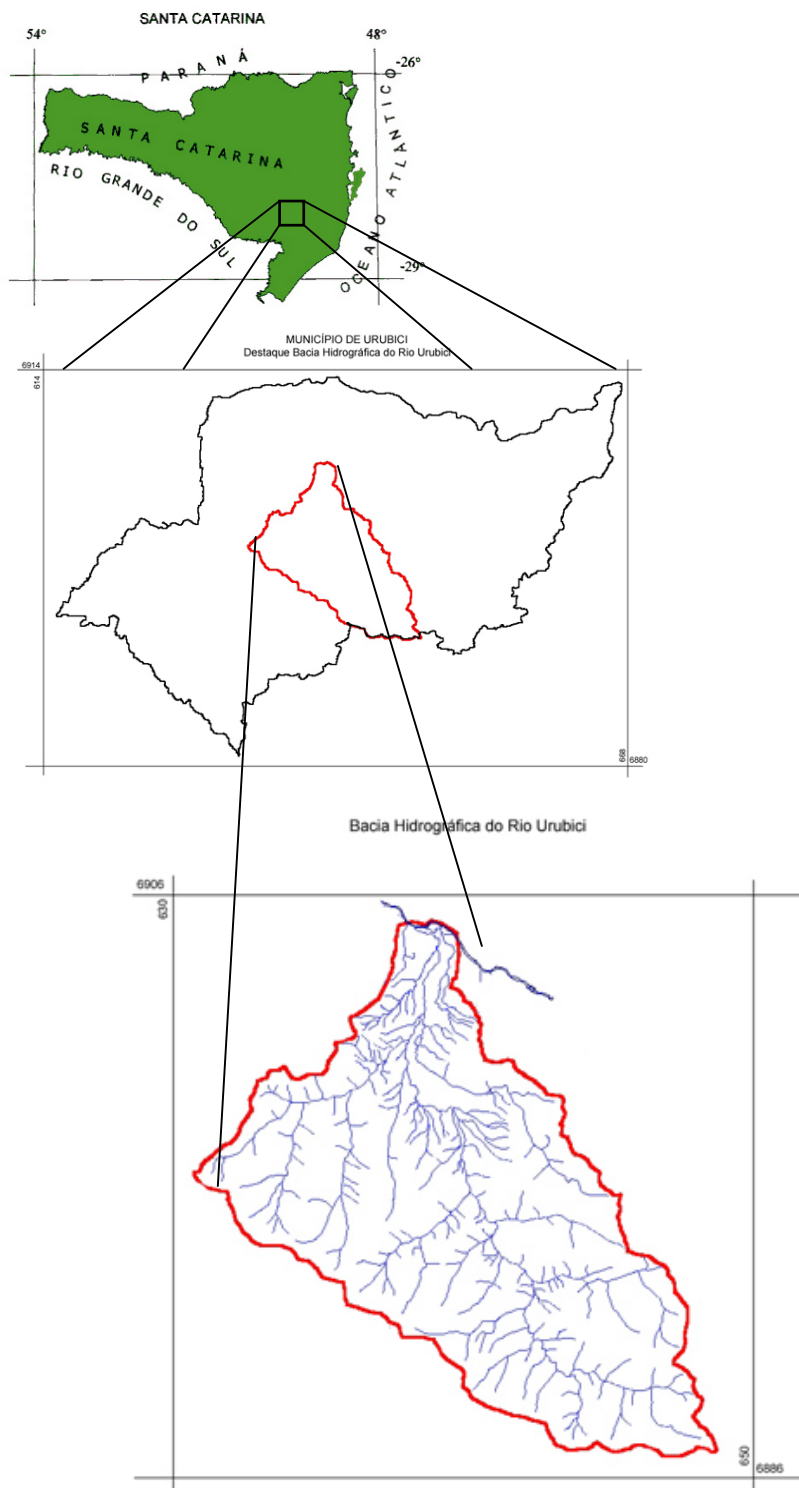


Figura 8: Localização da Área de Estudo



Figura 9: Vista panorâmica de trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Urubici.



Figura 10: Formações de arenito encontradas na região.



Figura 11: Rio Urubici passando entre paredões de arenito, zona de recarga direta do aquífero Guarani.



Figura 12: Pequena lavoura abandonada no vale encaixado do rio Urubici, ao fundo Floresta Ombrófila Mista e paredão de arenito.

No critério ecológico, pode-se constatar que esta bacia apresenta alguns remanescentes da *Floresta Ombrófila Mista* (Figura 13, 14 e 15) e áreas de campos de altitude conferem uma posição delicada em se tratando de uso e ocupação do território e conservação da natureza.



Figura 13: Floresta Ombrófila Mista, a Mata das Araucárias em estágios avançados de regeneração



Figura 14: Interior da Mata das Araucárias e os vários estratos que compõem esta floresta.



Figura 15: Áreas de campos característicos da região de Urubici, Bacia Hidrográfica do Rio Lava-Tudo.

Vale ressaltar que a bacia do Rio Urubici abriga parte do Parque Nacional São Joaquim, trazendo consigo à 42 anos os conflitos relativos a falta de regularização da situação fundiária. Os conflitos que estão instalados nesta bacia hidrográfica, como no município, não são somente no que se refere ao parque nacional. Soma-se a este conflitos referentes ao uso e ocupação do território; a agricultura assentada nas culturas anuais (hortaliças) com base na ampla utilização de insumos químicos; os desmatamentos para plantio de árvores de crescimento rápido (a exemplo de *Pinus eliotti*); a ocupação da mata ciliar pela atividade agropecuária; a caça e extrativismo executados indiscriminadamente; a carência nos serviços de saneamento básico; e por fim,

o rápido crescimento da atividade turística gerando um quadro delicado para o planejamento e gestão de seu território.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos para determinação de unidades ecodinâmicas como forma de subsidiar o planejamento e gestão do território do município de Urubici tendo como estudo a bacia hidrográfica do Rio Urubici obedece diferentes etapas de trabalho conforme mostra a figura 16.

3.1 Materiais utilizados

- Base cartográfica em formato digital, na escala 1 : 50 000, folha Urubici, SH-22-X-A-III-2, IBGE (1976);
- Base cartográfica em formato analógica, na escala 1 : 50 000, folha Águas Brancas, SG-22-Z-C-IV-4, IBGE (1980);
- Mapa de Solos do Estado de Santa Catarina em formato analógico, na escala 1:250 000, Embrapa (2002)
- Imagem Landsat TM 7, bandas 3, 4, 5, órbita/ponto 220/79, formato digital, passagem julho de 2000;
- *Software* de geoprocessamento Spring 3.6.03 para *Windows* 98;
- *Software* de geoprocessamento *Achview* 3.2 para *Windows* 98;
- *Software* de mapeamento *Surfer* 6.01 para *Windows* 98;
- Processador *Pentium* III, 650 MHz, 320 MB de RAM, HD com capacidade de 20 GB e periféricos;
- Ploter de pena A0.

3.2 Definição de critérios interpretativos dos produtos de sensoriamento remoto e dados existentes

Para o presente estudo, optou-se pela a interpretação visual de imagem multiespectral do satélite Landsat, sensor *Tematic Mapper* 7, bandas 3, 4, 5, formato digital, com baixo ângulo de elevação solar, passagem no inverno pelo fato de ser o período mais seco, portanto com menos cobertura de nuvens e atendendo as condições ideais para a interpretação de elementos texturais e radiométricas do relevo e uso do solo.

