

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO E IMAGEM
DE ALTA RESOLUÇÃO PARA O PLANEJAMENTO
DO ECOTURISMO NO MORRO DO ELEFANTE -
SANTA MARIA/RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Wagner Rodrigues Marques

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

**UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO E IMAGEM DE
ALTA RESOLUÇÃO PARA O PLANEJAMENTO DO
ECOTURISMO NO MORRO DO ELEFANTE -
SANTA MARIA/RS**

por

Wagner Rodrigues Marques

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geomática (PPGG), Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geomática.**

Orientador: Prof. Dr. Pedro Roberto de Azambuja Madruga

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO E IMAGEM DE
ALTA RESOLUÇÃO PARA O PLANEJAMENTO DO
ECOTURISMO NO MORRO DO ELEFANTE - SANTA MARIA/RS**

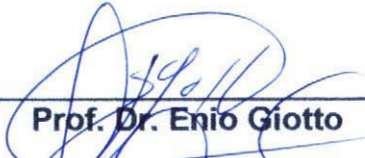
elaborada por
Wagner Rodrigues Marques

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

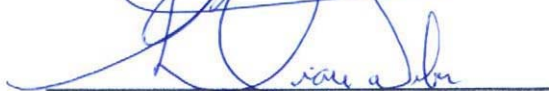
COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. Pedro Roberto de Azambuja Madruga
(Presidente/Orientador)



Prof. Dr. Enio Giotto



Profª. Drª. Liane de Souza Weber

Santa Maria, 18 de dezembro de 2006.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela possibilidade de cursar uma pós-graduação pública.

Ao amigo Ricardo Scaramussa (Caco), pela parceria nas trilhas e conhecimento da área.

A Luane de Souza (a vizinha), pela ajuda na formatação do trabalho, pelas massagens relaxantes e participação em várias trilhas.

Ao Márcio Bouffleur, pelo grande auxílio no Abstract.

Ao pesquisador Frantesco Delaflora, pela indicação de bibliografia sobre o Morro do Elefante.

Ao professor Pedro Roberto Madruga, pela orientação e amizade.

Aos membros da banca examinadora Professora Liane Weber e Professor Enio Giotto, pelas sugestões, análises e dicas, colaborando para o enriquecimento do trabalho.

A todos os meus alunos do curso de pós-graduação em Meio Ambiente e Sustentabilidade do Complexo de Ensino Superior de Cachoeirinha (CESUCA), que muito me ensinaram.

Ao Geógrafo Fernando Floresta (FEPAM), pela amizade, sugestões de leituras e principalmente pelos e-mails relacionados à problemática ambiental.

Aos amigos de muitos anos Daniela e Rodrigo Xisto (Osso), Junior Sacchtt, Marcio de Andrade, Carla, Andréia, Cíntia e Cristiane Tavares, Rodrigo Vieira, Leandro Borba e Antônio Gabriel pela vivência que tivemos e atualmente pelas escassas oportunidades de conversas e risadas.

Aos parceiros de música e filosofia de botequim Ronei Basso, Marcelo Oliveira, Nestor Neto, Neny Bittencourt, Vinícius "Véio" Mello, Vitor Calegaro e Ezequiel da Rosa, pelos momentos de descontração e aprendizado.

Aos colegas do PPGG pela parceria e companheirismo ao longo do curso, em especial para Danira Padilha, Eudes Alves, Juliano Andres, Waldeliza Mota, Maria Leon, Priscila Quesada, Cleber Saldanha e André Peres.

Aos tios de Porto Alegre Rudi, Geny Maffesoni e família, pela hospedagem e carinho que espero um dia retribuir.

A minha família, principalmente minha mãe Noemi Rodrigues, meu pai Amilton Marques (*in memoriam*), minha irmã Carine Marques e meus avós Francisco e Hilda Rodrigues pelo grande apoio e incentivo.

A sociedade, tal como a constituímos, não terá lugar para mim, nem me oferecerá nenhum. Mas a natureza, cujas doces chuvas caem tanto sobre os injustos como sobre os justos, terá nas rochas algum esconderijo onde eu possa me ocultar e, me oferecerá vales secretos em cujo silêncio poderei chorar sem que me perturbem. Ela fará refletir as estrelas na escuridão para que eu caminhe nas trevas; fará soprar o vento sobre o rastro de meus passos, lavar-me-á com suas abundantes águas, e curar-me-á com suas ervas amargas.

OSCAR WILD

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Geomática

Universidade Federal de Santa Maria

UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO E IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO PARA O PLANEJAMENTO DO ECOTURISMO NO MORRO DO ELEFANTE - SANTA MARIA/RS

AUTOR: Wagner Rodrigues Marques

ORIENTADOR: Pedro Roberto de Azambuja Madruga

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 18 de dezembro de 2006.

O presente trabalho utilizou técnicas de geoprocessamento associadas à imagem de alta resolução espacial para desenvolver um trabalho experimental, através da geração de mapas temáticos que possam auxiliar no processo de planejamento do ecoturismo. Os produtos cartográficos gerados foram: mapa de ecoturismo, uso da terra e cobertura vegetal, clinográfico, hipsométrico, modelo digital do terreno (MDT), conflitos ambientais, áreas com risco de erosão, áreas com risco de inundação e fragilidade potencial para atividades de ecoturismo. Utilizou-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) Idrisi32 e VistaSAGA 2006, a imagem de alta resolução espacial do satélite Ikonos II e o Sistema de Posicionamento Global (GPS), além de outros programas computacionais como o Carta Linx 1.2, o Campeiro 5.0, o Adobe Photoshop CS2, e o Corel Draw 12. O trabalho foi aplicado em uma área de 1600 ha onde se localiza o Morro do Elefante e seu entorno, no distrito de Arroio Grande, município de Santa Maria – RS. Os primeiros cruzamentos efetuados geraram mapas de riscos (erosão e inundação) e conflitos (áreas de preservação permanente de drenagens e nascentes utilizadas de forma inadequada). Num segundo momento efetuou-se o cruzamento dos mapas de áreas com risco de erosão, inundação e preservação permanente dando origem ao mapa de fragilidade potencial para atividades de ecoturismo. Foram consideradas como áreas mais frágeis as que se encontram dentro das APPs, além das áreas mais sujeitas a alagamentos e a processos erosivos e de deslizamentos. Desse modo, pode-se dizer que a confecção de mapas temáticos é de suma importância para o desenvolvimento sustentável do ecoturismo. A utilização das técnicas de geoprocessamento propiciam a obtenção de informações precisas e que por estarem armazenadas em meio digital podem ser facilmente cruzadas e atualizadas através do acesso ao Banco de Dados Geográfico, gerando dessa forma novas informações.

Palavras-chave: Ecoturismo, Geoprocessamento, Meio Ambiente.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation
Post-Graduation Program in Geomatics
Federal University of Santa Maria-RS-Brazil

USE OF THE GEOPROCESSING AND THE HIGH-RESOLUTION IMAGE FOR THE ECOTOURISM PLANNING IN MORRO DO ELEFANTE - SANTA MARIA/RS

AUTHOR: Wagner Rodrigues Marques

ADVISOR: Pedro Roberto de Azambuja Madruga

Date and Place of Defense: Santa Maria, December 18, 2006

The present paper has applied geoprocessing techniques in association with space high-resolution images in order to develop an experimental work by generating thematic maps which may be useful for the planning process of the ecotourism. The generated cartographic products were: ecotourism map, use of the land and vegetal covering, clinographic, hypsometric, digital terrain model (DTM), environmental conflicts, areas under erosion risk, areas under flooding risk and with potential fragility for ecotourism activities. The Geographic Information Systems (GIS) Idrisi 32 and VistaSAGA 2006, the space high-resolution image of the satellite Ikonos II and the Global Positioning System (GPS) besides other computer programs such as Carta linx 1.2, Campeiro 5.0, Adobe Photoshop CS2, and the Corel Draw 12 have been applied. The work has been accomplished in an area of 1600 hectares where Morro do Elefante is located in the municipal district of Arroio Grande in the city of Santa Maria-RS. The first performed crossings have generated risk maps (erosion and flooding) and conflicts (areas of permanent preservation of draining and nascent used in a wrong way). Subsequently, has been accomplished the crossing of the maps of areas with erosion, flooding and permanent preservation risk originating the map of potential fragility for the ecotourism activities. The areas within the APPs have been considered as the most fragile besides being the ones with highest risk of flooding, erosive processes and of sliding. Thus, we can say that the making of thematic maps is of fundamental importance for the maintainable development of the ecotourism. The use of geoprocessing techniques allows the obtaining of accurate information which for being stored in a digital environment they may be easily crossed and updated by accessing the Geographic Database generating, thus, new information.

Keywords: Ecotourism, Geoprocessing, Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Etapas no processo de planejamento do ecoturismo	33
FIGURA 2 – Etapas do geoprocessamento, tecnologias envolvidas e produtos gerados	37
FIGURA 3 – Estrutura geral de um Sistema de Informações Geográficas	42
FIGURA 4 – Diferentes representações matriciais de um mapa	44
FIGURA 5 – Superposição de níveis de informação ou planos de informação ..	45
FIGURA 6 – Elementos de representação vetorial	46
FIGURA 7 – Modelo Digital do Terreno (MDT)	49
FIGURA 8 – Satélites utilizados para coleta de dados de recursos naturais	51
FIGURA 9 – Espectro eletromagnético	53
FIGURA 10 – Mecanismo de interação entre energia eletromagnética e materiais	54
FIGURA 11 – Curva espectral da vegetação, da água e do solo	55
FIGURA 12 – Imagens coloridas obtidas a partir de composições com as bandas do ETM+ Landsat-7	57
FIGURA 13 – Informações que auxiliam no gerenciamento do atrativo no banco de dados	64
FIGURA 14 – Árvore de decisão para áreas potencialmente viáveis a atividades turísticas	66
FIGURA 15 – Localização da área em estudo	69
FIGURA 16 – Mapa de ecoturismo do Morro do Elefante	90
FIGURA 17 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do Morro do Elefante ...	93
FIGURA 18 – Mapa clinográfico do Morro do Elefante	95
FIGURA 19 – Mapa hipsométrico do Morro do Elefante	97
FIGURA 20 – Trilha Pata do Elefante representada sobre as curvas de nível	98
FIGURA 21 – Trilha Queda D'água representada sobre as curvas de nível	99

FIGURA 22 – Modelo Digital do Terreno (MDT) do Morro do Elefante	100
FIGURA 23 – Mapa de conflitos ambientais do Morro do Elefante (drenagens e nascentes)	102
FIGURA 24 – Mapa de áreas com risco de erosão no Morro do Elefante	104
FIGURA 25 – Mapa de áreas com risco de inundação no Morro do Elefante	108
FIGURA 26 – Mapa de fragilidade potencial para atividades de ecoturismo no Morro do Elefante	111

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Principais SIGs disponíveis no mercado e suas características	41
QUADRO 2 – Características das bandas do satélite Ikonos II	59
QUADRO 3 – Notas atribuídas as classes do mapa de uso da terra na avaliação da erosão	83
QUADRO 4 – Notas atribuídas as classes do mapa clinográfico na avaliação da erosão	83
QUADRO 5 – Notas atribuídas as classes do mapa de uso da terra na avaliação da inundação	84
QUADRO 6 – Notas atribuídas as classes do mapa hipsométrico na avaliação da inundação	84
QUADRO 7 – Notas atribuídas as classes do mapa APP na avaliação da fragilidade potencial para atividades de ecoturismo	85
QUADRO 8 – Notas atribuídas as classes do mapa áreas com risco de erosão na avaliação da fragilidade potencial para atividades de ecoturismo	86
QUADRO 9 – Notas atribuídas as classes do mapa áreas com risco de inundação na avaliação da fragilidade potencial para atividades de ecoturismo	86
QUADRO 10 – Propostas de atividades de lazer no Morro do Elefante e seu entorno	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP: Área de Preservação Permanente

BD: Banco de Dados

BDG: Banco de Dados Geográfico

CAD: 'Computer Aided Design' (Desenho auxiliado por computador)

CCE: Capacidade de Carga Efetiva

CCF: Capacidade de Carga Física

CCR: Capacidade de Carga Real

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DPI: 'Dops Per Inch' (pontos por polegadas)

EA: Educação Ambiental

EEM: Espectro Eletromagnético

EMBRATUR: Instituto Brasileiro de Turismo

IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEB: Instituto de Ecoturismo do Brasil

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IVM: Infravermelho Médio

IVP: Infravermelho Próximo

IVT: Infravermelho Termal

GB: Gigabyte

GHZ: Giga Hertz

GPS: 'Global Positioning System' (Sistema de Posicionamento Global)

MB: Megabyte

MDT: Modelo Digital do Terreno (imagem digital representando uma porção do espaço terrestre em terceira dimensão)

MNT: Modelo Numérico de Terreno (imagem digital com coordenadas XYZ)

NAVSTAR: 'Navigation Satellite Timing And Ranging' (nome dos satélites GPS)

OMT: Organização Mundial do Turismo

ONG: Organização Não-Governamental

ORTHO: Abreviação do termo *ortographic* (ortográfico), pois o tipo de perspectiva utilizada é conhecida como *ortographic perspective* (perspectiva ortográfica)

PDI: Processamento Digital de Imagens

PI: Plano de Informação

PIXEL: Abreviatura de "picture elements", é o menor elemento de uma imagem, formadores das estruturas raster, definidos por células que formam linhas e colunas espaçadas regularmente

PROECOTUR: Programa de Desenvolvimento do Ecoturismo na Amazônia Legal

RAM: 'Random Access Memory' (Memória de Acesso Aleatório)

REM: Radiação Eletromagnética

SAD69: South American Datum-69 (Datum da América do Sul de 1969)

SAGA: Sistema de Análise Geo-Ambiental

SIG: Sistema de Informações Geográficas

SR: Sensoriamento Remoto

TIN: 'Triangular Irregular Network' (Rede Irregular de Triângulos)

UHF: 'Ultra High Frequency' (Frequência Ultra Alta)

URL: 'Universal Resource Locator' (Localizador Universal de Recursos)

UTM: Universal Transversa de Mercator

UV: Ultravioleta

WTTC: 'World Travel & Tourism Council' (Conselho Mundial de Viagens e Turismo)

WWF: 'World Wildlife Found' (Fundo Mundial para a Natureza)

