

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DOS DADOS DO SATÉLITE NOAA PARA
INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO
NO ESTADO DO MS**

Odiel Vagner de Souza Carvalho

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Kassar

Campo Grande – MS, junho de 2004

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**ANÁLISE DOS DADOS DO SATÉLITE NOAA PARA
INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO
NO ESTADO DO MS**

Odiel Vagner de Souza Carvalho

Orientador:

Prof. Dr. Edson Kassar

Campo Grande – MS
junho de 2004

Carvalho, O. V. S. Análise dos dados do satélite NOAA para interpretação do Índice de Vegetação no Estado do MS UFMS/CCET, dissertação para o Mestrado de Tecnologias Ambientais Orientador Prof Dr. Edson Kassar, junho 2004, 75 p

Palavras chave: Índice de Vegetação, sensor AVHRR, Ecologia Aplicada

Para aceitação pelo curso de Mestrado em Tecnologias Ambientais, a dissertação intitulada “**Análise dos dados do satélite NOAA para interpretação dos Índices de Vegetação no Estado do MS**” da autoria de **Odiel Vagner de Souza Carvalho**, como parte do cumprimento dos requisitos para obtenção do título de Mestre em tecnologias Ambientais, leram e recomendam para aceitação os abaixo assinado:

Dissertação defendida e aprovada em: _____ / _____ / _____

Orientador: _____
Prof. Dr. Edson Kassar

Examinadores: _____

É concedida à Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação de toda ou parte desta dissertação de mestrado a autorização por escrito do autor.

Odiel Vagner de Souza Carvalho

Dedicatória

Aos meus pais Osiel e Didi,
para minha querida Adriana pela
participação, e para meus filhos Gabriel,
Yasmin e Erika pela esperança em dias
melhores.

Agradecimentos:

Agradeço especialmente pela paciência e compreensão, em primeiro lugar, ao meu Orientador Edson Kassar, e toda equipe do Mestrado coordenadores e professores, por terem facilitado minha frequência no curso pelo tempo necessário ao amadurecimento deste estudo, e as oportunidades que daí decorreram, e aos amigos e companheiros de curso técnicos e graduandos do CCET, que de alguma forma proporcionaram apoio a este trabalho, especialmente o amigo Sérgio Leal, pela generosidade.

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	x
	LISTA DE TABELAS E GRAFICOS	xi
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
	RESUMO	xiii
	ABSTRACT	xiv
I	INTRODUÇÃO.....	01
	1.1 Objetivos.....	03
	1.2 Justificativa.....	04
II	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	05
	2.1 Perspectiva histórica do Geoprocessamento	09
	2.2 Desenvolvimento computacional.....	11
	2.3 Paradigma fundamental.....	12
	2.4 Projeto NOAA.....	13
	2.5 Sensor AHHRR/NOAA.....	15
	2.5.1 Resolução.....	16
	2.6 Índice de vegetação.....	18
	2.7 Problematização.....	22
III	MATERIAL.....	23
	2.1 Ambiente físico.....	23
	2.2 Caracterização da área de estudo.....	23
	3.2.1 Bacia hidrográfica.....	25
	3.2.2 Geologia.....	25
	3.2.3 Geomorfologia.....	26
	3.2.4 Solos.....	26

3.2.5	Vegetação.....	27
3.2.5.1	Mapeamento da cobertura vegetal.....	28
3.3	Escalas e registro de imagens.....	28
3.4	Características dos dados.....	29
3.5	Ambiente computacional.....	30
IV	MÉTODOS.....	31
4.1	Padrões de imagem e desempenho.....	31
4.2	Processamento digital de imagens.....	33
4.2.1	Contraste linear e fatiado.....	33
4.2.2	Definição de linear.....	34
4.3	detecção de classes.....	37
4.3.1	Competição entre classes.....	37
4.4	Organização dos dados.....	38
4.5	Configuração do banco de dados.....	39
V	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1	Análise de distribuição de pixel.....	40
5.2	Desempenho de contraste e segmentação.....	41
5.3	Desempenho de classificação temática e multireferencial.....	43
5.4	Validação de resultados.....	45
5.5	Discussão.....	45
5.6	Recomendação.....	50
VI	ANEXOS.....	53
VI	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