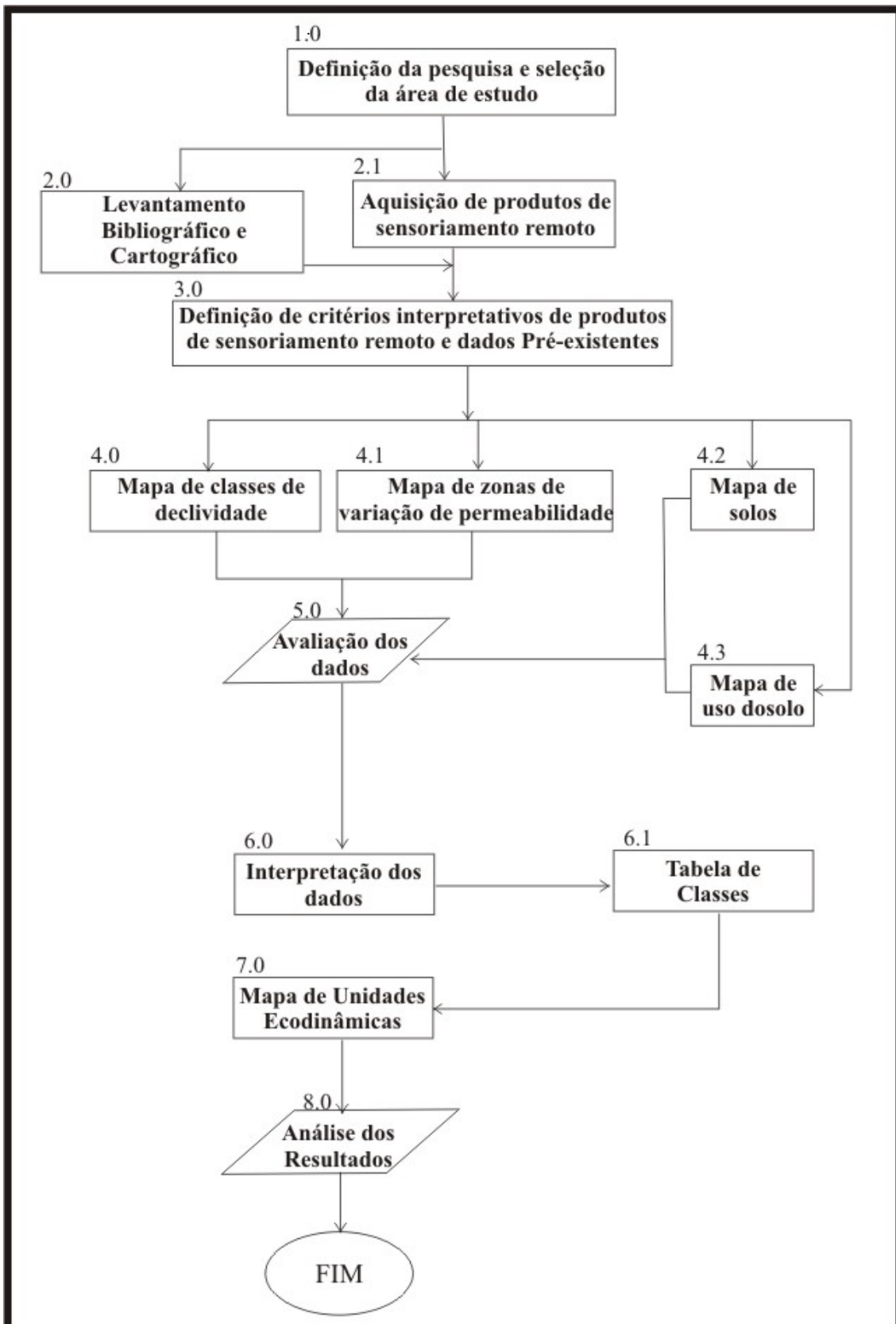


Figura 16: Fluxograma de Trabalho

3.2.1 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo as características da declividade

O termo declividade significa a inclinação do relevo em relação ao horizonte. Segundo Crepani *et al* (2000), este item está diretamente relacionado com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética pela água. Vele ressaltar que quanto maior for a declividade maior será a velocidade de transformação de sua energia potencial em cinética e maior será a velocidade de escoamento superficial responsável pela erosão. Ou seja, quanto maior a declividade maior será a instabilidade da unidade ecodinâmica (tabela 1).

Com relação as classes de declividade torna-se válido destacar a atuação: da força da gravidade e do coeficiente de atrito. Segundo Crepani *et al* (2000) a força da gravidade adiciona uma componente descendente aos movimentos produzidos por outras forças, fato este que elucida o movimento descendente de encostas. No que se refere ao coeficiente de atrito, elucida os autores (*op cit*) que este deriva da relação entre a componente da força de gravidade que atua ao longo da encosta e perpendicularmente a esta. Portanto, o coeficiente de atrito de uma partícula em movimento ao longo de uma encosta é igual a tangente do ângulo de inclinação desta.

Vale ressaltar que, segundo Crepani *et al* (2000) poucos materiais possuem coeficiente de atrito superior a 1, portanto as partículas rochosas separadas pelo intemperismo dificilmente serão retidas em encostas com ângulo de inclinação superior a 45° (tangente de $45^\circ=1$).

Por outro lado, se considerada a ação de massas de água em movimento diminui ainda mais o ângulo máximo de inclinação das encostas vulneráveis a morfogênese. Segundo os autores acima citado o ângulo máximo considerado na escala de valores de vulnerabilidade é 27° , ou seja situação em que a tangente do ângulo é de 0,51, ou em termos de porcentagem, aproximadamente 50%.

Tabela 1 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

Classes Morfométricas	Declividade (%)	Valores de vulnerabilidade
Muito Baixa	< 2	1,0
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 –20	2,0
Alta	20 - 50	2,5
Muito Alta	> 50	3,0

Fonte: Crepani *et al* (2000)

Também torna-se válido ressaltar que a declividade é um tema determinante tratando-se de dinâmica do ambiente de um ecossistema. Como já mencionado anteriormente, a declividade atua diretamente na velocidade de transformação da energia potencial da água em energia cinética.

Quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética e maior é, também, a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pela a erosão que esculpe as formas de relevo e, portanto, pela morfogênese (CREPANI *et al*, 2000).

Outro aspecto de real valia referente ao tema declividade é a questão levantada por Tricart referente a instabilidade dos ambientes. Segundo este autor:

as deformações tectônicas comandam todos os processos nos quais intervém a gravidade, favorecendo a dissecação das áreas elevadas, com incisão dos cursos d'água e crescimento correlato dos declives das encostas. **Mesmo sob floresta densa, as encostas suficientemente íngremes tornam-se instáveis** (TRICART, 1977).

Levando em consideração a importância que a declividade assume influenciando diretamente na estabilidade/instabilidade da unidade, fato este que levou dar um peso maior a este tema.

3.2.2 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo densidade de drenagem

Segundo Crepani *et al* (2000) a intensidade de dissecação do relevo está estreitamente ligada a permeabilidade do solo e da rocha. Sendo assim, sabe-se que solos e rochas impermeáveis dificultam a infiltração aumentando a quantidade de água na superfície do solo o que implica num maior número de canais de drenagem. Isto irá repercutir no aumento da disponibilidade de energia potencial para o escoamento superficial, desta forma aumentando a capacidade erosiva, e conseqüentemente a vulnerabilidade a morfogênese.

Neste sentido ressaltam os mesmos autores que a intensidade de dissecação pela drenagem pode ser detectada pela densidade de drenagem (número de canais por unidade de área). Assim, destaca-se que quanto maior for a densidade de drenagem maior será o valor atribuído a vulnerabilidade a morfogênese.

Do ponto de vista da ecodinâmica :

- **Unidades estáveis:** áreas com densidade de drenagem nula, caracterizam solos com boa permeabilidade ;
- **Unidade moderadamente estáveis:** áreas com densidade de drenagem pouco densas, caracterizam solos com moderada permeabilidade;
- **Unidade medianamente estáveis/instáveis:** áreas com densidade de drenagem moderadamente densas, caracterizam solos com pouca permeabilidade;
- **Unidade moderadamente instáveis:** áreas com densidade de drenagem alta, caracterizam solos com baixa permeabilidade;
- **Unidades instáveis:** áreas com densidade de drenagem muito alta, caracterizam solos com baixíssima permeabilidade;

3.2.3 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo solos

De acordo com Embrapa (1999)

O solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos por parte sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formado por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza, onde ocorrem.

Neste sentido segundo alguns autores, para se estabelecer graus de vulnerabilidade a morfogênese do tema solo utiliza-se como critério o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo.

Uma unidade de paisagem natural é considerada *estável* quando os eventos naturais que nela ocorrem favorecem os processos de pedogênese, isto é, o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo, nestes ambientes encontramos solos bastante desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos (CREPANI *et al*, 2000).

Por outro lado:

Uma unidade de paisagem natural é considerada *vulnerável* quando prevalecem os processos modificadores do relevo (morfogênese) e, por isso, existe um predomínio dos processos de erosão em detrimento aos processos de formação e desenvolvimento do solo (CREPANI *et al*, 2000).

No mesmo sentido, para Tricart (1977, p. 82) alguns atributos do solo influenciam diretamente a morfodinâmica, são eles: porosidade, que comanda a percolação da água; estabilidade estrutural está diretamente ligada a intensidade de erosão pluvial e a espessura da camada penetrável pelas raízes. Esta última desempenha papel fundamental, tanto para vegetação natural como para a vegetação introduzida. Outra observação que faz o autor é que espessuras muito reduzidas constituem limitações muito estritas. Neste sentido, o que sugere o autor não é uma classificação baseada em tipos de solos específicos, mas sim representações que expressem tendências de pedogênese, subdivididas em grau de intensidades.

Solos estáveis:

São representadas pelos solos da classe dos Latossolos. Estes solos ocorrem geralmente em topografias mais suaves.

“Os Latossolos são solos bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade, sendo portanto considerados os solos cujos materiais são os mais decompostos. São considerados solos velhos ou maduros” (CREPANI *et al*, 2000).

Solos medianamente estáveis/instáveis:

São representadas pelos solos da classe dos Podzólicos. Ocorrem geralmente em topografias mais acidentadas.

“Os solos Podzólicos, quando comparados com os Latossolos, apresentam profundidade menor e são solos menos estáveis e menos intemperizados” (CREPANI *et al*, 2000).

“Nestes solos a diferença de textura entre os horizontes A e B (ocasionada pelo acúmulo de argila no horizonte B) dificulta a infiltração de água no perfil, o que favorece os processos erosivos (CREPANI *et al*, 2000).”