µm: Mícron. É a unidade de medida mais utilizada em SR para exprimir comprimentos de onda eletromagnética. 1µm representa a milésima parte do milímetro (1µm = 1mm / 1000), equivale a 10⁻⁶m.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 Ecoturismo	19
2.1.1 Definindo ecoturismo ou turismo ecológico	19
2.1.2 A situação atual do ecoturismo e o papel das ONGs	21
2.1.3 Principais atividades realizadas no ecoturismo	24
2.1.4 Trilhas	27
2.1.5 Impactos ambientais do ecoturismo	28
2.1.6 Ecoturismo e educação ambiental	30
2.1.7 Planejamento turístico	32
2.2 Geoprocessamento	36
2.3 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	39
2.3.1 Um breve histórico do SIG	39
2.3.2 O conceito de SIG	40
2.3.3 Os principais componentes de um SIG	42
2.3.4 Representações computacionais de mapas	43
2.3.4.1 Representação matricial ou raster	43
2.3.4.2 Representação vetorial	45
2.3.5 Mapas	46
2.3.5.1 Mapa Base	46
2.3.5.2 Mapas Temáticos	47
2.3.6 Modelo Numérico de Terreno (MNT)	48
2.4 Sensoriamento Remoto (SR)	50

2.4.1 Um breve histórico do SR	50
2.4.2 Conceito de SR	52
2.4.3 Processo de geração de imagens	53
2.4.4 Processo de composição das imagens coloridas	55
2.4.5 Resoluções em SR	58
2.4.6 O satélite Ikonos II	59
2.5 Sistema de Posicionamento Global (GPS)	61
2.6 Interfaces entre geoprocessamento e ecoturismo	63
3 MATERIAIS E MÉTODOS	68
3.1 Localização da área em estudo	68
3.2 Características físico-ambientais	70
3.2.1 Geomorfologia e geologia	70
3.2.2 Vegetação	71
3.2.3 Hidrografia	72
3.2.4 Clima	72
3.3 Recursos utilizados	73
3.3.1 Material cartográfico	73
3.3.2 Equipamentos computacionais e eletrônicos	73
3.3.3 Aplicativos computacionais	73
3.4 Metodologia	74
3.4.1 Digitalização matricial da carta topográfica	74
3.4.2 Montagem da composição colorida	74
3.4.3 Georreferenciamento	75
3.4.4 Digitalização vetorial do mapa base	76
3.4.5 Elaboração do mapa de ecoturismo	77
3.4.6 Digitalização do mapa de uso da terra e cobertura vegetal	78
3.4.7 Geração do mapa clinográfico, hipsométrico e MDT	79
3.4.8 Determinação das APPs e geração do mapa de conflitos ambientais	81
3.4.9 Geração dos mapas de áreas com risco de erosão e inundação	82
3.4.10 Geração do mapa de fragilidade potencial para atividades de Ecoturismo	85
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4.1 Mapa de ecoturismo	87
4.2 Mapa de uso da terra e cobertura vegetal	91

4.3 Mapa clinográfico, hipsométrico e MDT	94
4.4 Mapa de conflitos ambientais	101
4.5 Mapa de áreas com risco de erosão e inundação	103
4.6 Mapa de fragilidade potencial para atividades de ecoturismo	109
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
6 BIBLIOGRAFIA	115
GLOSSÁRIO DE TERMOS ESTRANGEIROS	123

1 INTRODUÇÃO

Pode-se considerar que a segunda metade do século XX foi o período do desenvolvimento do turismo como importante fonte econômica, assumindo um perfil de atividade de massa. No entanto foi a partir deste mesmo período que a sociedade passou a perceber os problemas ecológicos a nível global, de uma forma diferenciada de percepção da natureza. São dois fenômenos que surgem com grande força no cenário mundial.

Dentro desse contexto, as propostas de inter-relação entre ecologia e turismo, deram origem a um segmento da atividade turística que tem como principais objetivos a conservação do patrimônio natural, a educação ambiental (EA) e o desenvolvimento das comunidades autóctones¹. É nesse sentido que percebe-se uma inversão de valores nas propostas de ecoturismo com relação ao turismo de massa, onde há uma grande valorização do local em detrimento do global, ou seja, o praticante de ecoturismo possui interesse em obter conhecimentos sobre o meio ambiente e sobre a cultura de povos nativos no que se refere a língua, música, culinária, adornos, artesanato, práticas ecológicas, utilização medicinal de plantas, entre outros.

Sendo assim, percebe-se que o ecoturismo não necessita de muitos investimentos quanto à infra-estrutura, até porque isso descaracterizaria aquilo que mais tem valor para os praticantes que é a natureza no seu estado mais rústico e selvagem. Porém, é importante salientar que trilhas mal planejadas, excesso de visitantes e atitudes antiecológicas podem causar significativa degradação ambiental, e o planejamento desta atividade passa pelo conhecimento da área a ser utilizada.

O ecoturismo vincula-se a questões importantíssimas na sociedade contemporânea, pois relaciona entre si fenômenos complexos, como: o lazer (e sua conexão direta com o mundo do trabalho e das classes sociais); as atividades junto ao ambiente natural; os impactos negativos que essas atividades poderão acarretar dependendo da forma como forem conduzidas; a influência na qualidade de vida das populações envolvidas; e a educação e conservação ambiental.

¹ Indígena, nativo de uma região, descendente das raças que sempre ali habitaram.

Se a visão romântica da natureza atravessa o século XIX, a partir da metade do século XX trata-se de constatar os estragos realizados pela humanidade e, desta forma, perceber que a sociedade vive um período de grandes indefinições e impasses acerca das problemáticas socioambientais. O projeto civilizacional oriundo da modernidade criou uma situação de crise cujos significados e implicações, apenas agora começam a ser dimensionados.

Foi, principalmente, a partir de uma série de problemas ambientais cujos efeitos são percebidos a nível global, ou ainda, mediante um certo mal-estar mundializado, que a humanidade começou a deparar-se com a seriedade da questão (que está relacionada a finitude dos recursos naturais) e as influências sobre ela própria.

Dentro desse contexto a problemática ecológica no Brasil tem a sua urgência, posto que a dinâmica de transformação da natureza pelo homem moderno, em função das necessidades oriundas do meio urbano, tem os seus impactos sobre frágeis ecossistemas e o conseqüente desrespeito para com os grupos humanos, sejam eles, as comunidades indígenas, remanescentes de quilombos, seringueiros, caiçaras, ribeirinhos, etc (DIEGUES, 2000).

Nestas áreas, o ecoturismo pode ser considerado como uma atividade de conscientização ecológica e conservação do patrimônio ambiental, pois segundo Serrano (2000) é possível identificar-se uma relação estreita entre o ecoturismo e a EA. O contexto do surgimento desta nova segmentação da atividade turística favorece a associação entre essas práticas, pois foi a partir da década de oitenta – período de expansão do debate ambientalista em termos mundiais – que a busca do contato com a natureza através de viagens diferenciadas daquelas do turismo de massa fez-se notar com mais intensidade.

O ecoturismo é um dos segmentos do turismo que tem apresentado os maiores índices de crescimento. Enquanto a atividade turística tradicional cresce em média 7% ao ano no mundo, o ecoturismo progride 20%, segundo dados da Organização Mundial do Turismo (ADEODATO, 2004). Em virtude deste crescimento o Ministério do Meio Ambiente elaborou um mapa do Brasil com os principais pólos de ecoturismo. Isso implica em uma demanda crescente de turistas para áreas naturais, em busca de um maior contato com a natureza.

É justamente essa maior demanda de turistas que pode causar impactos negativos nas áreas ou regiões onde se desenvolvem atividades de ecoturismo, pois

o crescimento dessa atividade nos últimos anos, sem um planejamento adequado, aliado a falta de acesso à EA dos novos praticantes, vem colocando a paisagem como um objeto a ser consumido de forma alienada e não usufruída em sua plenitude através do conhecimento e da percepção da natureza. Desse modo pergunta-se: como conservar o meio ambiente e, ao mesmo tempo, tornar viável a crescente prática do ecoturismo?

O equilíbrio para este impasse pode ser obtido através de maiores investimentos em EA; num processo de planejamento consciente, que consiste na aplicação de um conjunto de conhecimentos e tecnologias conhecido como geoprocessamento; e na determinação da capacidade de suporte e monitoramento dos ambientes naturais.

A utilização do geoprocessamento permite o levantamento de uma infinidade de dados e informações, tanto de natureza quantitativa como qualitativa, tais como a avaliação de áreas desmatadas ou afetadas por queimadas, localização e dimensionamento de atividades poluentes e degradantes, etc. Facilitando assim o estudo e a análise de impactos causados no meio ambiente (FLORENZANO, 2002).

No caso do ecoturismo, além da análise e monitoramento das condições ambientais e paisagísticas que podem ser utilizadas na prevenção e/ou minimização de impactos, é possível ainda fazer um levantamento dos atrativos turísticos, possibilitando dessa forma a geração de planos de informação (PI), como vegetação, drenagem, declividade, pontos turísticos, entre outros, que ao serem cruzados, permitem a obtenção de novas informações que são de suma importância para o desenvolvimento de um planejamento sustentável.

Essas informações obtidas através do geoprocessamento são organizadas, processadas e expressas na forma de mapas (com elevado nível de precisão). Os sistemas computacionais permitem a integração, em meio digital, das informações gráficas (mapas, fotos, desenhos, gráficos, entre outros), textuais e estatísticas, observando-se o referenciamento das mesmas, a um sistema padrão de posicionamento geográfico, o que as complementa e valoriza, permitindo sua fácil e rápida correlação e localização espacial.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma pesquisa experimental no Morro do Elefante e seu entorno, através da utilização de técnicas de geoprocessamento associadas à imagem de alta resolução, de modo a obter produtos cartográficos que possam auxiliar no processo de planejamento de atividades de ecoturismo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Executar o levantamento do potencial para ecoturismo em trilhas do Morro do Elefante e entorno;
- Elaborar planos de informação com o uso de técnicas de geoprocessamento;
- Estabelecer o cruzamento dos planos de informação para a obtenção de mapas de riscos e conflitos;
- Identificar e quantificar variáveis ambientais na região do Morro do Elefante;
- Gerar um mapa de fragilidade potencial para atividades de ecoturismo a partir do cruzamento dos planos de informação resultantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ecoturismo

2.1.1 Definindo ecoturismo ou turismo ecológico

Embora o termo Ecoturismo seja recente, Ferretti (2002) afirma que já eram conhecidos ecoturistas no século XIX. Na metade do século XX, este interesse pela natureza é trocado pela massificação dos roteiros turísticos independente dos conflitos resultantes. Somente no final do século XX, o turista volta-se, novamente, para as áreas naturais, aparentemente, mais consciente dos impactos ambientais que podem ser promovidos.

De acordo com Dias (2003) a palavra ecoturismo, foi adotada por Hetzel em 1965, no artigo *Environment, tourism, culture* publicado na revista *Ecosphere*, onde indica 4 condições para um turismo responsável:

- Impacto ambiental mínimo;
- Impacto mínimo – e máximo respeito para com as culturas anfitriãs;
- Máximo benefício econômico para as comunidades locais do país anfitrião;
- Máximo de satisfação recreativa para os turistas participantes.

No entanto, a maioria dos autores considera como criador do termo Ecoturismo o arquiteto e ambientalista mexicano Héctor Ceballos-Lascuráin, em 1983, que dizia que o ecoturismo é um turismo que consiste em viajar para áreas naturais não degradadas ou não poluídas, com o objetivo específico de estudar, admirar e fruir a paisagem e suas plantas e animais, tanto quanto manifestações culturais (do passado e do presente) encontradas nessas áreas. O ponto principal é que a pessoa que pratica ecoturismo tem a oportunidade de mergulhar na natureza de uma maneira normalmente não possível no meio ambiente urbano (H. CEBALLOS-LASCURÁIN apud PELLEGRINI FILHO, 2000).

Serrano (2000) cita a definição de ecoturismo adotada pelo Instituto Brasileiro de Turismo, que coloca o mesmo como um segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua

conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações envolvidas.

Para Delgado (2000) o ecoturismo é uma atividade espontânea ou previamente planejada, que implica na visita, apreciação e uso de um espaço natural ou cultural, onde as partes envolvidas se respeitam, beneficiando-se mutuamente e mantendo de forma sustentável as condições que a propiciaram.

Conforme Western (1999) ecoturismo é provocar e satisfazer o desejo que temos de estar em contato com a natureza, é explorar o potencial turístico visando à conservação e ao desenvolvimento, é evitar o impacto negativo sobre a ecologia, a cultura e a estética.

É importante ressaltar que para cada grupo de interesse envolvido na atividade, há uma distinta abordagem do conceito. Buscando exemplificar, pode-se afirmar que para o membro de uma comunidade de pescadores artesanais no sul de Cananéia, estado de São Paulo, iniciando na atividade turística, a abordagem sobre o ecoturismo é distinta da usada pelo proprietário de um ecolodge² com mais de cem unidades habitacionais, localizado no interior do estado do Amazonas, e que possui uma taxa de ocupação que lhe garante retorno financeiro há vários anos (DALE, 2005).

No caso deste trabalho, considera-se que o ecoturismo possui na atualidade um duplo caráter. Isso quer dizer que ele pode estar ligado à idéia de conservação e/ou preservação do patrimônio natural, podendo ainda beneficiar a comunidade local, desde que haja um planejamento adequado que terá como base o estudo dos aspectos geográficos / ambientais da área a ser utilizada e permitindo também o acesso à educação ambiental, através de práticas educativas junto à natureza. Quando essas prerrogativas não são levadas em consideração o que se percebe é que o ecoturismo pode assumir uma postura de turismo predatório, devido ao impacto que essa atividade pode gerar sobre ecossistemas de grande fragilidade.

² Conforme Bottrill e Pearce citado por Reimberg (2005) é o termo utilizado para designar um alojamento dependente da natureza que recorre à filosofia e aos princípios do ecoturismo. De uma forma purista um ecolodge oferecerá ao turista uma experiência participativa e educacional, a ser desenvolvida e administrada de uma maneira ambientalmente sensível, protegendo o ambiente em que opera.

2.1.2 A situação atual do ecoturismo e o papel das ONGs

Vários são os países que na atualidade, segundo Lindberg e Hurber (apud SANTOS, 2005) investem no Ecoturismo com lucros anuais significativos: no Quênia os lucros diretos e indiretos são responsáveis por cerca de 10% do produto interno bruto. Outras áreas protegidas da África Oriental representam a maior fonte de rendimento da região, bem como se traduz em força motriz das economias de ilhas tropicais do Caribe, Pacífico e Índico.

Na América Latina, ao longo dos últimos 30 anos, países como Costa Rica, Panamá, República Dominicana, México, Equador, Bolívia, Venezuela e Colômbia, de extensão territorial inferior à brasileira e com menores ecossistemas, investiram em projetos e programas de Ecoturismo (BRUM, 2001).