Lista de figuras

Figura 01 : Perfil de legenda.....	07
Figura 02 : Imagem IVDN.....	20
Figura 03 : Contrastamento linear e fatiado.....	34
Figura 04 : Segmentada.....	35
Figura 05 : Imagens bruta, segmentada, contrastada e Segmentada com limiar 3% e área 15 pixel.....	36
Figura 06 : Imagem classificada	38
Figura 07 : Janela de contraste por fatiamento.....	46

Lista de tabelas, gráficos e quadros

Quadro 01: Resumo das características dos Sensores.....	16
Quadro 02: Características comparativas de sensores TM e AVHRR18	
Quadro 03: Informações disponíveis da imagem USGS.....	30
Tabela 01: Tabela de treinamento.....	32
Tabela 02: Desempenho segmentadas/vegetação.....	42
Tabela 03 : Desempenho de contrastadas e vegetação.....	43
Tabela 04 : Desempenho de classificadas e vegetação.....	44
Tabela 05 : Desempenho comparativo de imagens classificadas..	45
Gráfico 01: Série temporal de IVDN.....	21
Gráfico 02: Distribuição de valores de pixel.....	41

Lista de abreviaturas e siglas

AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer
CAD - Computer Aided Design, ou projeto assistido por computador
CPDs – Centros de pesquisa e desenvolvimento
DPI - Divisão de processamento de Imagens
EOS - Earth Observing System
IFOV - Instantaneous Field of View
INPA – Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas espaciais
IVP - Espectro infravermelho próximo
IVDN – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NCGIA - National Centre for Geographical Information and Analysis
NESDIS - National Environmental Satellite Data and Information Service
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
SAGA - Sistema de Análise Geo-ambiental
SAGRE - Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa
SIG - Sistemas de Informação Geográfica
SITIM - Sistema de Tratamento de Imagens
SPRING - Sistema para Processamento de Informações Geográficas
SPOT/HRV - Satellite Pour l'Observation de la Terre/High Resolution Visible
TIROS - Television and Infrared Observation Satellite
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
USGS – United States Geological Survey
VIS - Espectro visível
TM/Landsat e HRV/SPOT

Resumo

Este trabalho é o registro sistematizado, resultado do exame de imagens do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, produzidas pelo processamento dos dados do radiômetro AVHRR embarcado no satélite NOAA com resolução espacial de 1 Km, em ambiente Computacional SPRING. Procuramos adequar procedimentos padrões de processamento, como contrastamento, segmentação e classificação, para estabelecer um resultado que pudesse ser considerado no planejamento ambiental considerando três classes relacionadas a concentração de Carbono no nível do solo, e possíveis indicadores de biodiversidade. Os resultados demonstraram bom desempenho de comparação visual entre imagens estudadas e selecionadas, com as de referência, para as quais a escala mostrou-se mais adequada. Identificou-se também a necessidade de avanço no estudo dos dados disponíveis do NOAA, por ser um produto digital de baixo custo com grande potencial de suporte ao estudo da mesoecologia regional.

Abstract

This work is a systematic register, resulting from the examination of images of the Normalized Difference Vegetation Index, produced by the processing of data from the radiometer AVHRR of the satellite NOAA, with a spatial resolution of 1 km, within the Computational environment SPRING. We looked to adjust standard processing procedures, with contrast, segmentation and classification, to establish a result that could be considered environmental planning, for three related classes of a Ground level Carbon concentration, and possible indicators of biodiversity. The results demonstrated good visual correlation between the studied and selected images, with the reference images, for which the scale was found to be adequate. The necessity for advances in the study of the available data of the NOAA was also identified, As the digital products are of low cost and show great potential for supporting the study of regional mesoecologia.

I Introdução

No ano de 1970, a série de satélites NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration - começou a orbitar e fazer registro da superfície do planeta, acumulando uma série de dados, que se multiplica a cada hora, e o projeto do radiômetro embarcado AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer - previa o registro de 6 bandas do espectro, em seis canais, para os quais se destacaram os de uso em estudos climáticos e de tempo, sendo, até os dias de hoje, de fundamental importância para a previsão diária do tempo.