Solos instáveis:

São representadas pela presença de solos jovens e pouco desenvolvidos, isto é, sua característica principal é a pouca evolução dos perfis do solo.

Nestes solos o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou então assentado diretamente sobre a rocha mãe (não possuem o horizonte B). São considerados como sendo solos jovens, em fase inicial de formação porque estão ainda se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados, ou então porque estão situados em lugares de alta declividade, nos quais a velocidade da erosão é igual ou maior que a velocidade de transformação da rocha em solo (CREPANI *et al*, 2000).

Vale ressaltar que pertencem a este grupo os Cambissolos e os Neossolos Litólicos encontrados na região em estudo.

Conforme Tabela 1, para se ter uma classificação que hierarquiza-se estes tipos de solos segundo o seu grau de vulnerabilidade a morfogênese procurou-se primeiramente pelo critério profundidade do solo. Assim, tem-se que este atributo nos fornece uma informação fundamental, ou seja, nos diz se há predomínio dos processos de erosão em detrimento aos processos de formação e desenvolvimento do solo. Desta forma solos mais profundos são geralmente encontrados em topografias mais suaves, caracterizando ambientes mais estáveis (Cambissolo). Por outro lado, solos pouco espessos indicam solos jovens em que os processos de erosão são mais intensos (Neossolos Litólicos). Posteriormente, outro atributo utilizado foi sua classe textural. Este indica a proporção de partículas sólidas (areia-silte-argila) no solo. Assim, este atributo nos aponta para aspectos intimamente relacionados com os processos morfogenéticos, quais sejam: capacidade de armazenamento de água e resistência a erosão. Este atributo serviu de orientação para hierarquização dos Neossolos Litólicos, onde foi encontrado uma variação entre argiloso e médio, ou seja, quanto mais argiloso é o solo mais estável ele o é.

Quadro 1: Grau de vulnerabilidade a morfogênese para o tema solos

Solo	Símbolo	Profundidade (cm)	Classe Textural	Grau de vulnerabilidade
Cambissolo Húmico	Ca62	De 60 a 150	Muito argiloso	Estável
Neossolo Litólico Húmico	Ra16	Menor que 60	Média	Instável
Neossolo Litólico Húmico	Ra14	Menor que 60	Média	Instável
Neossolo Litólico Húmico	Ra8	Menor que 60	Argiloso	Medianamente estável/instável
Neossolo Litólico Húmico	Ra4	Menor que 60	Argiloso	Medianamente estável/instável

A importância do solo quando observa-se a dinâmica do ambiente de um ecossistema se dá, segundo Crepani *et al* (2000), pelo fato que este tema participa diretamente do balanço pedogênese/morfogênese.

Dentro do processo morfodinâmico os solos participam como produto direto do balanço entre a morfogênese e a pedogênese indicando claramente se prevaleceram os processos erosivos da morfogênese ou, por outro lado, se prevaleceram processos de pedogênese, gerando solos bem desenvolvidos (CREPANI *et al*, 2000).

Assim, torna-se válido ressaltar, a exemplo do tema declividade, que o solo é de fundamental importância para a determinação da dinâmica do ambiente de um ecossistema no momento em que ele estabelece o quão resistente o solo é aos processos modificadores do ambiente. Neste sentido também optou-se por conceder um peso maior a este tema.

3.2.4 Critérios para determinação da vulnerabilidade do ambiente segundo uso e ocupação do solo

Para a ocupação do solo a densidade da cobertura vegetal é o critério a ser investigado, para tal utilizou-se técnicas de fotointerpretação em imagens de satélite. Neste sentido, vale ressaltar que a cobertura vegetal é um elemento de proteção contra processos morfogenéticos, ou seja, é um elemento que agrega estabilidade ao ambiente. Sendo assim, quanto mais densa for a cobertura vegetal menor será a vulnerabilidade a processos morfogenéticos.

Ao se referir ao fenômeno da interceptação das precipitações pela cobertura vegetal Tricart (1977) nos expõe a integração entre duas fontes de energia: a solar, que forma as correntes convectivas e a da gravidade que atrai as gotas da chuva para a Terra. Segundo o mesmo autor (*op cit*) neste deslocamento vertical de cima para baixo as gotas de água transformam gradativamente sua energia potencial em energia cinética. Assim, “a velocidade máxima para gotas de maior tamanho é adquirida a partir de uma altura de 9 metros” (Tricart, p. 24, 1977). Parte dessa energia cinética que chega com velocidade máxima é dissipada nas partes aéreas das plantas. Destas águas que são interceptadas pelas plantas parte cai em forma de goteiras e outra parte retorna a atmosfera em forma de vapor (TRICART, p. 24, 1977).

Desta forma, vale ressaltar que quando se está na presença de formações florestais que possuem diversos estratos há uma perfeita dissipação de energia. Com isso, muitas vezes não possibilita o aparecimento de processos erosivos pois a gota d’água deixa o estrato arbóreo, encontra o arbustivo, o herbáceo e o forrageiro sucessivamente (TRICART, p. 25, 1977). No tocante a estas formações florestais o estrato herbáceo possui uma fisiologia que possibilita o perfeito escoamento das águas para o solo, favorecendo desta forma o ciclo hidrológico (*op cit*). Em sentido oposto, as coberturas artificiais do solo (reflorestamentos de *pinus* e *eucalípto*, lavouras, etc.) impedem o crescimento da floresta nativa, que pode apresentar esta diversidade de estratos. Desta forma, permitindo a intensa transmissão de energia à superfície do solo e dando origem aos processos de erosão pluvial.

Outro ponto a destacar é a rugosidade promovida pelo desigual nivelamento das copas das árvores possibilitar a dissipação parcial da energia proveniente dos ventos. Assim, contribui para a frenagem dos ventos aumentando a turbulência na passagem do ar (TRICART, p. 26, 1977). Já nos

espaços sem vegetação o vento pode iniciar processos de erosão eólica removendo partículas minerais.

Cobertura vegetal estável:

Floresta ombrófila mista, primária ou em estágio avançado de regeneração, independente de sua topografia.

Cobertura vegetal medianamente estável/instável:

Floresta ombrófila mista em estágio recente de regeneração, refúgios de Montana e Alto Montana, porte arbustivo.

Cobertura vegetal instável:

Savana gramíneo lenhosa

Refúgios de Montana e Alto Montana, porte herbáceo

Segundo Crepani *et al* (2000). as coberturas artificiais do terreno, como o solo urbano, as pastagens, as culturas perenes e as culturas anuais caracterizam-se como vulneráveis.

3.3 Mapa de declividade

O termo declividade significa a inclinação do relevo em relação ao horizonte. Segundo Crepani *et al* (2000), este item está diretamente relacionado com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética. Vale ressaltar que quanto maior for a declividade maior será a velocidade de transformação de sua energia potencial em cinética e maior será a velocidade de escoamento superficial responsável pela erosão, então, quanto maior a declividade maior a vulnerabilidade a morfogênese.

A partir das folhas planialtimétricas, na escala 1 : 50 000, de Urubici (SH-22-X-A-III-2, IBGE-1976) e Águas Brancas (SG-22-Z-C-IV-4, IBGE-1980) extraíram-se as isolinhas altimétricas da sub-bacia foco do presente trabalho. A folha Urubici já encontrava-se em meio digital formato *.dgn, georreferenciada. Assim tornou-se necessário a utilização do software Archview 3.2 para converter os arquivos dgn para shp. Utilizou-se este *software* também para separar os planos de informação (hidrografia, isolinhas altimétricas, limites, estradas e textos) e posteriormente foram importados pelo *software* Spring 3.6.03.

No entanto a folha Águas Brancas necessitou de digitalização, com auxílio de *scanner*, georreferenciamento e vetorização com auxílio do *software* Spring 3.6.03.

Após ter as duas folhas em uma mesma base cartográfica executou-se o trabalho de edição vetorial, também com auxílio do *software* Spring 3.6.03. Posteriormente ajustou-se e verificou-se todo o trabalho de edição vetorial, junção de linhas, concatenação de linhas e estabelecimento de pontos de cota. Na seqüência, criou-se a categoria *curvas_mnt* no modelo numérico de terreno.

Assim, destaca-se que modelo numérico de terreno (MNT) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a superfície real. Assim, no processo de modelagem numérica de terreno pode-se identificar três fases: a aquisição de dados (através de importação do edição de dados), geração de grades e elaboração de produtos. O método de aquisição de dados foi por meio do mapa de isolinhas altimétricas já editadas anteriormente. A partir deste ponto inicia-se a edição de dados numéricos onde passou-se a identificar a cota das isolinhas altimétricas.

O passo seguinte para a confecção do mapa de declividade foi a geração de grades triangulares. Neste interpolador os vértices dos triângulos são geralmente os pontos amostrados da superfície. Neste sentido cabe destacar que optou-se por este tipo de grade por ela possibilitar uma maior precisão na análise quantitativa dos dados.