No Brasil, percebe-se uma vontade política de alguns setores para desenvolver o ecoturismo responsável, ao incluírem-no como meta em suas agendas políticas. Como exemplo significativo, há o documento produzido e divulgado no fim de 1994 pelo Instituto Brasileiro de Turismo (Embratur) e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), intitulado *Diretrizes para uma política nacional de ecoturismo*. O programa de Desenvolvimento do Ecoturismo na Amazônia Legal (Proecotur) é outro exemplo de uma grande iniciativa da esfera pública. Tal programa baseia-se na criação de um modelo de desenvolvimento sustentável para os estados a partir de uma pesquisa que deu origem ao documento *Pólos de ecoturismo do Brasil*, no qual foram identificados 96 pólos em potencial para o desenvolvimento da atividade, com um projeto inicial para planejamento de dez deles. Os projetos foram desenvolvidos em parceria com a ONG Instituto de Ecoturismo do Brasil (IEB) e têm como objetivo maior promover e direcionar o desenvolvimento ordenado da atividade ecoturística no país, mobilizando e envolvendo as comunidades locais num processo de gestão contínua e participativa (LAVINI e RABINOVICI, 2005).

Porém, segundo os autores, essas iniciativas ainda são pouco frequentes e descontínuas. A Embratur tem apoiado diversos projetos, como a Agenda de Ecoturismo do Vale do Ribeira, o Pólo Ecoturístico do Sertão Central do Ceará, a capacitação de técnicos do Parque Nacional da Serra da Capivara e o Pólo Ecoturístico do Lagamar; no entanto todos são articulados e implementados pelas ONGs ambientalistas. Podendo-se dizer que as políticas públicas direcionadas para

esse setor ainda são bastante tímidas, e suas ações ainda têm pouca visibilidade. O mercado ecoturístico segue em expansão, sem que se estabeleça uma discussão mais abrangente e que envolva seus diversos atores sociais, à exceção de esforços localizados em algumas regiões, como Bonito (MS) e Brotas (SP).

A participação das ONGs é reforçada por Lavini e Rabinovici (2005) que, em seus estudos, legitimam a intervenção dessas entidades no setor ecoturístico, pois as iniciativas governamentais não têm sido suficientes para gerar resultados positivos na implementação do ecoturismo, assim como as poucas iniciativas privadas, preocupadas quase que exclusivamente com o lucro rápido e fácil.

Um exemplo da parceria ecoturismo - iniciativa privada – ONGs ocorreu no município de Brotas, localizado no centro do Estado de São Paulo. A resistência à implementação de indústrias poluidoras no município, articulada pela ONG Movimento Rio Vivo, contribuiu para a ampliação da participação popular nas ações conservacionistas e gerou as primeiras sementes para o desenvolvimento do ecoturismo na região. Dessa iniciativa nasceu a Mata'dentro, uma empresa de ecoturismo que tem como grande desafio transformar o potencial natural do município em produtos ecoturísticos consistentes. Com o crescimento da demanda, a pequena empresa desenvolveu um curso de capacitação para a comunidade. Após seis anos de trabalho, Brotas transformou-se numa referência nacional de turismo de aventura, recebendo 80 mil turistas por ano (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

Cada vez mais, as ONGs ambientalistas têm sido reconhecidas por sua capacidade de atuar e implementar a sustentabilidade do ecoturismo como um todo. Por isso, têm sido chamadas para as discussões que definem os rumos do setor. Desde 1996, quando a Organização Mundial do Turismo (OMT), o Conselho Mundial de Viagens e Turismo (WTTC) e o Conselho da Terra divulgaram a *Agenda 21 para a indústria de viagens e turismo*, a necessidade de se formar parcerias entre os três setores envolvidos com a questão passou a ser enfatizada e recomendada.

O mesmo acontece com a *Declaração de Ecoturismo de Quebec*, documento resultante da Cúpula Mundial de Ecoturismo, realizada em 2002, o Ano Internacional do Ecoturismo, cujo intuito foi registrar uma agenda preliminar e estabelecer uma série de recomendações para o crescimento das atividades de ecoturismo implementadas sob o contexto do desenvolvimento sustentável. Tal

documento apresenta uma seção inteira sobre as ONGs, destacando inúmeras vezes a necessidade de parcerias e de colaboração dessas entidades.

Um exemplo de empreendimento ecoturístico que vem dando certo é o da reserva de Mamirauá, situada em Tefé (AM), que possui uma área de 11 mil km² com florestas, rios, lagos e refúgios de espécies amazônicas raras. Embora tenha sido criada inicialmente para salvar da extinção uma espécie endêmica de primatas do oeste da Amazônia, os uacari-brancos, a reserva passou a ser área de desenvolvimento sustentável, aberta ao ecoturismo desde 1998 (ADEODATO, 2004).

Segundo o autor, o principal segredo da reserva é o manejo participativo – ou seja, todos os projetos de exploração econômica, inclusive o ecoturismo, são conduzidos a partir de regras aprovadas pela comunidade. Com a renda gerada pelos serviços prestados aos visitantes, a floresta encontrou alternativas para escapar da exploração predatória. O roteiro inclui a visitação às comunidades ribeirinhas para conhecer como é possível explorar a pesca e os produtos florestais, principalmente a madeira, sem destruir os ecossistemas. A renda das famílias aumentou 107% em seis anos.

Outra região reconhecida como pólo de ecoturismo em nível nacional é Bonito, no Mato Grosso do Sul. O município está situado na entrada do Pantanal, ao pé da Serra da Bodoquena, de onde brotam rios cristalinos que ali formam aquários naturais. Passeios para flutuação em riachos cheios de peixes coloridos são o principal atrativo do lugar – além de grutas, cachoeiras e caminhadas em trilhas para observação da fauna e da flora.

Mas Bonito paga o preço de sua fama e, à medida que cresce o número de visitantes, aparecem os problemas. Um deles é o esgoto doméstico gerado pelas casas, pousadas e restaurantes e despejado diretamente na natureza. O problema começou a ser solucionado em 2004 com a construção de uma estação de tratamento no município, com verba de R\$ 9 milhões da Petrobrás. Mas há outros obstáculos. Somente o lago da Gruta Azul, ponto alto do roteiro ecoturístico local, recebe 50 mil visitantes por ano e ninguém sabe ao certo se o ambiente suporta tanta gente (ADEODATO, 2004).

O autor comenta ainda sobre o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, em Alto Paraíso (GO), que ainda é uma das poucas áreas protegidas do cerrado brasileiro. Milhares de visitantes procuram o parque atraídos não apenas

pela sua beleza natural como pela fama de pólo energético do planeta. Agora, a visitação passou a ser organizada e permitida somente na companhia de monitores. Antigos garimpeiros e cortadores de lenha da Vila de São Jorge, situada na entrada da área de preservação, tornaram-se guias de ecoturismo e hoje defendem a natureza para manter o “ganha-pão”. Aprenderam a conscientizar os visitantes sobre os riscos ambientais e a necessidade de preservar aquele cenário de montanhas e belas cachoeiras. No entorno do parque, o Grupo de Apoio ao Meio Ambiente (Gama), em parceria com outras ONGs, promove cursos e incentiva a população a desenvolver serviç os em ecoturismo.

Um outro exemplo de empreendimento bem sucedido é o Ecoparque de Una, a 45 km ao sul de Ilhéus (BA), sendo uma das regiões mais recomendadas para o ecoturismo no litoral nordestino. Dentro do parque existem quatro passarelas suspensas, situadas a 22 metros de altura, onde é possível ver de perto pássaros, macacos e outros animais que são freqüentam lugares altos. Dos 383 hectares de Mata Atlântica da reserva, 10 estão abertos para o ecoturismo, conforme o plano de manejo elaborado em oficinas de planejamento com a participação de moradores, ONGs e instituições do governo. Nas trilhas sinalizadas, os visitantes observam plantas e animais t picos do ecossistema e recebem informações valiosas dos guias. Além disso, tomam contato com iniciativas ecológicas inovadoras, como o plantio de seringueiras, associado ao açaí (ECOPARQUE, 2006).

Adeodato (2004) comenta que na região central do Rio Grande do Sul, nos vales da Serra Geral, os nove municípios pertencentes à Quarta Col nia de Imigração Italiana se uniram para formar guias ambientais e incentivar os proprietários rurais a abrir trilhas e transformar as casa de fazendas em pousadas. O objetivo é diversificar as atividades econ micas e preservar a natureza. Os visitantes podem escolher roteiros diferentes que duram de dois a seis dias, passando por mais de um município. Ao todo, são 11 rotas mapeadas pelo Projeto de Turismo Integrado da Quarta Col nia, desenvolvido com apoio do Sebrae-RS.

2.1.3 Principais atividades realizadas no ecoturismo

Ecoturismo   uma fusão de termos que suscita a complexidade, as possíveis interações entre ecologia e turismo; mera palavra a delinear contornos nem tão precisos: a expressão demonstra a sua dimensão relacional, ou seja, para concebê-

lo como um fenômeno de importância na atualidade, torna-se necessário percebermos a sua natureza híbrida, o que presume uma dinâmica de interação.

O ecoturismo, como um conjunto de atividades de lazer junto ao ambiente natural implica na existência de uma série de *estilos* que, por sua vez relacionam-se a diferentes formas e propostas de experimentar as práticas ecoturísticas, ligado, por isso, as escolhas individuais e aos grupos sociais a que pertencem os participantes.

Desse modo as atividades realizadas dentro do ecoturismo são bastante variadas, possibilitando a interação do homem com a natureza, Moletta e Goidanich (1998, v.2, p. 11-14) nos indicam as principais:

- Acampamento: trata-se de um ou vários pernoites junto à natureza, geralmente em barracas. Realizado em pequenos grupos, em áreas preparadas ou não. Na maioria dos casos, o turista leva seu próprio equipamento;
- Caminhada (*trekking*): consiste na realização de caminhadas, em trilhas ou não, onde o turista carrega seu próprio equipamento em mochilas especiais. Própria para contemplar paisagens, cascatas, montanhas, praias, observação de fauna ou flora. Muitas vezes, o local visitado é acidentado ou desprovido de acesso, sendo a caminhada a única alternativa para chegar até ele;
- Cavalgada: muito usada para conhecer lugares que só a cavalo é possível chegar. Além disso, a relação entre cavalo e cavaleiro é um fator motivador para uma maior integração com o meio ambiente, podendo ser um ponto alto do passeio. Viajar a cavalo é um meio seguro de chegar a certos destinos, apreciando a paisagem local;
- Ciclismo: uma forma de viajar sem poluir. Praticada, geralmente, por grupos pequenos e em estradas asfaltadas (com baixo movimento), de chão batido ou em trilhas mais íngremes (*mountain bike*). Próprio para turistas com bom condicionamento físico e que gostam de apreciar a paisagem;
- Escalada: atividade de conquistar montanhas ou paredões de rocha com o uso de equipamentos especiais. É necessário um bom condicionamento físico, um conhecimento técnico sobre o esporte e o acompanhamento de pessoas experientes;

- Espeleoturismo (*caving*): atividade que explora cavernas. Necessita de equipamentos especiais;
- Mergulho: uma excelente forma de conhecer a fauna subaquática. Pode ser realizado apenas com “pé-de-pato”, máscara e *snorkel* – tubo para respiração – (mergulho livre) ou utilizando equipamentos mais específicos (mergulho autônomo). Neste último caso, o visitante necessita de conhecimentos prévios;
- Montanhismo: conjunto de atividades em regiões montanhosas, como caminhadas e acampamentos, sem uso de equipamentos específicos;
- Observação de animais: é geralmente praticada por grupos que aperfeiçoam suas habilidades de localizar e identificar as diferentes espécies de animais nos respectivos habitats, observando seu comportamento e mantendo cuidadosos registros. Um exemplo desse tipo de atividade são os observadores de aves, que organizam saídas de campo e viagens, publicam periódicos informativos, promovem palestras e ações de preservação do ambiente;
- Passeio de barco: este pode ser a motor, a remo ou a vela. O primeiro caso é mais usado como meio de transporte para chegar num determinado local. Já os barcos a remo ou a vela são próprios para observação e fotografia de fauna, pois tornam possível a aproximação silenciosa do turista. Por outro lado, o barco a motor pode ser uma excelente maneira de levar um maior número de pessoas para vislumbrar uma determinada paisagem (uma cachoeira, um estuário ou um conjunto de ilhas) causando um menor impacto ambiental, uma vez que essas pessoas não desembarcam;
- Passeio de jipe: diurno ou noturno, com o objetivo principal de observar a flora e a fauna locais. Entretanto, um grande número desses veículos ou apenas um com motor desregulado poderá causar problemas sérios no ambiente;
- *Rafting* (do inglês “*raft*”, significa balsa): é a aventura de descer rios e corredeiras num bote de borracha;
- Rapel: é uma técnica de descida de obstáculos (cachoeiras, paredões), onde o usuário desliza controlado por um cabo;

- Safári fotográfico: saída com o objetivo de fotografar o ambiente. Geralmente um safári fotográfico está associado a uma caminhada ou acampamento, saída de barco ou mergulho.

Como pode-se perceber existe uma variedade significativa de práticas ecoturísticas, desta forma, talvez fosse interessante pensar a questão em termos de ecoturismos, pois não se está tratando de um fenômeno homogeneizante. Pelo contrário, ele abarca uma série de atividades, onde o grau de envolvimento social, psicológico, físico e educativo por parte dos praticantes é amplamente variável.

2.1.4 Trilhas

Provavelmente, as mais antigas trilhas surgiram como consequência direta dos movimentos migratórios dos grandes mamíferos, principalmente, herbívoros, fugindo dos invernos rigorosos. O ser humano começou a utilizar e/ou estabelecer trilhas para vários fins, desde a simples procura de alimentos e água, até peregrinações religiosas, viagens comerciais e ações militares (ANDRADE apud SANTOS, 2005).

Desde que pisaram o solo brasileiro, os colonizadores portugueses, para ocuparem a terra e se deslocarem, se aproveitaram das inúmeras trilhas abertas pelos índios, por todo o território. À medida que a colônia se desenvolveu, as estreitas e perigosas trilhas se transformaram em caminhos que permitiam a passagem de animais de carga. Por fim, vieram as ferrovias e as modernas rodovias (SANTOS, 2005).

Conforme Andrade (2003) a principal função das trilhas sempre foi suprir a necessidade de deslocamento. No entanto, pode-se verificar que ao longo dos anos houve uma alteração de valores em relação às trilhas. De simples meio de deslocamento, as trilhas surgem como meio de contato com a natureza.

Segundo Lima (1998) as classes gerais de trilhas, podem ser divididas em:

- Trilhas de interpretação de caráter educativo, assim denominadas, pois consistem em instrumentos pedagógicos, onde o percurso deve ser de curta distância, buscando otimizar a compreensão das características da seqüência paisagística determinada pelo traçado. No caso de áreas naturais são

conhecidas como trilhas de interpretação da natureza, podendo ser: auto-interpretativa, monitorada simples e com monitoramento associado a outras programações.

- Trilhas cênicas, as quais integram um sistema de outras redes, geralmente como uma seqüência paisagística envolvendo cenários urbanos, rurais e selvagens, enfocando diferentes aspectos e atributos. Possuem longas distâncias e grandes extensões.