O presente trabalho foi desenvolvido, aproveitando parte da imensa quantidade de dados armazenados pela USGS – United State Geological Survey, para realizar estudo da cobertura vegetal, em região teste, para o uso em planejamento regional e estudos de mesoecologia, verificando a condição de fixação de Carbono e o potencial de diversidade biológica.

Para esse fim, estabeleceu-se no decorrer do trabalho, o registro do procedimento, que levou a resultados positivos, em relação à continuidade de estudos que possuam padrões de processamento para dados digitais e que ofereçam um diagnóstico geral a baixo custo.

A origem da tecnologia do monitoramento da superfície é, conceitualmente, antiga e remonta ao advento da invenção do telescópio. No entanto, teve um caminho motivado pelo interesse de acompanhar o movimento de tropas e, também, de prever o tempo favorável às batalhas da era moderna, permanecendo os principais avanços tecnológicos sob domínio militar. Entretanto, tecnologias mais comerciais atendem a fins mais pacíficos, como o de oferecer suporte ao diagnóstico e ao planejamento ambiental e da produção agrícola.

Hoje, na estratosfera, existe uma região povoada por artefatos, navegando em órbitas regulares ou estacionárias e que vêm cumprindo função de dar suporte à reconhecida era da informação. Os satélites artificiais têm sensores embarcados que geram subsídios para uma infinidade de linhas de trabalho na superfície, dentre elas, o monitoramento da vegetação.

Estudos anteriores de CARVALHO (2000) permitem concluir que o monitoramento é um acompanhamento regular, estabelecido no presente, para que se possa ter uma previsibilidade

quanto ao futuro, baseado em fatos constatados no passado. As imagens geradas por satélite têm dado uma contribuição muito importante, nesse momento, em que as dimensões da ação do desenvolvimento humano adquirem uma magnitude global.

O aquecimento global é um exemplo dessa reação da natureza, frente às grandes alterações impostas à superfície. Decorre do aumento da concentração de gases de efeito estufa, especialmente gás carbônico e metano, que são emitidos para a atmosfera por atividade respiratória e combustão e que, fixados, compõem todas as moléculas orgânicas dos seres vivos, com grande valor em energia de entalpia acumulada. A prática do desmatamento e das queimadas tem condicionado a substituição de imensas áreas de densas florestas, ricas em inter-relações entre as espécies, por campos agrícolas ou pastagens, que fixam menos Carbono. Soma-se a isso a intensa queima de combustíveis fósseis, disponibilizando mais Carbono em forma de gases estufa.

Os biomas tropicais, com grande capacidade de fixação de Carbono, são também ricos em inter-relações de espécies. Portanto, o interesse em se monitorar a cobertura vegetal recai sobre a questão do aquecimento global e a manutenção da diversidade biológica.

A análise e processamento dos dados do sensor AVHRR proveniente do satélite NOAA, pode ser um recurso valioso para o conhecimento da dinâmica das relações biológicas com o ambiente físico.

Um dos trabalhos possíveis, utilizando-se o produto do radiômetro AVHRR/NOAA, é o uso do canal I e II para determinação do IVDN - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, para o estabelecimento de um padrão de uso e ocupação do solo e o monitoramento da evolução da cobertura vegetal em vastas regiões, como o que acontece no Estado do Mato Grosso do Sul e no Brasil.

É na Amazônia brasileira que se concentram os trabalhos que objetivam compreender as mudanças significativas da cobertura florestal, processo que tem mobilizado a atenção da comunidade científica, para avaliar o papel da Amazônia no cenário de mudanças globais do clima no planeta, considerando necessário estimar a biomassa das florestas primária e secundária e quantificar o balanço nos estoques de Carbono devido à mudança da cobertura da terra.

A ocupação das florestas de terra firme e o desenvolvimento de atividades econômicas, em uma região, são iniciados pela derrubada da vegetação primária. A vegetação derrubada sofre geralmente processos de queima, com o remanescente entrando em decomposição. Esses

processos resultam na emissão de gás carbônico e outros gases traço para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa. Após a derrubada da mata, as áreas são geralmente ocupadas por culturas itinerantes (de um a mais anos) ou por plantações permanentes como fruticultura e café, ou gramíneas forrageiras. Uma parte das áreas desmatadas tem sido utilizada para a construção de usinas hidroelétricas, mineração, garimpos e expansão de áreas urbanas. De uma forma geral, uma parte significativa das áreas desflorestadas experimentam algum tipo de crescimento secundário, que funciona como absorvedor de Carbono, contrapondo o efeito inicial do desflorestamento.