O próximo passo foi a geração de grade de declividade em graus a partir de grade regular para posterior fatiamento. O fatiamento, último passo para a geração do mapa de classes de declividade, consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular ou triangular. Os temas da imagem resultante representam intervalos de valores, chamados no Spring de fatias. Assim, cada fatia deve ser uma classe temática previamente definida no modelo de dados do banco de dados ativo.

3.4 Mapa de zonas de variação de permeabilidade

O referido mapa foi gerado por meio da análise da rede hidrográfica da área de estudo. Esta análise foi executada com auxílio do mapa planialtimétrico e da imagem de Landsat 7, órbita/ponto: 220/79. Vale ressaltar que o critério

observado foi a densidade de drenagem, esta feita a partir da análise de celas de 1 X 1 km, ou seja, onde foram contadas as lineações por unidade de área.

Os dados referentes a densidade de drenagem foram enviados para o *software Surfer 6.0* em forma de planilha. Assim, a primeira coluna continha a longitude, na segunda a latitude e na terceira o valor Z que corresponde ao número de lineamentos hidrográficos por cada cela. Sendo assim, obteve-se os dados de densidade de drenagem localizados espacialmente, o que possibilita a interpolação para a geração de curvas de isovalores.

As de curvas de isovalores foram geradas a partir de uma grade elaborada pelo método de krigeagem e tendo como base os valores da planilha executada anteriormente.

No que se refere a este método de interpolação, segundo Câmara e Medeiros (*apud* BUENO, 2000), pode-se afirmar que foi utilizado inicialmente para solucionar problemas de mapeamentos geológicos e posteriormente expandindo-se para outros mapeamentos (solos, hidrológico, atmosférico, etc). Vale ressaltar que, segundo a mesma autora (*op cit*) a diferença entre o método de Krigeagem e os outros métodos reside no fato da utilização dos pesos ser todas iguais a $1/N$, em que N = ao número de amostras. Na Krigeagem o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, excetuando-se o fato de os pesos serem determinados a partir de uma análise espacial baseado no semivariograma experimental. Outro aspecto a se destacar é o fato que este método fornece, em média, estimativas não tendenciosas e com variância mínima. Assim, entende-se por estimativa não tendenciosa o fato de a diferença entre os valores estimados e verdadeiros ser, em média, nula; e variância mínima significa que estes estimadores possuem a menor variância entre todos os estimadores não tendenciosos (BUENO, 2000).

3.5 Mapa de solos

A partir do Mapa de Solos do Estado de Santa Catarina, formato analógico na escala 1:250 000 (Embrapa, 2002) extraíram-se os polígonos que continham as classes de solos encontradas na sub-bacia foco do presente trabalho. A região do mapa que continha a sub-bacia do Rio Urubici foi digitalizada com auxílio de *scanner*, georreferenciamento e vetorização com auxílio do *software* Spring 3.6.03.

Após o mapa em formato TIF ser importado para o Spring 3.6.03 executou-se o trabalho de edição vetorial, também com auxílio do mesmo *software*. Posteriormente ajustou-se e verificou-se todo o trabalho de edição vetorial, junção de linhas, concatenação de linhas e estabelecimento de polígonos. Na seqüência, criou-se a categoria solos no modelo de dados temático. No plano de informação foi criado classes correspondentes a cada tipo de solo e depois associadas a estes.

Conforme o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999) as classes de solos encontradas foram: Cambissolo Húmico (Ca62), Neossolo Litólico Húmico (Ra4), Neossolo Litólico Húmico (Ra8), Neossolo Litólico Húmico (Ra14), Neossolo Litólico Húmico (Ra16).

3.6 Mapa de uso e ocupação do solo

Como citado anteriormente, na questão de uso e ocupação do solo é a densidade da cobertura vegetal o fator preponderante. Segundo Crepani *et al* (2000) a densidade da cobertura vegetal é um fator de proteção da unidade ecodinâmica contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão. Neste sentido destaca o mesmo autor que altas densidades para cobertura vegetal implicam em uma maior estabilidade da unidade, enquanto baixos valores para este tema implicam em maior instabilidade ou vulnerabilidade a morfogênese.

Para chegar-se a um mapa de uso e ocupação do território que demonstra-se a densidade de cobertura vegetal presente, recorreu-se a fotointerpretação de imagens multiespectrais e posterior classificação. A imagem utilizada foi proveniente do satélite Landsat 7, órbita/ponto 220/79 bandas 3, 4 e 5, passagem julho de 2000.

Segundo INPE (2000), a classificação é o processo de extração de informações na imagem para se reconhecer padrões e objetos homogêneos. Assim, o resultado de um processo de classificação é uma imagem onde cada *pixel* contém a informação de uma classe, ou tema, associado ao ponto da cena correspondente.

Destaca a mesma obra (*op cit*) que as técnicas de classificação podem ser subdivididas em classificação por *pixel* (utilizam a informação espectral de cada *pixel*) ou por região (utilizam a informação espectral de um conjunto de *pixels* vizinhos). Os classificadores também podem ser divididos em

supervisionados e não supervisionados. Na classificação supervisionada o usuário, na etapa denominada de treinamento, define para cada classe que deseja diferenciar um conjunto de amostras desta classe, sendo esta amostra utilizadas para determinar os parâmetros estatísticos utilizados no processo de decisão sobre a que classe o *pixel* pertence. Na classificação não supervisionada o usuário não fornece este tipo de informação, o sistema determinará utilizando um algoritmo de “*clustering*” ou agrupamento para identificar tais classes.

O tipo de classificação utilizada neste trabalhos foi por região e supervisionada. Neste sentido, os procedimentos utilizados no ambiente do Spring 3.6.03 foram os seguintes:

- Segmentação, que é o processo que permite a identificação de regiões homogêneas na imagem, para tal utilizou-se o algoritmo de crescimento de regiões onde para cada região distinta avalia-se seqüencialmente suas adjacentes, segundo um determinado critério de similaridade para posteriormente agrupá-las. O resultado deste processo é a geração de uma imagem rotulada contendo as distintas regiões.
- Criação de um arquivo de contexto: este arquivo grava quais as bandas que serão utilizadas na classificação, qual o tipo de análise utilizada (*pixel* ou região) e as amostras de treinamento;
- Extração de regiões: neste procedimento o sistema extrai as informações estatísticas de média e variância de cada uma das regiões definidas pela imagem rotulada (resultado da segmentação) indicadas no arquivo de contexto
- Treinamento: é a fase de coletas de amostra, isto para as classificações supervisionadas, as amostras são polígonos pertencentes a uma mesma classe;
- Análise das amostras: verificação da qualidade das amostras;
- Classificação: o método de classificação escolhido é executado sobre as regiões escolhidas, dando como resultado uma imagem classificada;
- Mapeamento para o modelo temático: transformação da imagem classificada em um mapa temático (INPE, 2000).

3.6 Avaliação de dados

Posteriormente a elaboração do mapa de declividade, zonas de variação de permeabilidade, de solo e de uso e ocupação do solo passou-se à etapa de avaliação dos dados. Recorreu-se a uma análise mais apurada nos pontos de dúvida. Voltando-se ao ponto inicial quando a dúvida persistisse de modo a garantir a maior fidelidade para as representações à etapa de cruzamento dos mapas.

3.7 Integração dos mapas

A integração dos mapas foi executada com auxílio do software Spring 3.6.03. Vale ressaltar que para tal utilizou-se o módulo de análise geográfica em que através da linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) realizou-se o cruzamento dos mapas. Vale ressaltar que para realizar o cruzamento dos mapas utilizou-se o programa em LEGAL descrito no Apêndice 1.

Torna-se oportuno salientar que programa o LEGAL é constituído de sentenças estruturadas em três etapas: declarações, instanciações e operações. Assim, as declarações permitem definir as variáveis de trabalho e associá-las a uma categoria. Na etapa de instanciação, parte dos dados existentes são recuperados do banco de dados. Há também a possibilidade de criar um novo plano de informação que posteriormente poderá ser utilizado para associação dos resultados. Na etapa de operação realizam-se operações da álgebra de mapas.

Desta forma, a escala de vulnerabilidade a morfodinâmica associada a cada unidade foi feita com base em Crepani et al (2000). Estes autores propõem a construção de uma escala de valores através de critérios desenvolvidos a partir dos princípios de classificação Ecodinâmica dos meios. Este tem por base a análise morfodinâmica do meio norteadas pelo balanço entre processos indutores da morfogênese e pedogênese. Com o foco nestes princípios propôs-se um modelo de avaliação com base na atribuição de valores relativos e empíricos às unidades ecodinâmicas (Tabela 3).

Tabela 2: Valor relativo para as Unidades Ecodinâmicas

Fonte: Crepani *et al* (2000)

Unidade Ecodinâmica	Valor relativo
Unidade Estável	1,0
Unidade Medianamente Estável / Instável	2,0
Unidade Instável	3,0

A partir desta primeira aproximação procurou-se por uma maior variedade na classificação de unidades ecodinâmicas. Nesta etapa estudou-se uma melhor distribuição de unidades por intervalos de valores. Como resultado (Tabela 4), teve-se a configuração de 17 valores distribuídos em cinco classes de unidades ecodinâmicas.