De acordo com o autor podem ser estabelecidos diversos tipos de trilhas, as quais se classificam quanto:

- A função: de vigilância, recreativa, educativa, interpretativa e de travessia;
- A forma:
 - Circular: oferece a possibilidade de se voltar ao ponto de partida sem repetir o percurso ou cruzar com outros visitantes;
 - Oito: são muito eficientes em áreas limitadas, pois aumentam a possibilidade de uso destes espaços;
 - Linear: é o formato mais simples e comum. Geralmente, conecta a um destino como cavernas, clareiras, lagos, etc. A desvantagem é a volta pelo mesmo caminho de ida e a possibilidade de cruzar com outros visitantes;
 - Atalho: o início e o fim estão em diferentes pontos de uma trilha ou caminhos principais;
- Grau de dificuldade: caminhada leve, moderada e pesada;
- Declividade do terreno: ascendente, descendente ou irregular.

2.1.5 Impactos ambientais do ecoturismo

Segundo Barros et al. (2000) poderá haver dois tipos de impactos: os ecológicos, quando provocam alterações no ambiente, degradando o solo, a vegetação, os recursos hídricos e a fauna; e os sociais, quando causam uma diminuição na qualidade da experiência dos visitantes.

No caso dos impactos ecológicos, os principais problemas com relação ao solo, ocorrem com a destruição da serapilheira (camada superficial de matéria orgânica) e com a própria compactação do mesmo. Cada um desses danos causa

alterações nas suas características básicas relacionadas com a aeração, temperatura, umidade, nutrição e com os organismos que ali vivem.

Estas alterações, vão afetar significativamente a capacidade do solo em proporcionar suporte à vegetação; normalmente são percebidas em locais de acampamento muito utilizados. A compactação, através da redução da capacidade de infiltração da água e, conseqüentemente, o aumento das enxurradas, contribui para o desenvolvimento da erosão.

Grande parte dessas alterações nas condições do solo acabam por inibir o crescimento de novas plantas, afetando assim o desenvolvimento das já existentes. Percebe-se então que, além da cobertura vegetal, as taxas de crescimento e a capacidade reprodutiva também são diminuídas.

Além dos impactos causados no solo, que irão afetar diretamente a vegetação, ainda temos os impactos causados na vegetação que irá conseqüentemente afetar o solo, ou seja, a perda da cobertura vegetal, assim como da matéria orgânica, provoca o desenvolvimento rápido do processo erosivo.

Pode-se relacionar ainda os danos causados na fauna, principalmente através da alteração dos habitats. Para animais de médio porte os impactos causados pela visitação são diretos, através da morte ou distúrbio não intencional. Os distúrbios podem diminuir a taxa de reprodução, por exemplo quando um passarinho abandona o ninho; podem aumentar a migração para outras áreas ou resultar em adaptação, quando um lobo-guará aprende a alimentar-se de lixo deixado por visitantes em áreas de acampamento, por exemplo.

Pequenos animais são mais afetados por alterações no hábitat. Como exemplos podemos citar os impactos no solo, como a perda de matéria orgânica, que diminui a fonte de alimento de muitos insetos; impactos na vegetação, como a utilização de galhos e troncos caídos para fogueiras, diminuem a disponibilidade de abrigo para muitas espécies que são importantes pelo papel que desempenham na decomposição e no ciclo de nutrientes e energia. Alterações na estrutura das populações desses animais, na distribuição espacial, na densidade e até no comportamento irão conseqüentemente influenciar o solo, a vegetação e a água.

A qualidade da água é reduzida com a adição de nutrientes e outros agentes poluidores, incluindo produtos de sedimentação gerados pela erosão e contaminação por agentes patogênicos. Essa contaminação é causada pela disposição ou tratamento inadequado dos dejetos humanos. A poluição da água,

causada por diversas razões, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido alterando a sobrevivência de plantas e animais aquáticos.

Percebe-se a partir do que foi dito, que fauna e flora estão intimamente inter-relacionados em uma cadeia de extrema fragilidade, sendo que qualquer alteração introduzida nesse ambiente através da ação antrópica, poderá acarretar impactos negativos em todo o ecossistema, podendo provocar desequilíbrios irreversíveis.

No caso dos impactos sociais, observa-se que estes estão assumindo um caráter cada vez mais relevante. Trata-se de um conceito novo que incorpora a qualidade da experiência do visitante à qualidade do ambiente natural, passando pelo respeito que cada indivíduo deve ter pelos demais. Entre os impactos sociais Barros et al (2000) cita por exemplo o “número de pessoas” que o visitante encontra durante sua estada em uma área considerada remota, argumentando que algumas pessoas valorizam a sensação de isolamento e o fato de encontrarem um grupo grande no mesmo local, diminui a qualidade de sua experiência.

Um outro tipo de impacto social está relacionado com a falta de oferta e qualidade de uma infra-estrutura mínima, como a importância da implantação de trilhas bem projetadas, onde o seu traçado deve contemplar diferentes paisagens, para que desta forma o ecoturista obtenha uma experiência mais rica.

Como se pode notar, os impactos sociais não só afetam as relações interpessoais ou inter-grupos, mas contribuem significativamente para que o efeito educativo de uma visita à natureza seja reduzido.

2.1.6 Ecoturismo e educação ambiental

Na relação entre o ecoturismo, os estudos do meio e a educação ambiental, o que está claramente proposto é uma mudança de paradigma, onde esta última deve contribuir para que o visitante seja preparado e adaptado ao ambiente a ser visitado, ao invés de transformar-se o ambiente para atender às expectativas dos visitantes. Desta forma, o visitante deve respeitar a cultura e a organização social local, bem como a capacidade de suporte imposta pelo ambiente natural do sítio de visitação. Por tudo isso, acreditamos que o desenvolvimento do ecoturismo passa certamente pela valorização do trabalho de educação ambiental.

Nesse sentido Ferreira (2000) argumenta que dentro de uma perspectiva científica, e na busca da compreensão dos fenômenos naturais, nada melhor do que

a observação do ambiente no qual estamos inseridos para que possamos nos enxergar como parte integrante deste, e não dissociados do mesmo.

Este autor nos diz ainda que não só a natureza no seu estado “esplendoroso” pode servir como veículo de educação ambiental, mas as transformações causadas pelo homem em seus diversos níveis, também constituem-se como “atrativos”, pois permitem uma reflexão sobre a ação predatória deste sobre o meio ambiente. Desse modo, áreas de desmatamento, barragens, ocupação de várzeas de rio, industrialização, acúmulo de lixo nos rios e terrenos a céu aberto, poluição dos rios e outros, podem e devem ser foco de observação, interpretação e análise.

De acordo com Floresta (2003) o desenvolvimento de roteiros e programas diferenciados, para vários tipos de ambientes, associados à transmissão de informações e conceitos, levam com relativa facilidade ao aprendizado. Mas o grande legado deixado para o turista, sem dúvida nenhuma, é a compreensão e a consciência da importância de se preservar o ambiente natural, a história e a cultura dos lugares visitados.

Sendo assim, acredita-se que o ecoturismo encerra muitas oportunidades de contribuir para que o indivíduo tome contato com o ambiente natural, perceba sua importância e significado para si mesmo e para a sociedade, passando a ter a natureza como um elemento próximo de suas ações. Isso faz com que esta modalidade turística faça parte de um paradigma emergente caracterizado pela “promoção de uma lógica que leva o ser humano a redescobrir o lugar que lhe corresponde dentro do conjunto harmonioso do universo” (GUTIÉRREZ e PRADO apud BARROS et al., 2000). Entretanto esse é um processo que muitas vezes não acontece por si só, mas sim necessita que haja preparação, sentido, mediação e produtos, componentes que nos levam a enxergá-lo como um processo educativo.

Dentro desse contexto tornam-se importantes os trabalhos na área de educação ambiental, aliando experiência de lazer com o conhecimento da natureza, a partir de um contato maior com os ecossistemas, permitindo associar prazer e obtenção de informações corretas acerca do ambiente. Estudos sobre ecologia, levantamentos faunísticos e florísticos, bem como dos aspectos geográficos da região possibilitariam aumentar o leque de informações sobre a área, que poderiam ser transmitidas de uma forma alternativa para os ecoturistas por pessoas especializadas, através do contato direto com o meio natural.

2.1.7 Planejamento turístico

É importante lembrar que na exploração turística do patrimônio ambiental, se considere o impacto que esse processo irá acarretar sobre o meio, procurando-se atenuar ao máximo os conseqüentes prejuízos e calculando-se a capacidade de absorção do ambiente para se evitar o seu irremediável comprometimento. Porque a transformação da paisagem, a poluição das águas, do ar, o acúmulo de lixo, etc., vão comprometer não só a qualidade de vida das gerações presentes e futuras como a própria “matéria-prima” do ecoturismo que é a natureza.

Nesse sentido Luchiari (2000) ressalta a importância do planejamento no turismo, argumentando que, o planejamento, antes de “ordenar”, é uma racionalidade instrumental que se impõe à organização territorial – imprescindível nos lugares onde se desenvolvem atividades turísticas.

Conforme a autora, a infra-estrutura turística só pode ser aceita pelo lugar, cidade ou município, se tal empreendimento prever uma contrapartida para a revalorização do lugar e de seu patrimônio socioambiental, tais como: extensão de infra-estrutura, extensão de serviços, inclusão e capacitação da população local como força de trabalho, valorização dos bens culturais locais, recuperação de áreas degradadas, tratamento adequado na destinação de resíduos (lixo e esgoto), etc.

Sendo assim pode-se dizer, que o planejamento turístico deveria ser, antes de tudo, uma contribuição para a melhoria da qualidade do lugar e da vida daqueles que permanecem em suas trajetórias cotidianas.

Floresta (2003) indica algumas etapas importantes dentro do processo de planejamento ecoturístico: a) o zoneamento adequado; b) a delimitação correta dos locais de visitação; c) o estabelecimento do número ideal de visitantes, de maneira a não quebrar ou ferir a harmonia ambiental.

Boo (1999) nos diz que é preciso avaliar o nível de turismo que é melhor para cada área, para então arquitetar uma estratégia que atinja o nível desejado. A estratégia deverá guiar o desenvolvimento e a gestão do ecoturismo, a fim de assegurar que não ocorra uma ocupa o excessiva da área, incentivar a educa o ambiental, e criar mecanismos capazes de gerar empregos e renda, envolvendo as comunidades próximas.

Mitraud (2003) estabelece passos ou etapas para um planejamento criterioso, integrado, participativo e sustentável, onde os métodos podem ser

adaptados tanto para áreas sem presença do turismo como para áreas já em desenvolvimento. Assim, no momento da elaboração de um plano de desenvolvimento de ecoturismo, seja para uma região ou município, quatro passos básicos devem ser seguidos (figura 1).

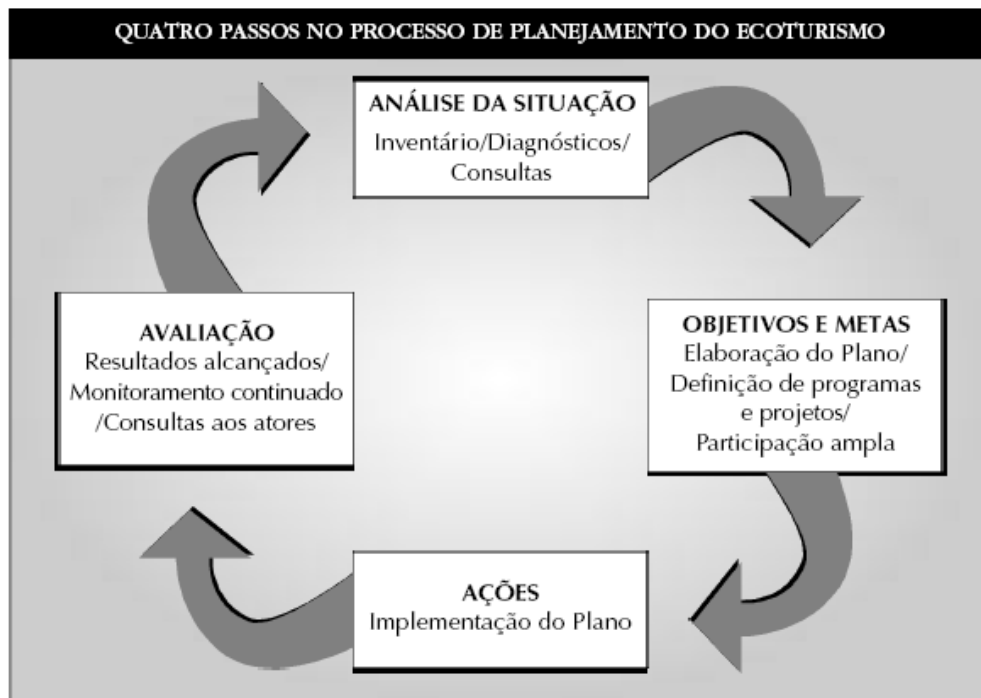


Figura 1: Etapas no processo de planejamento do ecoturismo
Fonte: Mitraud, 2003

- *Análise da situação (onde estamos?)*

É o conhecimento da realidade, das estruturas, atrativos, serviços, clientes, a visão da comunidade sobre o turismo, problemas e necessidades existentes etc. A investigação da situação atual considera um enfoque integrado de âmbito político, legal, social, econômico e ambiental. Apresentando os dados à comunidade e discutindo com lideranças, governos e empresas parceiras tanto para o desenvolvimento de diagnósticos estratégicos participativos como para a elaboração dos objetivos e metas para tomada de decisões.

- *Objetivos e metas (aonde queremos chegar?)*

Diante da realidade apresentada, quais são os nossos objetivos, o que queremos do turismo e para a comunidade a curto, médio e longo prazo? Quem serão os beneficiários em termos de conservação e desenvolvimento local?

- *Ações (como chegaremos lá?)*

Definição das ações necessárias para atingir nossos objetivos. Quais as medidas mitigadoras de impacto socioambiental? Deve-se pesquisar o mercado atual e potencial: produtos existentes, concorrentes, seus preços e diferenciais, demanda efetiva e potencial, tendências de desenvolvimento etc. Como desenvolver produtos, roteiros e serviços diversos? Como integrar todos eles em uma imagem diferenciada para o ecoturismo na região?

- *Avaliação (como saberemos se já chegamos?)*

Estabelecer metas, produtos e sistemas de monitoramento que forneçam indicadores sobre o andamento dos objetivos e resultados e as necessidades de correção e mudança de rumo.

Dentro do processo de planejamento turístico, mais especificamente no que se refere às atividades de ecoturismo, muitos autores fazem referência à importância da capacidade de suporte ou capacidade de carga turística, que de acordo com Floresta (2003) são todos os estudos e avaliações envolvendo medidas destinadas a conservar ou preservar, as áreas de real valor paisagístico e utilização turística, consistindo, antes de tudo, numa tomada de posição em defesa do meio ambiente, e, principalmente, das garantias de sua real e absolutamente necessária sustentabilidade.