Devido à degradação do solo, aumento do nível de acidez, erosão, pragas ou fatores econômicos, a terra é abandonada ou deixada em repouso, dando lugar à cobertura de sucessão secundária também conhecida por vegetação secundária, com conseqüente acúmulo de biomassa e reabsorção de CO₂ da atmosfera, pela fotossíntese.

São, nessas questões, que o elemento Carbono figura como importante fator determinante do desenho da paisagem no decorrer do tempo, mostrando padrões que são estudados nesse trabalho, trazendo um resultado promissor para que novas investigações sejam realizadas para a determinação de procedimentos de diagnósticos precisos da realidade ambiental em que vivemos.

1.1 Objetivos

Os objetivos do estudo realizado estiveram traçados no Plano de Qualificação realizado em CARVALHO (2003), a saber:

- *Utilização de métodos descritivos e analíticos em dados IVDN,*
- *Domínio da utilização de software para produção de mapas temáticos correlacionados à realidade terrestre, e*
- *Contribuição para a discussão do método utilizado em estudos da cobertura vegetal de grandes áreas.*

1.2 Justificativa

As três principais justificativas para realizar o estudo apresentado estão relacionadas a questões ecológicas, bioclimatológicas e econômicas. A primeira relaciona-se à necessidade de qualificar o declínio da diversidade biológica em ambiente eqüístico, onde se dá o assentamento das atividades humanas, a segunda questão está relacionada à necessidade de quantificação do Carbono fixado no nível do solo e de geração de informações que possam auxiliar no estudo das alterações climáticas regionais e globais, decorrentes do efeito estufa, resultante das emissões características dos assentamentos humanos. E a terceira questão, que se coloca atualmente, é a necessidade de desenvolvimento de métodos de valoração econômica de bens naturais, métodos de avaliação de novos mercados, e o conseqüente redimensionamento das riquezas naturais como a biodiversidade e Carbono, tudo isso sem deixar de considerar a aplicação de métodos relativamente baratos, como os dados colhidos pelo sensor AVHRR.

II Revisão de literatura

A dinâmica de uso e cobertura da terra, caso sejam, desflorestamento, queima, cultivo, implantação de pastagens, abandono e, eventualmente, novo desmatamento, é atualmente pouco conhecida do ponto de vista quantitativo, fazendo com que o balanço de emissão/fixação de Carbono por esses processos, seja associado a níveis altos de incerteza. Do fluxo de Carbono, oriundo da vegetação derrubada para a atmosfera, menos a absorção de Carbono no processo de acúmulo de biomassa, decorre que as estimativas de emissões líquidas de CO₂ devidas às mudanças no uso do solo, nos trópicos são de (+/- 1,0) 1,6 x 10¹⁵ gramas de Carbono, sendo que o CO₂ fixado da atmosfera na vegetação secundária é, possivelmente, responsável por uma grande parcela de sua incerteza, como mostra SCHIMEL, *et al*, (1995).

No caso específico da Amazônia brasileira, já foram identificadas as extensões das áreas desflorestadas e estimada a taxa de desflorestamento entre 1975 e 1991, com o uso de imagens de satélites, segundo INPE, (1992); TARDIN *et al*, (1980) e ALVES *et al*, (1992). Esses trabalhos permitiram avaliar que a extensão das áreas desflorestadas, na região, passou de cerca de 152.000 km², em 1978, para cerca de 426.000 km², em 1991. Mais recentemente, esses trabalhos, atualizados, indicam um desflorestamento total de 532.000 km² (agosto de 1997), observando-se um pico na taxa de desflorestamento bruto, de 1994 para 1995, de cerca de 29.000 km².

O acervo de dados sobre desflorestamento do INPE contém apenas a extensão das áreas desflorestadas, incluindo nestas, as áreas de vegetação secundária. Portanto, as incertezas associadas à biomassa das áreas desflorestadas e às taxas de crescimento da vegetação secundária contribuem para a imprecisão do cálculo do balanço das emissões de gases de efeito estufa na Amazônia.