Vale ressaltar que os valores foram atribuídos individualmente para cada classe de cada tema: declividade, uso do solo, solos e zonas de variação de permeabilidade (Tabela 5) e posteriormente somados com auxílio de uma programação em LEGAL. Assim, o valor final é obtido pela soma ponderada entre os valores atribuídos a cada classe de cada tema, dados pela equação 1.

Equação 1: $\text{Unid. Ecod.} = 0,3 \times \text{declividade} + 0,3 \times \text{solo} + 0,2 \times \text{permeabilidade} + 0,2 \times \text{Uso solo}$

Tabela 3: Atribuição de valores às classes de cada tema

TEMA	VALOR NA ESCALA DE VULNERABILIDADE					
Declividade	<2%	2% a 6%	6% a 20%	20% a 50%	> 50%	Classe
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	Valor
Uso do Solo	Floresta Ombrófila Mista		Porte Arbustivo	Campos, Lavouras e Urbano		Classe
	1,0		2,0	3,0		Valor
Solos	Ca62	Ra4	Ra8	Ra14	Ra16	Classe
	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	Valor
Permeabilidade	permeável	moderada	pouca	baixa	impermeável	Classe
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	Valor

3.8 Tabela de classes

Elaborou-se uma tabela (tabela 4) contendo a classificação do grau de vulnerabilidade das unidades ecodinâmicas com base na morfodinâmica do meio. Cabe ressaltar que quanto maior a instabilidade da unidade ecodinâmica maior a sua vulnerabilidade a morfogênese, ou seja, nestes meios os processos morfogenéticos prevalecem sobre os processos pedogenéticos.

Tabela 4: Grau de vulnerabilidade por tema.

Média	Unidade Ecodinâmica	Cores Representação
1	Unidades Estáveis	
1,12		
1,25		
1,37	Unidades Moderadamente Estáveis	
1,5		
1,62		
1,75	Unidades Medianamente Estáveis/Instáveis	
1,87		
2,0		
2,12		
2,25		
2,37	Unidades Moderadamente Instáveis	
2,5		
2,62		
2,75	Unidades Instáveis	
2,87		
3,0		

3.9 Mapa de Unidades Ecodinâmicas

Na presente etapa elaborou-se o Mapa de Unidade Ecodinâmicas (Figura 21) resultado do cruzamento dos diversos planos de informação gerados no ambiente do *software* Spring 6.3.03. Desta forma, chegou-se ao mapa que contém o grau de estabilidade morfodinâmica distribuídos em unidades homogêneas (unidades ecodinâmicas).

3.10 Análise dos resultados

Nesta etapa do trabalho recorreu-se a análise dos resultados obtidos onde a retomada a uma das etapas anteriores era justificada para solucionar problemas nos pontos que houvessem dúvidas.

3.11 Avaliação final

A finalidade desta etapa é, através de um olhar criterioso, avaliar as informações extraídas das imagens e mapas elaborados até o momento.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Apresentação dos resultados

Os resultados obtidos com a execução deste trabalho foram os seguintes:

- A identificação de critérios que caracterizem a intensidade da dinâmica do ambiente de um determinado ecossistema tendo como unidade de análise a bacia hidrográfica;
- A identificação de áreas que apresentam intensidade de dinâmicas semelhantes e o grau de intensidade destas;
- Geração de arquivos gráficos em meio digital editados e estruturados para a utilização em um *software* de geoprocessamento;
- Domínio de técnicas de geoprocessamento por meio da utilização de rotinas inerentes ao *software* utilizado e aos objetivos da pesquisa;
- Arquivo em meio digital da área de estudo contendo as unidades ecodinâmicas e o grau de vulnerabilidade destas a morfogênese.

4.2 Análise da geração dos mapas

Esta etapa abriga a análise dos resultados adquiridos em cada etapa da geração dos mapas.

4.2.1 Mapa de declividade

Para geração do mapa de declividade estipulou-se cinco cores para representar cada faixa de valores associados ao grau de vulnerabilidade a morfogênese do tema. Na representação de cores procurou-se fazer a diferenciação entre a representação dos graus de vulnerabilidade por meio da utilização de diferentes tons de uma mesma cor. Ou seja, para situações que induzem a uma dinâmica intensa, alta vulnerabilidade, foi associado uma tonalidade mais escura de uma determinada cor. Cabe ressaltar que esta associação foi proposta com intuito de favorecer a compreensão das informações contidas no mapa. Sendo assim, para o tema declividade optou-se pela cor vermelha e suas variações de tonalidade.

Já no que se refere aos procedimentos, estes se mostraram adequados uma vez que os resultados obtidos se mostraram condizentes com as informações extraídas do mapa e com a realidade encontrada no local. Assim, vale ressaltar que por meio da análise da qualidade dos dados adquiridos, feita através da superposição dos PIs associados ao tema, foi possível perceber que

as linhas de isovalores que estavam mais próximas no mapa altimétrico coincidiram com as faixas de valores que continham valores maiores para declividade. Sendo assim, estas regiões podem ser visualizadas nas encostas dos vales onde o arenito está mais exposto. Vale ressaltar que esta rocha é susceptível as intempéries físico-químicas e também importantes áreas de recarga direta do aquífero guarani.

Conforme Tabela 5 percebe-se o domínio das classes de média (6% a 20%) e alta (20% a 50%), que juntas contabilizam 98.3% das áreas. Estes meios são classificados com medianamente estáveis instáveis e moderadamente instáveis.

Tabela 5: Área das classes de declividades

Classe	Área (Km²)
Muito Baixa (d<2%)	11,8547
Baixa (2%<d<6%)	2,3083
Média (6%<d<20%)	34,6363
Alta (20%<d<50%)	63,7091
Muito Alta (d>50%)	19,2916
Total	131,8

Figura 17: Mapa de Declividade

4.2.2 Mapa de zonas de variação de permeabilidade

Os procedimentos adotados para a geração deste mapa se mostraram adequados. Desta forma, as linhas de isovalores traçadas pelo método de Krigeagem, e com a utilização do *software Surfer 6.0* demonstraram informações consistentes.

Assim, por meio da análise dos resultados observou-se que as áreas com altos valores para este tema correspondiam a áreas que apresentavam muitos canais. Na distribuição das zonas de variação de permeabilidade da área observou-se uma variação, desde zonas de alta permeabilidade até zonas de baixíssima permeabilidade. As zonas de maior permeabilidade foram encontradas nos topos de morros, meia encosta e próximas a foz do rio Urubici, condizente com a topografia mais suave encontrada nestes espaços, ou seja, zonas de maior interflúvio. Já as áreas com valores maiores para este tema foram detectadas nos encontros dos afluentes com o rio Urubici. São áreas de relevo muito dissecado em que a unidade de canais por área é visivelmente superior as demais.

Deste forma foram classificadas cinco zonas de variação de permeabilidade identificadas por cinco cores distintas. Vale ressaltar que as tonalidades de cores quente foram utilizadas para representar áreas com maior densidade de drenagem, ou seja, áreas que indicam uma maior vulnerabilidade a dinâmica do ambiente deste tema. Já para as situações que configuram maior estabilidade, zonas mais permeáveis, foram representadas com variações de tonalidades de verde, sendo o mais claro utilizado para representar situações de alta permeabilidade.

Neste mapa pode observar o domínio de meios moderadamente permeáveis, respectivamente localizados nas áreas mais altas da bacia.

Tabela 6: Área das classes de zonas de variação de permeabilidade

Classe	Área (Km²)
Permeável	39,5720
Moderadamente Permeável	63,2600
Medianamente Permeável	21,9402
Baixa Permeabilidade	6,8885
Muito Baixa Permeabilidade	0,1359
Total	131,8

Figura 18: Mapa de Zonas de Variação de Permeabilidade

4.2.3 Mapa de solos

No tema solo foi utilizado como critério verificador o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo e sua classe textural. O primeiro nos apontou se há predomínio dos processos de erosão em detrimento aos processos de formação e desenvolvimento do solo. Já o segundo atributo nos aponta para aspectos intimamente relacionados com os processos morfogenéticos, quais sejam: capacidade de armazenamento de água e resistência a erosão.

Neste sentido, vale ressaltar que as cinco classes encontradas apresentaram uma distribuição condizente com a realidade dos dados, ou seja, solos muito argilosos e profundos foram encontrados em locais de topografia suave na região da foz do Rio Urubici. Já os solos pouco profundos e argilosos foram detectados nas porções superiores dos morros, onde encontra-se um relevo ondulado. Por fim os solos pouco profundos e de classe textural média foram encontrados nas encostas dos vales onde o relevo é excessivamente acidentado.

Conforme Tabela 7 verifica-se a predominância de dos Neossolos Litólicos Húmicos (154,12 Km²), estes são solos rasos com a classe textural variando de médio a argiloso. São típicos de terrenos muito acidentados e caracterizam uma morfodinâmica mais intensa. Os solos mais susceptíveis a erosão (Ra14 e o Ra16) contabilizam 65,87 Km², ou seja, aproximadamente 50% da área da bacia é ocupada por solos altamente frágeis com vistas aos processos erosivos.