O autor comenta que em um ecossistema, esta aptidão, refere-se aos níveis de utilização dos recursos ambientais que o mesmo pode suportar, de modo que seja garantida a sustentabilidade, a conservação dos mesmos e o respeito aos padrões de qualidade ambiental. É a propriedade que o ambiente possui para absorver ou suportar a ação de agentes externos sem sofrer deterioração, de modo

que afete sua própria regeneração ou impeça sua renovação natural em prazos e condições normais, ou reduza significativamente suas funções ecológicas.

Embora o conceito de capacidade de carga já venha sendo aplicado há muitos anos no manejo de pastagens, somente na década de 70 teve seu uso difundido no manejo do uso recreacional das áreas naturais protegidas para fixar limites para a intensidade de uso (MAGRO, 1999).

Entende Wearing e Neil (2001, p. 78), que:

A Capacidade de Carga é fundamental para a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável. Esse conceito refere-se ao uso máximo de qualquer local sem provocar efeitos negativos sobre os recursos, sem reduzir a satisfação do visitante e sem exercer impactos adversos sobre a sociedade, a economia ou a cultura da área. Às vezes, os limites da Capacidade de Carga podem ser difíceis de quantificar, mas são essenciais ao planejamento ambiental de turismo e recreação.

Nesse sentido, Boo (1999) define capacidade de carga no contexto turístico-ecológico, como sendo a quantidade máxima de visitantes que uma área pode acomodar, de modo a continuar mantendo altos níveis de satisfação para os visitantes e poucos impactos negativos para os recursos. Esta definição não está centrada somente na procura de limitação dos impactos nocivos ao ambiente, mas também na satisfação e atendimento às expectativas dos turistas.

De acordo com Magro (1999), desde o início da década de oitenta ocorreu, na literatura mundial, uma evolução no conceito de capacidade de suporte, com o reconhecimento de que a simples determinação de um número máximo de visitantes, a partir do qual poderiam ocorrer danos à área visitada, não seria suficiente como estratégia de manejo. Assim, através de estudo de casos específicos, surgiram diferentes técnicas para o controle do uso público, com o propósito de cumprir, de maneira efetiva, os objetivos primários das áreas naturais protegidas. O enfoque principal da maioria das novas técnicas está no estabelecimento de programas de monitoramento dos recursos e no manejo do uso público de uma forma dinâmica.

Dentro desse contexto, Cifuentes (1992) desenvolveu uma metodologia de aplicação geral para áreas protegidas, passíveis de atividades turísticas, que reúne a possibilidade de monitoramento da área visitada, a qualidade da visita e a proteção ao ambiente natural. O seu método é composto de seis passos: análise das políticas sobre turismo e manejo de áreas; análise dos objetivos da área

protegida; análise da situação dos locais de visita; definição de políticas, decisões sobre as diferentes categorias de manejo e zoneamento; identificação de fatores e/ou características que influenciam cada local definido; e, determinação da capacidade de carga turística para cada sítio de uso público, que foi dividida pelo autor em Capacidade de Carga Física (CCF), Capacidade de Carga Real (CCR) e Capacidade de Carga Efetiva (CCE). A CCF corresponde ao limite máximo de visitantes que uma área pode receber, em um determinado espaço e num tempo pré-definido, considerando que cada pessoa necessita cerca de 1m² para se acomodar livremente. A CCR é a CCF submetida a uma série de fatores de correção para as variáveis físicas, ambientais, biológicas, de acordo com as características de cada lugar. A CCE é considerada o limite aceitável de uso, levando em consideração a capacidade de manejo da área protegida, e sempre será menor ou pelo menos igual à CCR.

2.2 Geoprocessamento

Para Pontes (2002) geoprocessamento é um conjunto de técnicas e metodologias de armazenamento, processamento, automação e utilização de imagens para tomada de decisões.

O geoprocessamento pode ser entendido como o conjunto de ferramentas que integram coleta e processamento de dados espaciais e não espaciais a cerca da Terra. Envolve ferramentas de sensoriamento remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas), geodésia por satélite (posicionamento de precisão - GPS), cartografia digital, topografia automatizada, sistemas de informação geográfica, manuseio de banco de dados, etc. (CEFETGO, 2006).

O termo geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia, tem influenciado de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recurso Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. Nos países de grande dimensão e com carência de informações adequadas para tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, o geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento é adquirido localmente (CÂMARA e MEDEIROS, 2003).

Como o conhecemos hoje, é recente a sua consolidação, porém suas técnicas-suporte, como a aerofotogrametria e o sensoriamento remoto têm sua história, teórica e, ao mesmo passo prática, escrita desde mesmo antes dos grandes computadores de grandes capacidades de armazenamento e processamento surgirem na face da Terra (PONTES, 2002).

O geoprocessamento é o conjunto de métodos e técnicas de processamento de dados espacialmente referenciados, destinado a classificar, revelar relacionamentos, acompanhar a evolução e gerar estimativas territoriais e temporais sobre entidades ambientais que estejam presentes em uma base de dados georreferenciados (VEIGA e XAVIER-DA-SILVA, 2004).

A priori, deve-se deixar claro que tais técnicas são existentes graças à Cartografia, pois é esta ciência-técnica que trata da coleta de dados, processamento destes e elaborações de projeções, sejam mapas, cartas ou plantas que possam representar lugares. Ressalta-se que tal conjunto de ciências e técnicas que chamamos de Cartografia surgiu há mais de 4.000 anos e ainda hoje é indispensável e indissociável a quaisquer atividades ou empreendimentos de quaisquer espécies que se deseja realizar (IBGE, 2006).

As etapas do geoprocessamento são Coleta e Processamento de dados para posterior Manipulação das informações (figura 2).

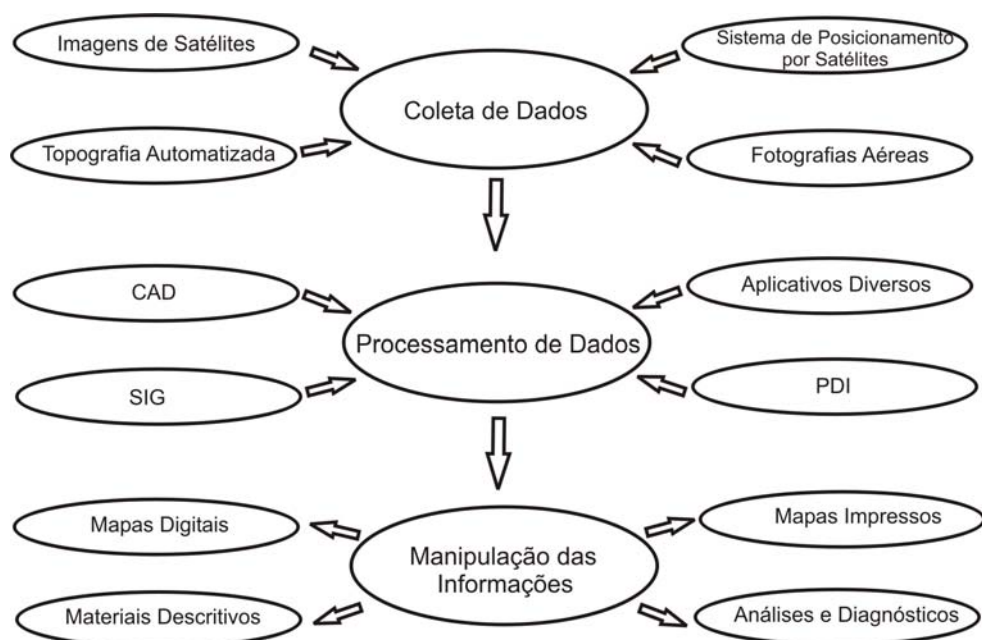


Figura 2: Etapas do Geoprocessamento, tecnologias envolvidas e produtos gerados
Fonte: Adaptado de CEFETGO, 2006

A coleta de dados pode ser feita por meio de equipamentos e materiais envolvendo imagens digitais de satélite; posicionamento geodésico de precisão (GPS); topografia automatizada, etc.

A etapa de processamento dos dados pode ser feita através de Sistemas de Informação Geográfica, CAD's, Processamento Digital de Imagens, etc.

Da manipulação destas informações resultam materiais descritivos (relatórios, novos mapas impressos atualizados), cartografia digital (mapas digitais), possibilidade de análises e diagnósticos a cerca de uma determinada área estudada, etc.

De acordo com Veiga e Xavier-da-Silva (2004) os resultados obtidos nas avaliações, com a aplicação das tecnologias de geoprocessamento e de um modelo de análise voltado para a tomada de decisão quanto à gestão do território, poderão ser utilizados para, por exemplo:

- Elaboração de normas que incentivem a expansão do turismo convencional e ecológico nas áreas mais propícias;
- Minimização dos efeitos da expansão urbana desordenada sobre áreas de risco;
- Ordenação territorial de outras atividades, como as agropecuárias;
- Seleção das áreas potencialmente viáveis para localização de distritos industriais;
- Proteção efetiva de áreas ambientalmente estratégicas.

O geoprocessamento tornou possível, em uma escala inimaginada, analisar a geotopologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão. Esta é a atividade precípua do geoprocessamento, a qual permite distingui-lo de campos correlatos como o sensoriamento remoto, destinado, principalmente, a identificar e classificar entidades e eventos, registrados a distância por diversos detectores, e a cartografia digital, voltada, primordialmente, para a correta representação da realidade ambiental, segundo referenciais que permitam a identificação confiável do posicionamento de eventos e entidades, juntamente com medições de suas extensões e direções espaciais (XAVIER-DA-SILVA e Z Aidan, 2004).

2.3 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

2.3.1 Um breve histórico do SIG

Conforme Davis e Fonseca (2001) os primeiros Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) surgiram na década de 60 no Canadá, como parte de um esforço governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros e a mão-de-obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam sistemas comerciais prontos para uso, e cada interessado tinha que desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo, e naturalmente, muito dinheiro. Além disso, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas.

A década de 70 foi marcada pelo desenvolvimento dos SIGs voltados para o planejamento e modelamento de situações relacionadas com o meio urbano. Entretanto os objetivos eram modestos e a modelagem feita era geralmente simples. Esta mesma década foi contemplada com o aparecimento de imagens de sensoriamento remoto, que viriam a se tornar uma das fontes de informação mais importantes para os SIGs (SILVA, 1999).

Ao longo desse período foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de *hardware*, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão *Geographic Information System* foi criada. No entanto, devido aos custos e ao fato de ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso a essa tecnologia.

No decorrer dos anos 80, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, o aparecimento da plotagem eletrostática e do *scanner*, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de SIGs. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações dos SIGs (DAVIS e FONSECA 2001; SILVA 1999).

A partir da década de 90 até os dias atuais, observa-se um grande crescimento do ritmo de penetração dos SIGs nas organizações, sempre alavancado

pelos custos decrescentes dos equipamentos e aplicativos computacionais, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas.

2.3.2 O conceito de SIG

Parent (apud SILVA, 1999) define o SIG como “um sistema que contém dados espacialmente referenciados que podem ser analisados e convertidos em informações para uso em um conjunto específico de finalidades. A característica principal de um SIG é analisar dados para gerar novas informações”.

Segundo Maguire et al (1991) SIGs são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação a superfície da Terra.

Para Moreira (2003) qualquer SIG apresenta duas características principais:

- Permite inserir e integrar, numa única base de dados (banco de dados), informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagem de satélites, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de redes e de MNT (Modelo Numérico de Terreno).
- Oferece mecanismo para combinar várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

De acordo com Silva (1999) os SIGs necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar georreferenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que variem de álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc.) até álgebra não cumulativa (operações lógicas).

O SIG difere dos demais sistemas pela sua capacidade de estabelecer relações espaciais entre os elementos gráficos. Esta capacidade é conhecida como topologia, ou seja, o estudo genérico dos lugares geométricos, com suas

propriedades e relações. Portanto a sua principal diferença com relação a outros aplicativos computacionais é a sua capacidade de análise espacial (ROCHA, 2000).

Através da utilização de recursos de computação gráfica e processamento digital de imagens, o SIG associa informações geográficas a banco de dados convencionais. Assim é possível recuperar informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. Trata-se de um conjunto de técnicas, cuja utilização oferece ao usuário uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a Geografia (DAVIS e FONSECA, 2001). Veja no quadro 1 os principais SIGs utilizados atualmente:

SIG/Fabricante	Estruturas de dados	Banco de dados	Equipamentos	Observações
ARC/INFO ESRI	Vetorial – topológica	Relacional	UNIX, Windows	Produtos complementares incluem o Arc/CAD (apoiado em AutoCad) e o Arc/View (ferramenta de consulta)
Auto Desk World (AutoDesk)	Vetorial	Relacional	Windows	Capaz de ler diretamente arquivos de diversos SIGs
DBMapa MaxiData	Vetorial	XBASE	Windows	Apoiado no MaxiCad
GIS Plus Caliper	Vetorial	Relacional	Windows	O TransCAD, especializado em transportes, é baseado no GIS Plus
IDRISI Clarkk University	Matricial	Proprietário	Windows	Muito voltado para aplicações ambientais
MapInfo MapInfo	Vetorial	Proprietário, Xbase	Windows	Principalmente utilizado como ferramenta de Desktop Mapping
Maptitude Caliper	Matricial Vetorial	Relacional	Windows	Mais usado como Desktop Mapping
MGE Intergraph	Vetorial Matricial	Relacional	UNIX, Windows	Baseado no sistema de CAD MicroStation
SPRING INPE	Matricial Vetorial	Relacional	UNIX, Windows	Permite uma integração entre vetores e imagens
Vision*GIS System House	Vetorial Matricial	Relacional	UNIX	Pioneiros no armazenamento de gráficos dentro do BD

Quadro 1: Principais SIGs disponíveis no mercado e suas características

Fonte: Adaptado de Moreira, 2003

2.3.3 Os principais componentes de um SIG

Segundo Câmara e Medeiros (2003), numa visão abrangente um SIG pode ser composto de cinco componentes independentes, porém interligados uns aos outros através de funções específicas. Os componentes do SIG são: interface, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem e Banco de Dados Geográficos (figura 3).