Segundo UHL *et al* (1988) e NEPSTAD *et al* (1991), a intensidade do uso que precede o abandono de uma área é o melhor indicador da taxa de crescimento da floresta secundária. BROWN e LUGO (1990), consideram que a formação das florestas secundárias é acompanhada

pela rápida acumulação de biomassa nos primeiros 15 anos, com a estabilização da biomassa quase sempre abaixo das 200 t/ha, após períodos de mais de 80 anos. A dinâmica de ocupação e a formação de florestas secundárias têm também efeitos sobre a matéria orgânica acumulada no solo, sendo que a formação de florestas secundárias tende a restaurar o estoque de Carbono do solo.

Existem vários fatores que influenciam na recomposição de espécies arbóreas, em um ecossistema. Em áreas de florestas primárias derrubadas, sem serem queimadas, brotamentos do caule e das raízes são mecanismos que rapidamente restauram o número de espécies. A disponibilidade de fontes de sementes é um outro fator que regula a restauração do número de espécies em uma área de regeneração de floresta, segundo BROWN E LUGO (1990). Muitas das espécies características de florestas secundárias têm sementes ou frutos bem adaptados ao transporte pelo vento ou por animais. Assim, dentre as espécies secundárias mais comuns na América Tropical, por exemplo, a *Vismia guianensis* é dispersa por pássaros e morcegos; a *Didymopanax morototoni*, a *Guazuma ulmifolia*, as *Miconia* spp., e as *Byrsonima* spp., por pássaros; e as *Ochroma* spp., pelo vento.

RICHARDS (1981). DENICH (1991), estudando áreas de vegetação secundária na Região Bragantina do Estado do Pará, com idade entre 4 e 5 anos, constatou que os indivíduos com mais de 50 cm de altura, constituídos por árvores jovens, arbustos, trepadeiras ou pseudocaulas, surgiram de brotações do caule (epicórmica), raízes ou rizomas. As brotações do caule, facilmente reconhecíveis pelo acúmulo de rebentos adventícios, apresentaram uma preponderância numérica (*Lacistema pubescens* e todas as espécies de mirtáceas), ao passo que as de raiz (*Vismia guianensis*) e do rizoma (*Phenakospermum guianensis*), constituíram exceções.

A estrutura da vegetação tropical secundária é simples, como explica BROWN E LUGO (1990), em comparação com a das florestas maduras. As características que tipificam as florestas secundárias são: elevada densidade de caules, poucas árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior que 10 cm; pequena área basal por hectare; árvores baixas; baixo volume de madeira e elevado índice de área foliar (IAF). As florestas secundárias, segundo RICHARDS (1981), podem ser mais facilmente reconhecidas através de sua composição florística do que por sua fisionomia, uma vez que muitas espécies de floresta primária estão ausentes em florestas secundárias jovens. Na América tropical, a abundância de indivíduos de *Cecropia* spp., *Vismia*

guianensis, *Miconia* spp., certas espécies de *Inga* e *Byrsonima*, além de outras de menor relevância, é uma indicação de floresta secundária.

Na fig 01, é apresentado, o que HERNANDEZ FILHO, PONZONI & PEREIRA (1998) estabeleceram, em seu trabalho de mapeamento da fisionomia e do uso da terra em parte da Bacia do Alto Taquari, com uso de imagens TM/Landsat – Thematic Mapper/Landsat e HRV/SPOT - High Resolution Visible /Satellite Pour l'Observation de la Terre, perfis dos itens de legenda referente à vegetação arbórea, na escala métrica (m), mostra como o perfil de vegetação sensoriada pode se adequar à área ocupada no solo, usando método proposto por HERNANDEZ FILHO, DUTRA & AMARAL (1994) de avaliação de desempenho e separabilidade de produtos TM.

Nesse quadro, contribuições para a caracterização da dinâmica de cobertura (uso e abandono) da terra, assim como a caracterização da composição florística, estrutura e biomassa das áreas de formação de vegetação secundária, são importantes para uma melhor compreensão do ciclo de Carbono e dos impactos da ação humana sobre o mesmo.