Tabela 7: Área das classes de solos

Classe	Área (Km²)
Ca 62 (Cambissolo Húmico)	12,2836
Ra4 (Neossolo Litólico Húmico)	35,4244
Ra8 (Neossolo Litólico Húmico)	17,4055
Ra14 (Neossolo Litólico Húmico)	12,3520
Ra16 (Neossolo Litólico Húmico)	53,5135
Urbano	0,8212
Total	131,8

Figura 19: Mapa de Solos

4.2.4 Mapa de uso e ocupação do solo

Neste mapa procurou-se verificar o uso e ocupação do território por meio da densidade da cobertura vegetal presente. Vale ressaltar que a análise deste critério torna-se importante em se tratando de dinâmica do ambiente de um ecossistema. Desta forma, verificou-se para este tema a presença de três classes: floresta ombrófila mista; vegetações de porte arbustivo; e campos, lavouras e meio urbano não arborizado.

Vale ressaltar que as áreas mais florestadas foram encontradas na porção superior do rio Urubici, do rio Baiano e do rio Capoeiras. Desta forma as áreas mais preservadas encontram-se em locais de difícil acesso e de topografia excessivamente acidentada. As regiões onde foram encontradas a mata em estágios intermediário de regeneração ou porte arbustivo foram encontradas em locais de topografia mais suave, onde possivelmente no passado tivessem sido utilizadas para lavoura, pastoreio e extração de madeira. Nos fundos de vale foram encontradas o centro urbano do município e áreas de lavouras temporárias, a base da produção municipal concentra-se na horticultura. Já em algumas áreas esparsas nos topos de morros foram detectados a presença de campos.

Assim, para a representação deste tema buscou-se variações nos tons de verde para representar as três classes verificadas. Neste sentido, os tons mais escuros foram utilizados para representar situações em que propiciava uma dinâmica mais intensa e os tons claros para áreas que propiciavam uma dinâmica mais estável.

Conforme Tabela 8 verifica-se a predominância quase que absoluta da Floresta Ombrófila Mista em seus diversos estágios de regeneração. As Classes **FOM** e **PA** contabilizam 108,7519 Km², aproximadamente 83%. Devido a topografia muito acidentada e vales muito encaixados, a classe **CLU** fica com uma área reduzida.

Tabela 8: Área das classes de uso e ocupação do solo

Classe	Área (Km ²)
Floresta Ombrófila Mista (FOM)	51,1065
Porte Arbustivo (PA)	57,6454
Campos, Lavouras e Urbano (CLU)	23,0431
Total	131,8

Figura 20: Mapa de Uso e Ocupação do Solo

4.3 Mapa de unidades ecodinâmicas

Na presente etapa elaborou-se o Mapa de unidade ecodinâmicas (Figura 21) resultado do cruzamento dos diversos planos de informação gerados no ambiente do *software* Spring 6.3.03. Desta forma, chegou-se ao mapa que contém o grau de vulnerabilidade deste espaços à morfogênese distribuídos em unidades homogêneas (unidades ecodinâmicas).

Este mapa nos aponta o quão estável ou instável uma unidade é, isto é, aponta a vulnerabilidade vinda da intensidade da dinâmica de seu ambiente. Desta forma, em ambientes com uma dinâmica mais intensa apresentam uma maior vulnerabilidade e devem abrigar medidas mais cautelosas para o seu uso e ocupação, ou então medidas muito estritas para sua conservação ou preservação. Assim, foram determinadas cinco unidades que procuram expressar o grau de estabilidade morfodinâmica.

Unidades estáveis: estas unidades caracterizam-se por uma evolução muito lenta do modelado, dificilmente perceptível. O sistema morfogenético não comporta incisões violentas, as condições se aproximam daquelas que os fitoecologistas chamam de clímax. Foram encontradas pouquíssimas áreas que representem esta unidade, esta localizadas esparsamente na região da foz do rio Urubici. Vale ressaltar que estas áreas possuem uma dinâmica menos intensa, favorecendo o uso e ocupação do território.

Unidades moderadamente estáveis: estas unidades também caracterizam-se por uma evolução muito lenta do modelado, dificilmente perceptível. Da mesma forma, o sistema morfogenético não comporta incisões violentas, as condições se aproximam daquelas que os fitoecologistas chamam de clímax. Vale ressaltar que foi encontrado um número reduzido de áreas que representem esta unidade, estas localizadas na região da foz do rio Urubici e esparsamente nas regiões de topografia mais suave. Ressalta-se também que estas áreas possuem uma dinâmica menos intensa, no entanto pedem alguns cuidados para o uso e ocupação do território, uma vez que são fronteiriças as áreas medianamente estáveis/instáveis, unidades moderadamente instáveis e umidades instáveis.

Nesta duas unidades anteriormente descritas, conforme leitura de Tricart (1977), para a sustentabilidade desta unidade é necessário manter uma cobertura vegetal de densidade equivalente a floresta primária.

Unidades medianamente estáveis/instáveis: são unidades que caracterizam-se por ser uma transição entre os meios estáveis e instáveis, assegurando uma passagem gradual entre estes. A característica principal desta unidade é a pedogênese e a morfogênese coexistindo sobre um mesmo espaço. Sendo assim, estas unidades são susceptíveis a fenômenos de amplificação da dinâmica natural transformando-se em meios instáveis.

Estas unidades configuram a grande maioria das áreas encontradas na bacia do rio Urubici. Encontram-se em áreas de topografia ondulada e fazendo fronteira entre os meios estáveis e instáveis.

Nestas unidades a conservação de uma cobertura vegetal densa e a sua melhoria são essenciais. Segundo Tricart (1977) a cobertura vegetal sendo degradada nestes meios possibilita a liquidação dos solos e a intensificação da dinâmica, fazendo com que estes meios passem à condição de instabilidade intensa.

Unidades moderadamente instáveis: nesta unidade a morfogênese é o elemento predominante exercendo forte influência nos demais componentes do sistema. Pode-se caracterizar esta unidade pelo fato dela apresentar forte deformações tectônicas, características de regiões montanhosas. Estas deformações comandam todos os processos nos quais intervém a gravidade, favorecendo a dissecação do relevo, como incisão dos cursos d'água e crescimento correlato dos declives das encostas.

Estas unidades foram detectadas nas encostas íngremes dos vales do rio Urubici, Baiano e Capoeiras. Vale ressaltar que estas áreas configuram-se como um cinturão que passa pela meia encosta de toda a bacia, locais estes onde encontram-se os solos mais susceptíveis a erosão e as maiores declividades.

Vale ressaltar que mesmo sob florestas densas as encostas suficientemente íngremes tornam-se instáveis. As intervenções antópicas nestas unidades podem originar/accentuar retroações positivas susceptíveis de catalisar os processos de degradação. Nestas regiões a recuperação é tão difícil que, para impedir a degradação, torna-se IMPERIOSO tomar medidas de conservação muito rigorosas.

Unidades instáveis: da mesma forma que no item anterior, nestas unidades a morfogênese é o elemento predominante exercendo forte influência nos demais componentes do sistema. As características destas áreas são as

mesmas descritas anteriormente. No entanto se diferenciam por serem unidades que representam o extremo em se tratando de instabilidade do meio. Isto é, são áreas onde as características analisadas apresentam os maiores valores para instabilidade. No mesmo sentido, vale também ressaltar que mesmo sob florestas densas as encostas suficientemente íngremes tornam-se instáveis. Assim, as intervenções antropicas nestas unidades podem originar/accentuar retroações positivas susceptíveis de catalisar os processos de degradação. Nestas regiões a recuperação é tão difícil que, para impedir a degradação, torna-se IMPERIOSO tomar medidas de conservação muito rigorosas.

Tabela 9: Área das classes de unidades ecodinâmicas

Classe	Área (Km²)
Estável	0,0891
Moderadamente Estável	10,6632
Medianamente Estável/Instável	86,2515
Moderadamente Instável	31,0329
Instável	3,7854
Total	131,8

Tendo como referência a Tabela 9, calculou-se o percentual de áreas contidas em cada unidade estipulada, como segue:

- 0,07 % pertencem as unidades estáveis;
- 8,09 % pertencem as unidades moderadamente estáveis;
- 65,37 % pertencem as unidades medianamente estáveis/instáveis;
- 23,55 % pertencem as unidades moderadamente instáveis;
- 2,92 % pertencem as unidades instáveis;

Tendo em vista os resultados obtidos verifica-se que esta bacia caracteriza-se pela presença de um relevo que abriga valores altos para amplitude altimétrica, com muitas áreas variando entre uma declividade alta e muito alta. Desta forma o que pode-se concluir da análise destes valores e do cruzamento destes através de um SIG é que são grandes áreas caracterizadas por unidades medianamente estáveis/instáveis as quais estão sujeitas a uma amplificação da dinâmica do ambiente passando para unidades instáveis. A soma das unidades moderadamente instáveis e instáveis representam um

montante significativo dos valores (26,47%). Levando-se em conta as características das unidades anteriormente citadas, isto é, a instabilidade inerente a elas, tem-se que 91,84% desta bacia hidrográfica abriga áreas de instabilidade intensa ou tendendo a instabilidade. Já no que se refere as unidades estáveis observa-se que são poucas as áreas que apresentam uma dinâmica mais estável.