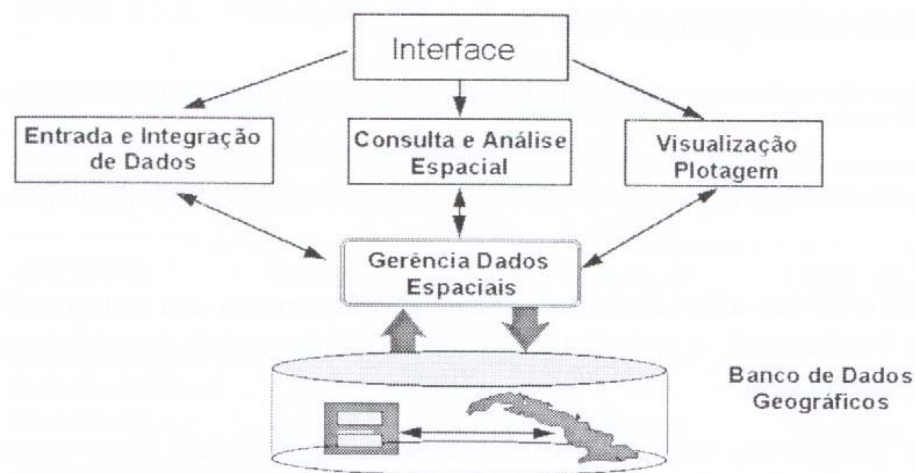


Figura 3: Estrutura geral de um Sistema de Informações Geográficas
Fonte: Câmara e Medeiros, 2003

- *Interface*: constitui-se de um conjunto de funções que serve como suporte de entrada e integração dos dados. As funções relacionadas à interface são acionadas por menus.
- *Entrada e integração de dados*: a entrada refere-se a todos os aspectos de aquisição de dados espaciais contidos em mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites, dados de campo, dados digitalizados, etc. Duas das principais tarefas de integração dos dados são: conversão de formato e identificação do local do objeto nos dados originais, de maneira sistemática.
- *Consulta e análise espacial*: este componente do SIG possibilita aos operadores analíticos a manipulação do conjunto de dados, para gerar novas informações. Envolve todos os softwares de tratamento dos dados e consiste

de algoritmos que realizam operações de pré-processamento, de classificação e de pós-processamento.

- *Visualização e plotagem*: como o próprio nome diz, serve para visualizar e plotar os dados, sejam espaciais ou alfanuméricos. Para auxiliar nesta tarefa, empregam-se monitores de vídeo, impressoras e *plotters*.
- *Banco de Dados Geográficos (BDG)*: muitas vezes também chamado de base de dados, é um conjunto de arquivos estruturados, de forma a facilitar o acesso a algumas informações que descrevem determinadas entidades do mundo real. Um Banco de Dados Geográficos (BDG) difere de um Banco de Dados convencional (BD) por armazenar, além dos dados alfanuméricos, dados sobre a localização das entidades, ou seja, é necessário haver uma referência geográfica em termos de pares de coordenadas. Isso irá implicar no tipo de operação a ser realizada, uma vez que os dados são armazenados de forma georreferenciada é possível, por exemplo, saber a distância exata entre dois pontos, efetuar cálculo de área, etc. O BDG é estruturado na forma de Projetos, contendo, cada um desses projetos, as informações espaciais e não-espaciais (alfanuméricas) armazenadas, segundo sua categoria, em planos de informações (PIs).

2.3.4 Representações computacionais de mapas

Segundo Câmara e Medeiros (2003) existem duas grandes classes de representações computacionais de mapas: a classe Matricial ou Raster e a classe Vetorial.

2.3.4.1 Representação matricial ou raster

Conforme Câmara e Medeiros (2003) na representação matricial, o espaço é representado como uma matriz $P(m, n)$ composta de m colunas e n linhas, onde cada célula (*pixel*) possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas.

Segundo os autores, essa representação supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula é associada a uma porção do terreno. A resolução espacial do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula na imagem e a área por ela coberta no terreno. A figura 4 mostra um mesmo mapa representado por células de diferentes tamanhos (diferentes resoluções), representando diferentes áreas no terreno.

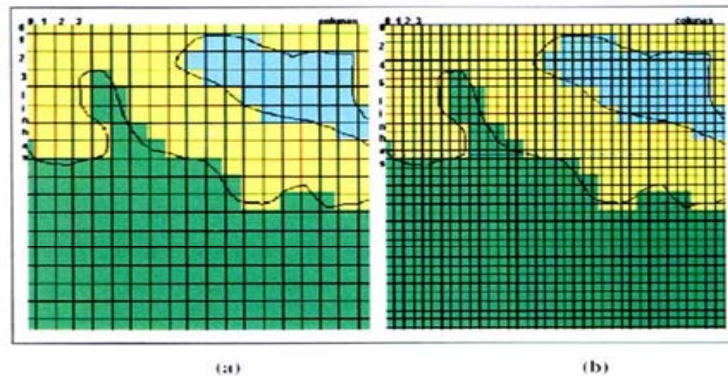


Figura 4: Diferentes representações matriciais de um mapa
Fonte: Câmara e Medeiros, 2003

Como a resolução do mapa a é quatro vezes menor que a resolução do mapa b, as avaliações de áreas e distâncias em a serão bem menos exatas que em b. Em contrapartida, o espaço de armazenamento necessário para o mapa b será quatro vezes maior que o necessário para o mapa a (CÂMARA e MEDEIROS, 2003).

De acordo com Carvalho et al. (2000) uma das grandes vantagens da utilização da estrutura matricial diz respeito à facilidade de implementação das operações de superposição de níveis de informação. Como se pode observar (figura 5), a superposição nada mais é do que um conjunto de operações matemáticas entre matrizes, combinando células de mesma posição (linha e coluna), nos diversos níveis de informação.

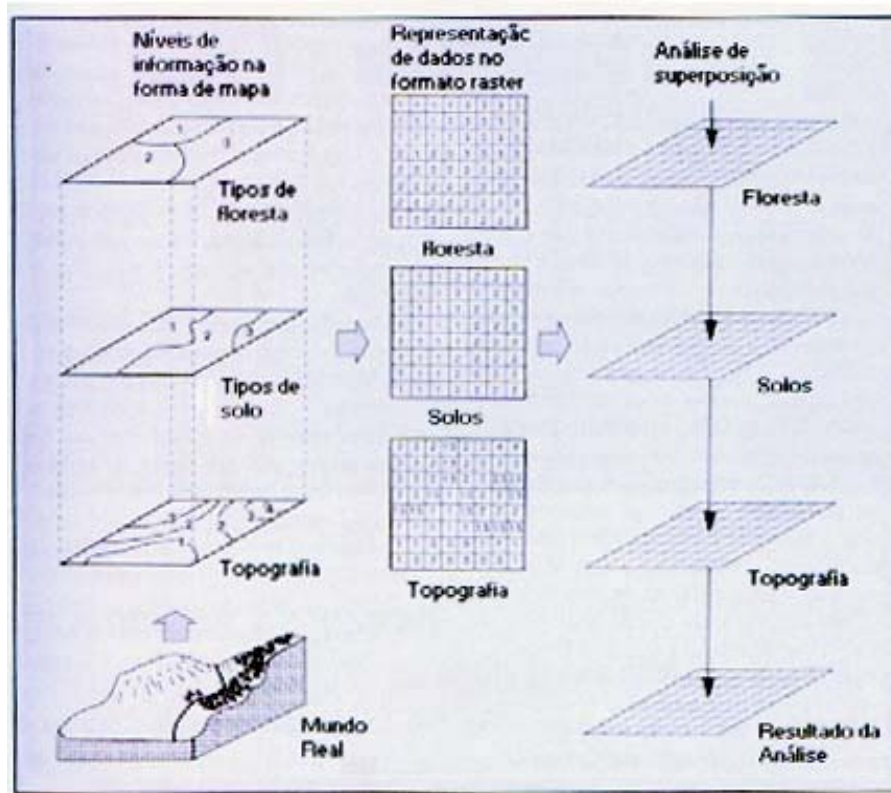


Figura 5: Superposição de níveis de informação ou planos de informação
 Fonte: Carvalho et al., 2000

2.3.4.2 Representação vetorial

Diferentemente da representação matricial que é formada por *pixels*, a representação vetorial (figura 6), será formada por três elementos básicos: pontos, linhas e áreas ou polígonos (ROCHA, 2000).

Segundo Eastman (1998) com a representação vetorial, os limites ou o curso das feições são definidos por uma série de pontos que, quando unidos com linhas retas, formam a representação gráfica de cada feição. Os próprios pontos são codificados com um par de números representando as coordenadas X e Y em sistemas como latitude/longitude ou a grade de coordenadas UTM.

De acordo com o autor os sistemas raster são predominantemente orientados para a análise, e os sistemas vetoriais tendem a ser mais orientados para o gerenciamento de bancos de dados. Sistemas vetoriais são muito eficientes no armazenamento de dados de mapas porque armazenam apenas os limites das feições e não o que está dentro desses limites.

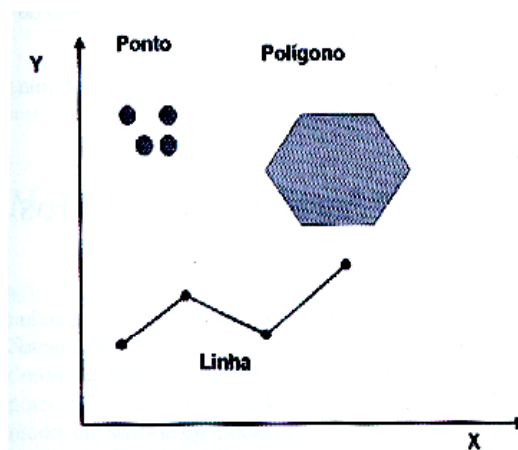


Figura 6: Elementos de representação vetorial
Fonte: Moreira, 2003

É importante ressaltar que as representações estão associadas aos diferentes tipos de dados, como por exemplo:

- Mapas temáticos: admitem tanto representação matricial quanto vetorial;
- Imagens de sensoriamento remoto: armazenadas apenas em representação matricial;
- MNTs: podem ser armazenados em representação matricial ou vetorial.

2.3.5 Mapas

Conforme Joly (2003) um mapa é uma representação geométrica plana, simplificada e convencional, do todo ou de parte da superfície terrestre, numa relação de similitude conveniente denominada escala.

De acordo com Madruga e Pereira (apud MADRUGA, 1991) as informações georreferenciadas classificam-se conforme a sua obtenção em atributos espaciais e não espaciais, sendo atributos espaciais todas as formas digitais de mapas e cartas, e os não espaciais, todas as informações que caracterizam uma entidade (objeto-evento). Os atributos espaciais subdividem-se em mapa base e mapas temáticos.

2.3.5.1 Mapa Base

Madruga e Pereira (apud MADRUGA, 1991) afirmam que a elaboração do mapa base fundamenta-se na restituição fotogramétrica, ou na topografia convencional, dependendo do tamanho e das características da área a ser

levantada. Esse mapa serve de ferramenta básica para a geração dos demais mapas temáticos, necessários ao banco de dados de atributos espaciais.

O Mapa Base nada mais é do que o conjunto de traços que servirá de suporte para a informação a ser dada sobre determinado tema através de simbologia adequada (DUARTE, 1991).

2.3.5.2 Mapas Temáticos

De acordo com Florenzano (2002) as imagens de sensores remotos, como fonte de dados da superfície terrestre, são cada vez mais utilizadas para a elaboração de diferentes tipos de mapas. Nesse processo de interpretação, dados contidos em uma imagem são transformados em informação e apresentados em forma de mapa.

Enquanto as imagens de satélites e as fotografias aéreas são retratos fiéis da superfície terrestre, os mapas são representações, em uma superfície plana, do todo ou de uma parte da superfície terrestre, de forma parcial e através de símbolos. A realidade nos mapas é representada de forma reduzida e selecionada. Nas imagens de sensoriamento remoto, a paisagem está representada em todos os seus aspectos: geologia, relevo, solo, água, vegetação e uso da terra. Nos mapas temáticos, esses aspectos estão representados separadamente como, por exemplo, mapa de solos, mapa de vegetação, etc. (FLORENZANO, 2002).

A cartografia temática ilustra o fato de que não se pode expressar todos os fenômenos num mesmo mapa e que a solução é, portanto, multiplicá-los, diversificando-os. O objetivo dos mapas temáticos é o de fornecer, com o auxílio de símbolos qualitativos e/ou quantitativos dispostos sobre uma base de referência (mapa base) - geralmente extraída dos mapas ou cartas topográficas - as informações referentes a um determinado tema ou fenômeno que está presente ou age no território mapeado (IBGE, 2006).

Para Duarte (2002) um mapa deve formar um conjunto agradável e eficiente, mantendo uma harmonia entre seus componentes (cores, símbolos, letreiro). Isto significa dizer, por exemplo, que a idéia principal deve ser colocada em evidência. É o que se poderia chamar utilidade de um mapa. De modo geral, um mapa deve responder basicamente a duas questões de interesse, que são:

- Tal elemento, onde está?
- Tal lugar, o que contém?

Um mapa descreve uma porção do espaço geográfico com suas características qualitativas e/ou quantitativas. A referência está assegurada por uma rede de coordenadas à qual se relacionam todos os pontos do campo observado. As características do sistema de projeção permitem saber com que propriedades geométricas podem-se contar. A escala formula a relação existente entre o mapa e o terreno. A mensagem cartográfica é antes de tudo uma mensagem de localização e de avaliação das distâncias e das orientações (JOLY, 2003).

O objetivo da Cartografia Temática é como melhor proceder para que o mapa expresse os fatos e fenômenos, objeto do estudo relacionado ao tema. A ciência pertinente a um determinado tema visa o conhecimento da verdade desses fatos e fenômenos e à Cartografia Temática cabe demonstrá-los graficamente. Os mapas e cartas geológicas, geomorfológicas, de uso da terra e outras, constituem exemplos de representação temática em que a linguagem cartográfica privilegia a forma e a cor dos símbolos como expressão qualitativa (IBGE, 2006).

2.3.6 Modelo Numérico de Terreno (MNT)

Segundo Felgueiras (2004) um Modelo Numérico de Terreno (MNT) é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado.

Dentre alguns usos do MNT pode-se citar (BURROUGH, 1989):

- Armazenamento de dados de altimetria para mapas topográficos;
- Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- Elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio à análise de geomorfologia e erodibilidade;
- Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Para a representação de uma superfície real no computador é indispensável à criação de um modelo digital, podendo ser por equações analíticas ou por uma

grade (rede) de pontos, de tal sorte que podemos transmitir ao usuário, as características espaciais do terreno (INPE, 2004).

Para Felgueiras (2004) com o advento das novas tecnologias computacionais, principalmente no que tange ao desenvolvimento de *softwares*, temos na criação de um Modelo Numérico de Terreno, uma nova maneira de enfocar o problema da elaboração e implantação de projetos. Com a criação dos modelos (grades) podemos calcular diretamente áreas, volumes, distâncias, desenhar perfis e secções transversais, gerar mapas de declividade, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais ou Modelos Digitais do Terreno (figura 7).

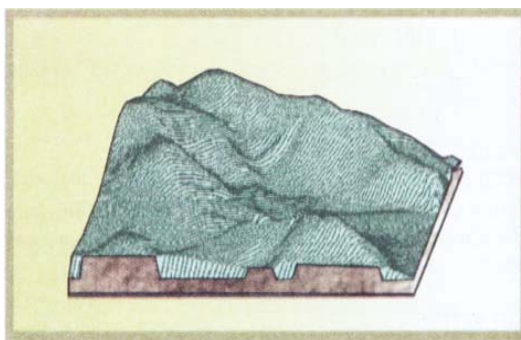


Figura 7: Modelo Digital do Terreno (MDT)
Fonte: Teixeira e Christofolletti, 1997

Os produtos das análises podem, ainda, serem integrados com outros tipos de dados geográficos objetivando o desenvolvimento de diversas aplicações de geoprocessamento, tais como, planejamento urbano e rural, análises de aptidão agrícola, determinação de áreas de riscos, geração de relatórios de impacto ambiental e outros.