Assim, torna-se imperioso a recomendação de medidas sólidas para recuperação, conservação e preservação da cobertura vegetal somadas a medidas muito cautelosas para uso e ocupação do território nesta bacia hidrográfica. A necessidade de ocupação é inerente quando constata-se a sólida presença humana nesta bacia, aproximadamente 65 % da população do município. No entanto, torna-se fundamental que no processo de planejamento do uso e ocupação deste território seja levantado estes aspectos de forma que os envolvidos visualizem com clareza as características de instabilidade deste meio. E assim possam refletir a respeito das interdependências que existem no interior dos ecossistemas e destes com o sistema cultural ali estabelecido (técnicas de manejo predatórias). Desta forma, a partir do reconhecimento da ecologia local, acredita-se que abre-se a possibilidade de desenvolver metodologias e tecnologias sustentáveis para uso e ocupação deste território e a possibilidade do desenvolvimento de uma cultura de sustentabilidade.

Figura 21: Mapa de Unidades Ecodinâmicas

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

5.1 Conclusões

O relatório de pesquisa tem por finalidade materializar os procedimentos metodológicos, e os referenciais teóricos, empíricos e metodológicos utilizados na pesquisa para que posteriores estudos possam fazer avançar, em termos teóricos e metodológicos, os entendimentos e procedimentos foco da presente pesquisa. Neste sentido, vale destacar que a contribuição oferecida pelo presente trabalho vem de encontro a favorecer uma compreensão acerca da dinâmica dos ambientes, e o grau de vulnerabilidade destes espaços, entendida como sendo uma propriedade emergente do ecossistema, ou seja, uma característica inerente a ecologia local.

Seja município, bacia hidrográfica ou unidade de conservação, atualmente as três unidades territoriais amparadas por um estatuto Legal, a possibilidade de sustentabilidade destes passa fundamentalmente pela idéia de planejamento e gestão participativos. Desta forma, a idéia da dinâmica do ambiente de um ecossistema ser uma qualidade inerente a ele permite refletir a respeito da necessidade de incorporar estas informações nos processos de planejamento e gestão do território. Vale ressaltar que por meio destas o conhecimento acerca da sustentabilidade dos espaços naturais é favorecido, e assim abre-se a possibilidade de construir formas mais sustentável de ocupar-se estes espaços.

A seguir destaca-se as conclusões da presente pesquisa:

- Os ecossistemas apresentam uma dinâmica que lhes são inerentes, resultado da relação entre os elementos que os compõem. A sustentabilidade dos ecossistemas não está impressa nos elementos que os compõem mais vêm como emergência de um relacionar cooperativo entre as diversas unidades componentes. Desta forma ressalta-se que estudar a dinâmica do ambiente torna-se tão importante quanto estudar a dinâmica das biocenoses pois ambos aspectos encontram-se estreitamente relacionados.
- Dentro de um ecossistema pode-se identificar unidades com semelhantes dinâmicas do ambiente (unidades ecodinâmicas). Também pode-se identificar, por meio da análise de alguns elementos chaves (declividade, permeabilidade, solos, uso do solo) e com o auxílio de

técnicas de geoprocessamento, o grau de vulnerabilidade destes a ação antrópica.

- A unidade de análise ideal para identificar a vulnerabilidade do ambiente de um ecossistema vindo de sua dinâmica é a bacia hidrográfica (no município, na unidade de conservação ou na própria Bacia hidrográfica). Isto se dá pelo fato desta unidade territorial funcionar como um sistema bem delimitado e abrigar todas as variáveis necessária para análise de uma unidade ecodinâmica.

A erosão do solo e a perda de nutrientes de uma floresta perturbada ou de um campo cultivado inadequadamente não apenas empobrecem estes ecossistemas, como também tais efluxos apresentam, provavelmente, impactos eutróficos, ou de outro tipo, rio abaixo. Por isso, a bacia hidrográfica inteira, e não somente a massa de água ou trecho de vegetação, deve ser considerada a unidade mínima de ecossistema, quando se trata de interesses humanos (ODUM, 1988, p. 39).

... : a organização ou o remanejamento de um território afetam, por vezes, áreas vizinhas, não compreendidas no perímetro a ser reorganizado, pois dependem do que passa externamente. Em curtas palavras, existe interdependência de áreas mais ou menos vizinhas, que estão submetidas a certos elementos dinâmicos comuns. As bacias fluviais oferecem excelente exemplo disso (TRICART, 1977, p. 75).

- A utilização de técnicas de geoprocessamento associadas a produtos de sensoriamento remoto se mostrou muito eficiente no momento em que permitiu uma visão abrangente e integradora da realidade local, diminuindo os trabalhos de campo e possibilitando o cruzamento de diversas informações georreferenciadas.
- A metodologia se mostrou adequada. Assim, a utilização de informações vindas dos temas declividade, solos, permeabilidade dos solos, ocupação do território, possibilitaram a visualização do grau de vulnerabilidade do ambiente à ação antrópica. O conceito utilizado para compreender esta dinâmica, unidade ecodinâmica, possibilita a reflexão sobre idéias fundamentais a serem trabalhados nos processos participativos de planejamento e gestão do território (interdependência, sustentabilidade, as leis básicas dos ecossistemas, dinâmica do ambiente).

- O fato de considerar-se a Bacia Hidrográfica como unidade de análise favorece uma articulação entre as diversas políticas destinadas ao meio ambiente (recursos hídricos, unidades de conservação, municípios) uma vez que a disponibilidade de informações à execução destas estariam sobre uma mesma base territorial.

Vale ressaltar que a metodologia exposta neste trabalho abre uma possibilidade ao planejamento de municípios de pequeno porte uma vez que grande parte dos materiais utilizados estão disponíveis em organizações públicas, o que confere um ônus muito pequeno a administração local. Isto seria ainda melhorado através da formação de parcerias inter-institucionais. Por fim, vale ressaltar que torna-se necessário um corpo técnico especializado para tal, em que a capacitação do efetivo da prefeitura pode contar com parcerias com organizações públicas, universidades e ONGs.

5.2 Sugestões para futuros trabalhos

- Pesquisar formas para integrar, por meio da utilização de técnicas de geoprocessamento, a análise da vulnerabilidade do ambiente com outras variáveis inerentes aos processos de uso e ocupação do território (a exemplo dos aspectos sociais, culturais, políticos, jurídicos, tecnológicos e econômicos);
- Pesquisar formas de inserir pedagogicamente as informações extraídas deste trabalho nos processos de planejamento e gestão do uso e ocupação do território, com vistas a fornecer uma participação qualificada e qualificador nos processos de planejamento de uso e ocupação do território;
- Pesquisar formas de cooperação interinstitucionais para subsidiar os processos de planejamento territorial em municípios de pequeno porte;
- Pesquisar formas de integrar as diretrizes das diversas políticas públicas destinadas ao meio ambiente (Lei 6.938/81, Lei 9.433/97, Lei 9.795/99, Lei 9.985/2000, Lei 10.257/2001) aos processos de planejamento e gestão do território.

■

FONTES BIBLIOGRÁFICAS:

ACOT, Pascal. História da Ecologia. Editora Campus, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

ALVA, Eduardo Neira. Ecodesenho Urbano. In: Desenvolvimento e Meio Ambiente no Brasil: A contribuição de Ignacy Sachs, Organizadores: Paulo F. Vieira, Maurício A. Ribeiro, Roberto M. Franco e Renato C. Cordeiro. Poto Alegre. Editora Pallotti. Florianópolis, 1998.

BENÉVOLO, Leonardo. História da Cidade. Editora Perspectiva, São Paulo, São Paulo, 1983.

BUENO, Liane da Silva. Estudo em Áreas de Ocupação Urbana com Fatores de Risco: o Caso do Bairro Córrego Grande – Florianópolis-SC. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

BURROUGH, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press, New York, 1994.

CÂMARA, G.; MADEIROS, J. S. de. GIS em projetos ambientais (GIS para meio ambiente). In: GIS Brasil 98. Curitiba, Pr. 1998.

CAPRA, Fritjof. A teia da Vida. Editora Pensamento-Cultrix, São Paulo, São Paulo, 1996.

CAPRA, Fritjof. As Conexões Ocultas, Ciência para uma Vida Sustentável. Editora Pensamento-Cultrix, São Paulo, São Paulo, 2002.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão; HERNADEZ F°, Pedro; FLORENSANO, Teresa Gallotti; DUARTE, Valdete; BARBOSA, Cláudio Clemente. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. INPE, São José dos Campos, 2000.

CROSTA, Álvaro Penteado. *Procesamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Editora da UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1992.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, *Resoluções do CONAMA, 1984/91*. 4. Ed. Rev. e aum. Brasília, IBAMA, 1992.

COBUSIER, Le. *Planejamento Urbano*. Editora Perspectiva, São Paulo, São Paulo, 1984.