Os dados do Modelo Numérico de Terreno estão representados pelas coordenadas xyz, onde z, o parâmetro a ser modelado, é função de xy, ou seja: $z=f(x,y)$. Estes dados são usualmente adquiridos segundo uma distribuição irregular no plano xy, ou ao longo de linhas com mesmo valor de z ou mesmo com um espaçamento regular. A aquisição destes dados é realizada por levantamentos de campo, digitalização de mapas, medidas fotogramétricas a partir de modelos estereoscópicos e dados altimétricos adquiridos de GPS, aviões e satélites. Entretanto as aplicações ou produtos de MNT não são elaborados sobre os dados amostrados, mas sim dos modelos gerados no formato de grade regular ou irregular.

Estes formatos simplificam a implementação dos algoritmos de aplicação e os tornam mais rápidos computacionalmente (INPE, 2004).

2.4 Sensoriamento Remoto (SR)

2.4.1 Um breve histórico do SR

A origem do sensoriamento remoto vincula-se ao surgimento da fotografia aérea e a sua utilização militar. Sendo que a primeira fotografia aérea foi tirada de um balão em 1856 e a partir de 1909 inicia-se a fotografia tomada por aviões (FLORENZANO, 2002).

Conforme a autora, no decorrer da II Guerra Mundial (1939-1945) houve um grande crescimento do sensoriamento remoto. Nesse período, foi desenvolvido o filme infravermelho, com o objetivo de detectar camuflagem (podendo-se diferenciar vegetação de “alvos” pintados de verde), e introduzidos novos sensores, além de ocorrerem avanços nos sistemas de comunicações.

Desse modo pode-se dizer que o sensoriamento remoto moderno é o descendente natural da fotografia convencional, tendo surgido com a evolução das técnicas que permitem detectar e registrar outras formas de radiação eletromagnética além da luz visível.

De acordo com Moreira (2003) o avanço do sensoriamento remoto se deu lado a lado com a ciência da computação, a partir da segunda metade dos anos 50. Período em que foram lançados os dois primeiros satélites artificiais da Terra o SPUTINIK I em 1957, pela antiga União Soviética e o EXPLORER I em 1958 pelos Estados Unidos. O desenvolvimento conjunto dessas tecnologias fez com que o sensoriamento remoto viesse a englobar não apenas diferentes tipos de imagens e sensores, mas também, devido ao emprego de técnicas de processamento de imagens digitais, propiciar a geração de uma gama de produtos bem mais variada que a oferecida até então pelas técnicas e sensores fotográficos tradicionais.

Na década de 1960, as primeiras fotografias orbitais (captadas por satélites) da superfície da Terra foram obtidas dos satélites tripulados Mercury, Gemini e Apolo; e que acabou incentivando a construção dos demais satélites de coleta de dados da Terra (FLORENZANO, 2002).

A era espacial de satélites artificiais de observação da Terra, para coleta de dados sobre os recursos naturais renováveis e não-renováveis, teve início no ano de 1972, quando os americanos colocaram em órbita o primeiro satélite (civil) com esta finalidade, denominado EARTH-1, rebatizado por LANDSAT-1. Depois desse, vários outros foram colocados em órbita, por muitos países, inclusive o Brasil (MOREIRA, 2003).

Nem todos os satélites estão ligados diretamente com a obtenção de imagens, Moreira (2003) agrupa os satélites artificiais em categorias, de acordo com os objetivos principais para os quais foram criados. Dentro dessa concepção, existem os satélites militares, os científicos, os de comunicação, os meteorológicos e os de recursos naturais ou de observação da Terra. Estima-se que existam mais de 5.000 satélites orbitando a Terra nestes últimos tempos.

As imagens de satélites vêm servindo de fontes de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais, agrícolas, cartográficos, turísticos, florestais, urbanos, oceanográficos, etc. Elas passaram a representar uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas globais e locais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão geral que as caracterizam (MOREIRA, 2003).

Na figura 8 pode-se ver a configuração dos principais satélites utilizados para coleta de dados de recursos naturais.

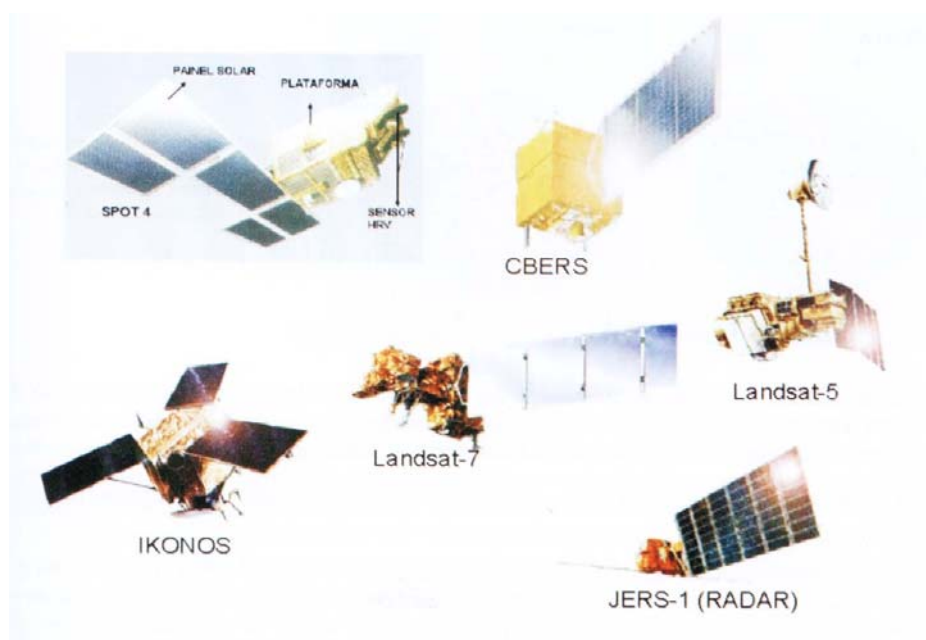


Figura 8: Satélites utilizados para coleta de dados de recursos naturais
Fonte: Moreira, 2003

2.4.2 Conceito de SR

Conforme Florenzano (2002) sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo sensoriamento refere-se à obtenção dos dados, e remoto, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre.

Para Novo (1998) Sensoriamento Remoto é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações.

Dessa forma, pode-se dizer que o sensoriamento remoto está relacionado com todas as formas de obtenção de informações sem que haja contato com o fenômeno em questão, porém a ciência sensoriamento remoto possui um enfoque direcionado para a geração de imagens a partir de sensores a bordo de satélites artificiais, pois de acordo com Fonseca (2000):

Sensoriamento remoto é o processo de capturar informação sobre alguma coisa sem estar em contato físico com ela: aprendendo sem tocar. O tipo mais comum de sensoriamento remoto é o uso dos olhos para detectar a luz. Observar os objetos ao nosso redor, ouvir o barulho das ondas do mar, da buzina do carro e sentir o calor do sol é sensoriamento remoto. Os satélites carregam sensores que observam a superfície da terra, os oceanos, o ar, etc. Os satélites ajudam a prever a temperatura, acompanhar o crescimento das diversas culturas agrícolas, planejar cidades, prever fenômenos (terremoto, erupção de vulcões, inundações, furacões, etc), encontrar ruínas arqueológicas, etc.

A autora comenta ainda que a tecnologia de sensoriamento remoto por satélites está relacionada com as mais diversas disciplinas e tem desenvolvido um importante papel na compreensão do mundo em que vivemos. Através do uso desta tecnologia vidas e propriedades têm sido salvas através da previsão de tempo e fenômenos naturais.

2.4.3 Processo de geração de imagens

O sensoriamento remoto passou a se desenvolver com maior intensidade a partir do momento em que o homem descobriu à possibilidade de detectar outras formas de radiação eletromagnética além da luz visível.

Desse modo, uma mesma cena pode ser captada por um sensor em diferentes faixas do Espectro Eletromagnético. Os sistemas mais comuns de SR operam em uma ou mais porções das faixas que se estendem do visível até as microondas.

Segundo a literatura, a palavra espectro (do latim "spectrum", que significa fantasma ou aparição) foi usada por Isaac Newton, no século XVII, para descrever a faixa de cores que apareceu, quando numa experiência a luz do Sol atravessou um prisma de vidro em sua trajetória. Atualmente chama-se *Espectro Eletromagnético* (figura 9) à faixa de frequências e respectivos comprimentos de ondas que caracterizam os diversos tipos de ondas eletromagnéticas (ERBERT, 2001).

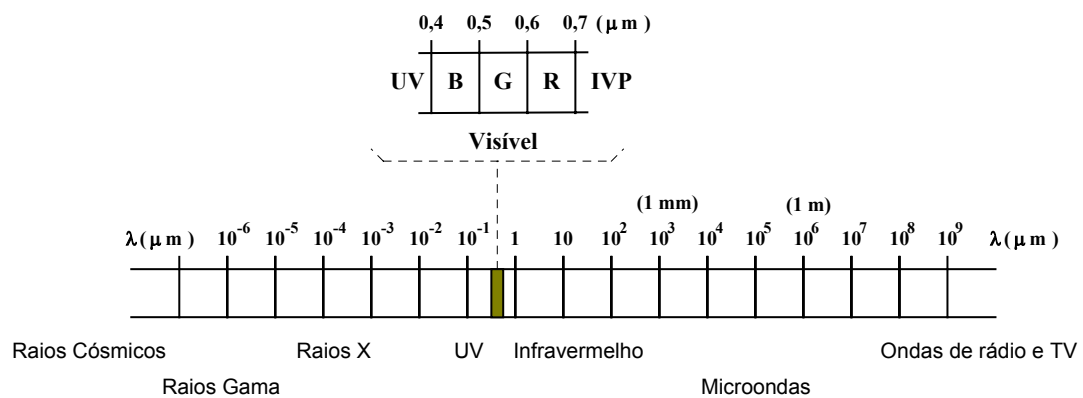


Figura 9: Espectro Eletromagnético
Fonte: Adaptado de Lillesand e Kiefer, 2000

Pode-se perceber a partir da análise do Espectro Eletromagnético (EEM) que a luz visível é apenas uma das muitas formas de Radiação Eletromagnética (REM), tendo apenas 0,3 μm de amplitude, sendo dividida em três faixas, que são as cores primárias. A cor azul (B) ocorre entre 0,4 e 0,5 μm , a verde (G) entre 0,5 e 0,6 μm e a vermelha (R) entre 0,6 e 0,7 μm .

Já fora do Espectro Visível, a radiação ultravioleta (UV) avizinha-se imediatamente antes da azul, enquanto a radiação infravermelho, situada

imediatamente após a vermelha, também pode, a exemplo das cores primárias, ser dividida em três faixas. O infravermelho próximo (IVP), de 0,7 a 1,3 μm , o infravermelho médio (IVM), de 1,3 a 3 μm e o infravermelho termal (IVT), além de 3 μm . Com comprimentos de onda bem maiores, a faixa das microondas estende-se de 1 mm a 1 m (LILLESAND e KIEFER, 2000).

No processo de aquisição de imagens, utiliza-se a energia eletromagnética que se propaga no vácuo com a velocidade da luz em direção ao sensor, constituindo no mais útil campo de força para a atividade do sensoriamento remoto. Essa energia eletromagnética quando incide sobre um objeto da superfície terrestre sofrerá interações com o material que o compõe. Esse fluxo incidente pode ser absorvido pelo objeto (absortância), refletido pelo objeto (reflectância) e/ou transmitido pelo objeto (transmitância), como pode ser visto na figura 10 (CEFETGO, 2006).

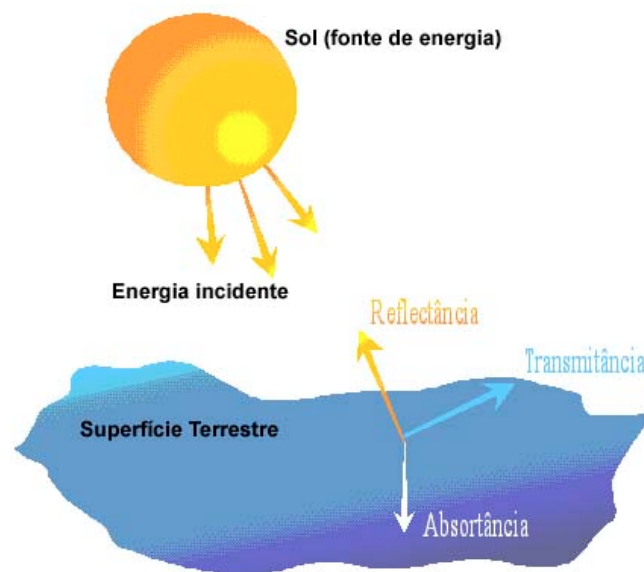


Figura 10: Mecanismo de interação entre energia eletromagnética e materiais
Fonte: Adaptado de CEFETGO, 2006

O principal interesse do SR está na porção de energia que é refletida, pois é essa que é captada pelo sensor e transformada em imagem. A quantidade refletida varia de acordo com a região do Espectro Eletromagnético na qual a medida é feita e com relação à natureza dos diferentes materiais. Por exemplo, a energia que é refletida por áreas com solo exposto é diferente da energia refletida pela água, áreas de vegetação, etc. (figura 11).

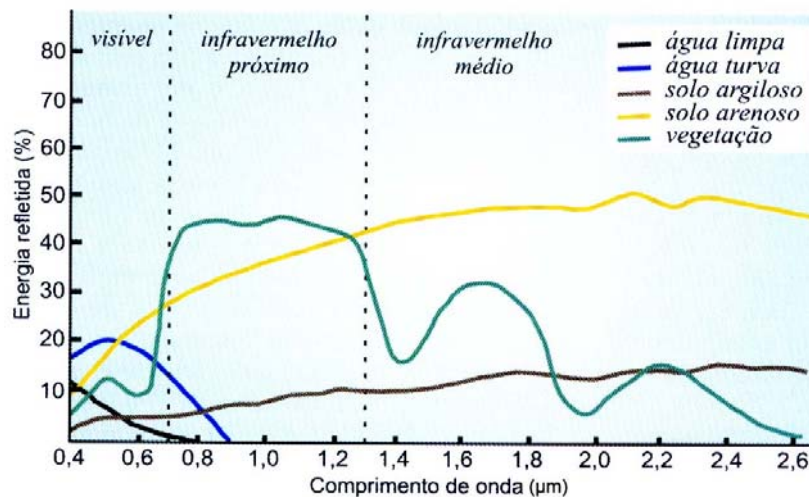


Figura 11: Curva espectral da vegetação, da água e do solo
 Fonte: Florenzano, 2002

As imagens obtidas por sensores eletrônicos, em diferentes canais, são individualmente produzidas em preto e branco. A quantidade de energia refletida pelos objetos vai determinar a sua representação nessas imagens em diferentes tons de cinza, entre o branco (quando refletem toda a energia) e o preto (quando absorvem toda a energia). Ao projetar e sobrepor essas imagens, através de filtros coloridos, azul, verde e vermelho (cores primárias), é possível gerar imagens coloridas (FLORENZANO, 2002).