EHRlich, Paul R; Tradução de Waltensir Dutra. *O Mecanismo da Natureza: o mundo vivo à nossa volta e como funciona*. Editora Campus, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Editora Embrapa, Brasília, DF, 1999.

FRANZONI, Ana Maria B. *Avaliação do Meio Físico para Fins de Planejamento Geoambiental no Traçado e Manutenção de Rede Viária*. Rio Claro, 2000. Tese (Doutorado em Geociências) – Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista.

GARCIA, Gilberto J. *Sensoriamento Remoto: princípios e interpretação de imagens*. Editora Nobel, São Paulo, São Paulo, 1982.

GOITIA, Fernando C. *Breve História do Urbanismo*. Editora Presença, 4ª Edição, Lisboa, 1996.

GOVERNO DA BAHIA. *Curso de Capacitação Estratégica em Educação Ambiental – Projeto de Educação Ambiental do Bahia Azul*, 1999.

GOVERNO FEDERAL, Lei N. 6.938, de 31 de agosto de 1981, Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

_____, *Constituição da República Federativa do Brasil*, 1988.

_____, Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição

Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

_____, Lei nº 9.795 de 27 de Abril de 1999, *Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.*

_____, Lei N. 9.985, de 18 de julho de 2000, Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

_____, Lei N. 10.257, de 10 de julho de 2001, Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

GUERRA, Antonio Teixeira. Dicionário Geológico, Geomorfológico. Editora IBGE, Rio de Janeiro, 1989

INPE. Tutorial –Spring, Versão Windows, INPE, 2000.

ISRAEL, Celito José. Produção Familiar, a horticultura em Urubici - SC, UFSC, Dissertação de Mestrado, 1991.

LABORIT, Henri. O Homem e a Cidade. Editora Publicações Europa-América. Sintra, Portugal, 1971.

MACHADO, Paulo Afonso Leme. Direito Ambiental Brasileiro. ed. Malheiros, São Paulo, 9º edição, 2001.

MARGULIS, Lynn. O planeta Simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. tradução Laura Neves. Ed. Rocco, Rio de Janeiro, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Zoneamento Ecológico-Econômico, Elementos para discussão; Brasília - DF, junho de 2000.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. Editora Edgard Blücher, 2ª Edição, São Paulo, São Paulo, 1995.

ODUM, Eugene p. Ecologia. Editora Guanabara. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1988.

OLIVEIRA, Cêurio. Dicionário Cartográfico. Editora IBGE, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1983.

ROSA, Roberto. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Editora da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 1990.

ROSA; R., BRITO; J. L. S. Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica. UFU, Uberlândia, 1996.

ROSSETTO, Adriana Marques. Fatores Influentes na Implantação de Sistemas de Informações Geográficas em Prefeituras de Médio Porte: um Estudo de Caso. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROSS, Jurandir L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: Revista do Departamento de Geografia, n. 8. Editora USP. São Paulo, São Paulo. 1994. p. 63-74.

SANTA CATARINA, Leis, decretos, etc. - Legislação sobre os recursos hídricos. Florianópolis:Governo do Estado; Tubarão: Ed. Universitária da UNISUL, 1998.96p.

SANTIAGO, Alina; UBERTI, Antônio A. A.. FEITOSA, Flávia F.; BIANCHI, Miguel F.; DORINI, Thiago. Atributos Diagnosticadores como Subsídios a um Planejamento mais Eficiente. ENEPEA, 2001.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE ,
Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral. Florianópolis, 1997.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE /
ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERRANA, Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico-Econômico, Florianópolis, 1999.

SILVA, Daniel J. Hacia um paradigma de la Question Ambiental em América Latina. Revista Interamericana de Planificacion. Vol. XXV, nº 98, abr-jun 1992.

SILVA, Daniel J. Uma Abordagem Cognitiva ao Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis, 1998 Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

STARS; J., ESTES; J. Geographical Information Systems in Introduction. Prentice Hall, New Jersey, USA, 1990.

THOMAZ, Jefferson Angelo. Zoneamento de Áreas de Ocupação Urbana com Fatores de Risco: Um Estudo de Caso do Perímetro Urbano de Joaçaba -SC. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p.

VITALE, Luis. Hacia una Historia del Ambiente em América Latina. México:Nueva Imagen, 1983.

NOS SITES:

<http://www.ltid.inpe.br/selper/image/caderno2/cad1.htm>

<http://www.inpe.br/spring.htm>

<http://www.embrapa.br/>

<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/>

<http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/index.html>

<http://www.ibge.gov.br>

<http://www1.ibge.gov.br/censo/default.php>

<http://www1.ibge.gov.br/cidadesat>

<http://www.montanas2002.org/home.html>

<http://www.globalmountainsummit.org>

APÊNDICE 1

Programa em LEGAL para a obtenção de Unidades Ecodinâmicas

```
//
// Programa para determinar as Unidades Ecodinâmicas
// através da média ponderada dos dados de mapas temáticos
// declividade, uso do solo, permeabilidade, Solos
//
{
// Declaração das variáveis temáticas
Tematico Declividade ("decliv_bacia_tem"), Uso ("Uso"), Solos ("solos"),
Permeabilidade ("Curvas_temat"), Unidades ("Unidades");

// Declaração da tabela de ponderação e fatiamento
Tabela TabPondDecliv, TabPondUso, TabPondSolos, TabPondPermeabilidade (Ponderacao),
TabFat (Fatiamento);

// Declaração das variáveis numéricas
Numerico NumDecliv, NumUso, NumSolos, NumPermeabilidade, NumClassif
("Grade_Unidades");

//Instaciação das variáveis temáticas
Declividade = Recuperar (Nome = "decliv_bacia_Vetor");
Uso = Recuperar (Nome = "Uso_solo7-T_Vetor");
Solos = Recuperar (Nome = "solos_Embrapa1");
Permeabilidade = Recuperar (Nome = "permeabilidade_bacia");

//Instanciação das variáveis numéricas
NumDecliv = Novo (Nome = "grade_declividade", ResX=30, ResY=30, Escala=50000, Min=1,
Max=3.0);
NumUso = Novo (Nome = "grade_Uso", ResX=30, ResY=30, Escala=50000, Min=1, Max=3.0);
NumSolos = Novo (Nome = "grade_Solos", ResX=30, ResY=30, Escala=50000, Min=1,
Max=3.0);
NumPermeabilidade = Novo (Nome = "grade_Permeabilidade", ResX=30, ResY=30,
Escala=50000, Min=1, Max=3.0);

//Instanciação da Tabela de Ponderação de Declividade
TabPondDecliv = Novo (CategorialNi = "decliv_bacia_tem",
"<2" : 1.0,
"2-6" : 1.5,
"6-20" : 2.0,
"20-50" : 2.5,
"50>" : 3.0);

//Ponderar o mapa de Declividade
NumDecliv = Pondere (Declividade, TabPondDecliv);

//Instanciação da Tabela de Ponderação de Uso
TabPondUso = Novo (CategorialNi="Uso",
"Floresta Ombrófila Mista" : 1.0,
"Porte Arbustivo" : 2.0,
"Campos, Lav. e Urbano" : 3.0);

//Ponderar o mapa de Uso
NumUso = Pondere (Uso, TabPondUso);

//Instanciação da Tabela de Ponderação de Solos
TabPondSolos = Novo (CategorialNi = "solos",
"Ca62" : 1.0,
"Ra8" : 2.0,
```

```

        "Ra4" : 2.0,
        "Ra14" : 3.0,
        "Ra16" : 3.0,
        "Urbano" : 3.0);

//Ponderar o mapa de Solos
NumSolos = Pondere (Solos, TabPondSolos);

//Instanciação da Tabela de Ponderação de Permeabilidade
TabPondPermeabilidade = Novo (Categorialni = "Curvas_temat",
        "0-1" : 1.0,
        "2-3" : 1.5,
        "4-5" : 2.0,
        "6-7" : 2.5,
        ">8" : 3.0);

//Ponderar o mapa de Declividade
NumPermeabilidade = Pondere (Permeabilidade, TabPondPermeabilidade);

//Classificação : declividade e solos maior peso
NumClassif = Novo (Nome = "Grade_Classif",
        ResX=30, ResY=30, Escala=50000, Min=0, Max=3.0);
NumClassif = 0.30 * NumDecliv + 0.20 * NumUso + 0.30 * NumSolos + 0.20 *
NumPermeabilidade;
//Instanciação da Tabela de Fatiamento
TabFat = Novo (CategoriaFim = "Unidades",
        [0.0 , 1.25] : "Estável",
        [1.25 , 1.625] : "Mod. Estável",
        [1.625 , 2.25] : "Med. Estável/Instável",
        [2.25 , 2.625] : "Mod. Instável",
        [2.625 , 3.0] : "Instável");
//Instanciação PI Temático da Categoria Unidades
Unidades = Novo (Nome = "UnidadesEco_media2",
        ResX=30, ResY=30, Escala=50000);

//Fatiamento da Grade
Unidades = Fatie (NumClassif, TabFat);
}

```

APÊNDICE 2

Mapa de Unidades Ecodinâmicas Escala 1 : 50000