2.4.4 Processo de composição das imagens coloridas

Nas imagens coloridas, a cor de um objeto vai depender da quantidade de energia por ele refletida, da mistura das cores (segundo o processo aditivo) e da associação das cores com as bandas. Conforme Florenzano (2002) essa associação explica o fato de a vegetação e a área urbana serem representadas com cores diferentes nas imagens A e B (figura 12), embora os canais (bandas) originais sejam os mesmos. O que mudou foi apenas a associação das cores com estes.

Analisando as imagens A, B e C (figura 12), pode-se verificar que se um objeto é branco nos três canais, ele também será representado em branco na imagem colorida como, por exemplo, a areia da praia (imagem C). O mesmo processo ocorre quando um objeto é preto nos três canais originais, obtendo-se o preto também na imagem colorida como, por exemplo, a sombra do relevo e a água mais limpa e profunda do oceano.

Se um objeto é claro (branco) somente em uma das bandas, na imagem colorida ele será representado pela cor que foi associada a esse canal, o que explica a vegetação verde na imagem A e a vegetação vermelha na imagem B. Essas foram as cores associadas ao canal 4 do infravermelho próximo, região na qual a vegetação reflete mais energia e portanto aparece mais clara.

Se um objeto aparece claro em duas bandas, sua cor na imagem colorida vai ser a resultante da mistura entre as duas cores que forem associadas a elas. Percebe-se na figura 12 que a área urbana aparece clara nos canais 3 e 5 das imagens A e B. Os canais da imagem A foram associados às cores azul e vermelho, respectivamente. Pelo processo aditivo das cores, o azul misturado com o vermelho resulta no magenta (rosa), que é a cor que representa a área urbana na imagem colorida. Na imagem B, a área urbana está representada em ciano (azul turquesa) que é o resultado da mistura de azul com verde, cores associadas respectivamente às bandas 3 e 5.

Esses dois tipos de imagens coloridas (A e B) são as mais utilizadas. Nelas, a cor dos objetos, em geral, é falsa. Outras combinações podem ser obtidas e, dentre elas, destaca-se a imagem colorida natural (C), na qual as cores dos objetos são verdadeiras.

A partir da utilização de bandas captadas na faixa do visível, é possível gerar uma composição colorida natural, desde que elas sejam associadas às respectivas cores. Assim, no exemplo da imagem C, o canal 1, que corresponde à faixa da luz azul do espectro visível, associou-se a cor azul; o canal 2, que corresponde à faixa da luz verde do espectro visível, associou-se a cor verde e, o canal 3, que corresponde à luz vermelha do espectro visível, associou-se a cor vermelha.

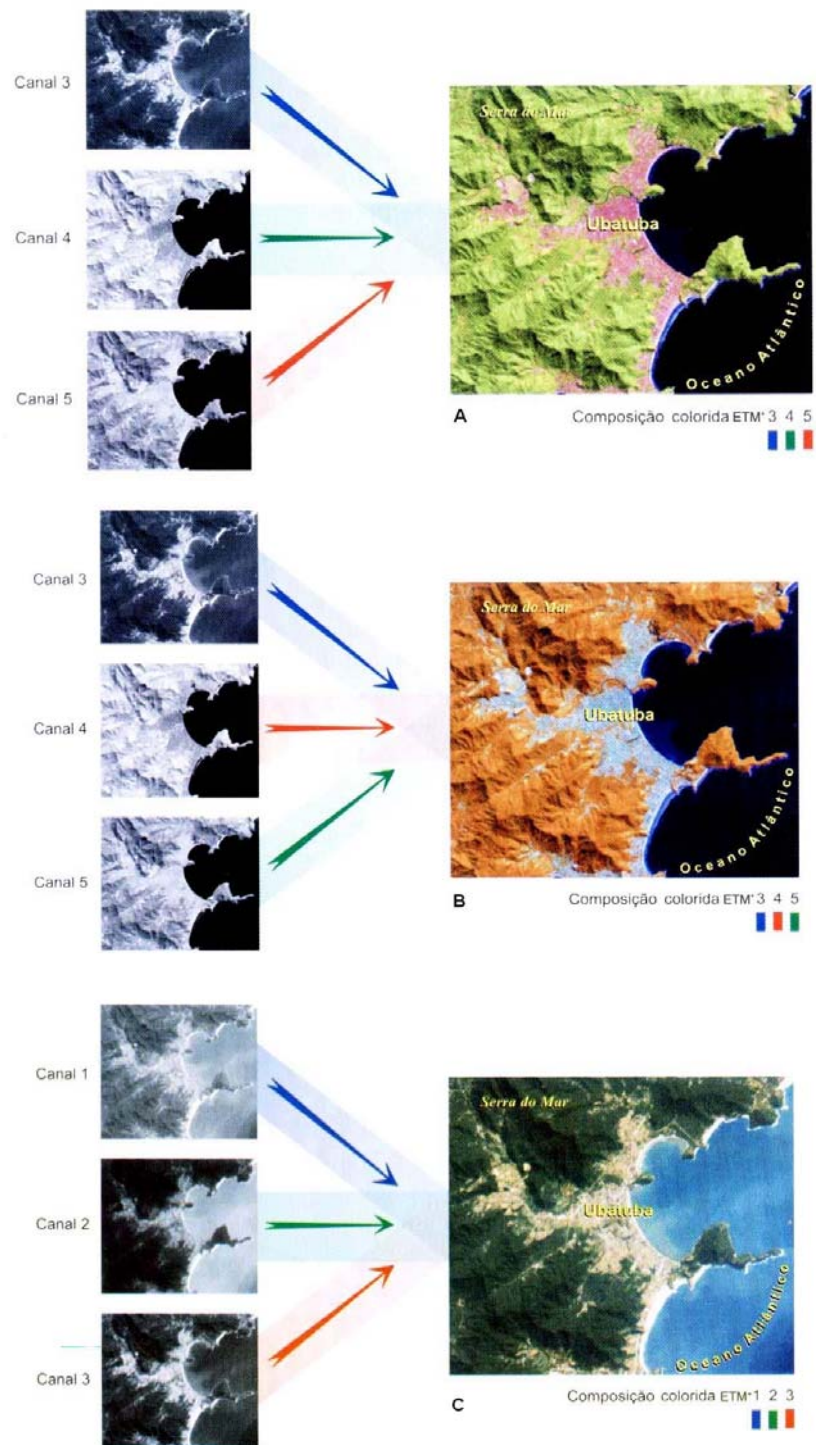


Figura 12: Imagens coloridas obtidas a partir de composições com as bandas do ETM+ Landsat-7
 Fonte: Florenzano, 2002

2.4.5 Resoluções em SR

- *Resolução espacial*

A resolução refere-se à capacidade de um sensor “enxergar” ou distinguir objetos da superfície terrestre. Mais especificamente, a resolução espacial pode ser definida como o menor elemento ou superfície distinguível por um sensor. Dessa forma, um sensor como o ETM+, do satélite LANDSAT-7, cuja resolução espacial é de 30 metros, têm a capacidade de distinguir objetos que medem, no terreno, 30 metros ou mais. Isto equivale dizer que 30 por 30 metros (900 m^2) é a menor área que este sensor consegue “ver ou enxergar” (FLORENZANO, 2002).

- *Resolução espectral*

É a quantidade e a largura dos intervalos de comprimentos de onda do espectro eletromagnético medida pelo sistema sensor. Os sensores são sensíveis a determinados intervalos de comprimentos de onda ou bandas do espectro eletromagnético. Quanto maior o número de canais e mais estreitos os intervalos de comprimento de onda, melhor será a resolução espectral e mais precisas e completas serão as informações obtidas (IWAI, 2003).

- *Resolução radiométrica*

De acordo com Lazzarotto (2005) a resolução radiométrica é dada pelo número de níveis digitais, representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior é a resolução radiométrica. Portanto se uma determinada imagem possui 8 bits ($2^8 = 256$ níveis) ela terá melhor resolução radiométrica do que uma imagem de 2 bits ($2^2 = 4$ níveis).

- *Resolução temporal*

Resolução temporal é a frequência com a qual uma determinada porção da superfície da Terra/cena/alvo será amostrada por determinado sensor. O satélite LANDSAT-7 possui resolução temporal de 16 dias. Isso significa que o satélite sobrevoa a mesma região em intervalos de 16 dias (IWAI, 2003).

2.4.6- O satélite Ikonos II

De acordo com Moreira (2003) o programa Ikonos (do grego *icon*, imagem) prevê o lançamento de uma série de satélites. O primeiro deles, o Ikonos I, por problemas técnicos, não chegou a ser colocado em órbita. O IKONOS II foi lançado em 24 de setembro de 1999 e entrou em fase operacional a partir de janeiro de 2000. Este satélite é operado pela *Space Imaging*, que detém os direitos de comercialização em nível mundial. O seu imageamento se dá em cenas de 13 km x 13 km, o sentido da sua órbita é descendente, a uma altitude de 680 km, numa inclinação de 98,1° e gasta 98 minutos para dar uma volta em torno da Terra. O sistema sensor deste satélite opera em cinco faixas espectrais (quadro 2).

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (m)
Pancromática	0,45-0,90	1
1 (azul)	0,45-0,52	4
2 (verde)	0,51-0,60	4
3 (vermelho)	0,63-0,69	4
4 (infravermelho próximo)	0,76-0,85	4

Quadro 2: Características das bandas do satélite Ikonos II
Fonte: Adaptado de Space Imaging, 2006

As imagens são gravadas em 11 *bits* (2.048 níveis de cinza), aumentando o poder de contraste e de discriminação das imagens, inclusive nas áreas de sombra. Antes do Ikonos, as imagens de satélites eram geralmente adquiridas com 8 *bits* (1 *byte*) ou 256 níveis de cinza.

Pode-se gerar uma imagem colorida com 1 m de resolução espacial, pela combinação da imagem pancromática (PAN) de 1 m de resolução, com imagens multiespectrais (MS) coloridas de 4 m de resolução espacial. Como o satélite adquire sistematicamente as imagens no modo PAN e MS para todas as áreas, esta fusão e o produto PSM (combinação do pancromático e multiespectral) podem ser gerados em todas as imagens adquiridas pelo Ikonos (MOREIRA, 2003).

De acordo com o autor, as imagens geradas pelo Ikonos II possuem grande resolução espacial aliada à grande precisão cartográfica. A precisão cartográfica de localização é obtida pelo processo de georreferenciamento das imagens. Para se

conseguir alta resolução espacial, as bandas espectrais dos sensores no visível são largas dentro do espectro da luz, o que permite maior penetração na atmosfera e maior poder de discriminação dos alvos terrestres, principalmente da cobertura vegetal, áreas sombreadas e de corpos d'água. Essa alta resolução espacial dos sensores do Ikonos muda até o modo de se usarem as imagens por ele geradas, pois, se anteriormente um *pixel* continha vários objetos, agora um objeto é composto de vários *pixels*. Com isso, muda por completo o nível de detalhamento observado nas imagens, que possuem capacidade para serem ampliadas com qualidade até a escala 1:2.500.

Quanto às aplicações, pode-se dizer que o Ikonos acabou incorporando novas áreas que sofriam com limitações devido à resolução espacial das imagens anteriores, que vão desde a gestão do espaço geográfico complexo e extenso até a análise pontual (MOREIRA, 2003):

- Elaboração de mapas urbanos;
- Turismo (identificação de locais específicos, mapas de localização de atrativos turísticos);
- Mapas de arruamentos e cadastro;
- Cadastro urbano e rural;
- Apoio em GPS;
- Uso e ocupação do solo (urbano sobretudo);
- Meio ambiente em escalas grandes;
- Arquitetura/Urbanismo/Paisagismo;
- Fundiário (regularização de propriedades, demarcação de pequenas glebas);
- Engenharia (simulações mais realistas);
- Agricultura convencional e agricultura de precisão;
- Florestal (estimativa de potencial econômico, projetos de desenvolvimento sustentável);
- Trabalhos até então realizados com fotos aéreas;
- Perícias em questões ambientais.

2.5 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

GPS é a abreviatura de *Global Positioning System*, ou seja, Sistema de Posicionamento Global. Robaina e Garrastazu (2002) o define como um sistema espacial de posicionamento, que vem sendo desenvolvido pelo Departamento de Defesa do EUA, que pode ser usado para determinar a posição, em relação a um sistema de referência, de um ponto qualquer sobre ou próximo à superfície da Terra.

Dentro desse contexto o Sistema de Posicionamento Global pode ser dividido em três segmentos: Segmento Espacial, Segmento de Controle e Segmento Usuário. Timbó (2006) descreve o Segmento Espacial como uma rede de 24 satélites ativos distribuídos em 6 planos orbitais distintos, contendo 4 satélites em cada plano, a uma altitude de 20.200 km aproximadamente. Tais planos estão distanciados entre si a 60° de longitude e inclinados 55° em relação à linha do equador.

De acordo com Fontana (2002) o Segmento de Controle consiste de uma Estação Principal de Controle (EPC), localizada em Colorado Springs, no estado de Colorado nos EUA e mais cinco Estações Monitoras (EM) distribuídas em vários pontos próximos à linha do Equador (Cabo Canaveral, Ascention, Diego Garcia, Swajalein, Hawaii).

O Segmento Usuário é composto pelos receptores de sinais de satélites em suas várias modalidades. Os usuários podem ser separados inicialmente em dois grupos: de uso militar (EUA) e de uso civil. Os militares têm alguns privilégios na utilização do sistema, principalmente quanto à precisão e exatidão do posicionamento, pois mesmo os receptores portáteis têm permissão de receber e processar códigos que garantem elevada precisão aos receptores. Mas é no uso civil que encontramos a maior gama de usuários, onde as aplicações desta tecnologia têm se mostrado ilimitadas, alguns exemplos: mapeamentos, aviação e navegação comercial, topografia, geodésia, controle de minas, rastreamento de veículos, agricultura, recreação, etc. (SILVA, 2002).

Segundo Silva (1999) pode-se dizer que nesta última década um dos mais importantes avanços na tecnologia de levantamentos cartográficos foi o aparecimento do GPS. Uma vez fixada e aceita a forma da Terra como um elipsóide, as técnicas de posicionar um ponto de sua superfície em relação a um determinado