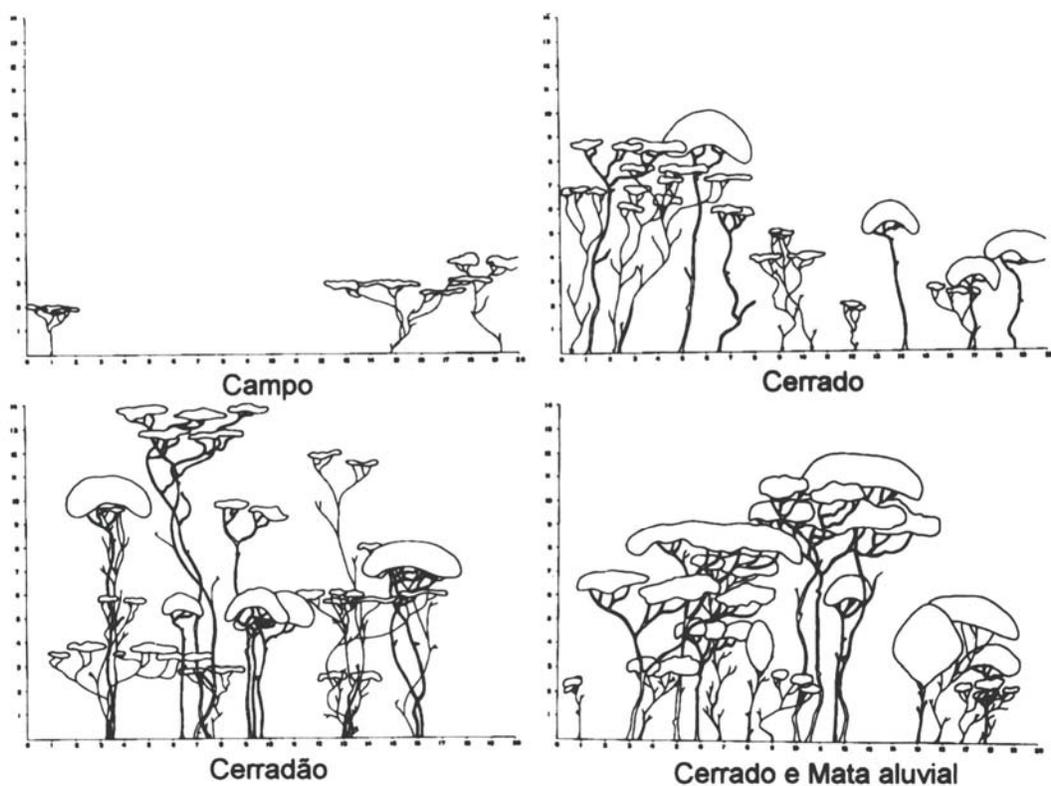


Figura 01 : Perfil de legenda esquematizado por HERNANDEZ FILHO, PONZONI & PEREIRA (1998) para região do alto Taquari. Os perfis foram identificados em campo e associados às legendas propostas no PCBAP- Programa de Conservação da Bacia do Alto Paraguai e Atlas Multirreferencial, assim codificados: 1)Campo⇒ Savana

gramíneo lenhosa⇒ (Sg); 2) Cerrado⇒ Savana arborizada⇒ (Sa); 3) Cerrado⇒ Savana florestada (Sd); 4) Cerrado e Mata Aluvial⇒ Savana / floresta estacional semidecidual e aluvial (As+Fa).

MANTOVANI & TABARELLI (1997,) em importante trabalho, no qual analisaram uma cronossequência de regeneração (10, 18, 40 anos e floresta madura), corroboram a hipótese de que as características da floresta se transformam, com diferentes velocidades, em direção aos valores observados na floresta madura. Em ordem decrescente de velocidade, a floresta, após corte e queima, restaura a riqueza e a diversidade de espécies arbóreo-arbustivas, a composição de guildas ou tipos fisionômicos, a composição florística (importância relativa das famílias) e, por último, os atributos da estrutura física, com exceção da densidade de indivíduos.

O mais importante efeito do modo como a ocupação antrópica reflete nas alterações climáticas pode ser constatado no estudo dos fatores que mantêm o processo de evapotranspiração.

No Cerrado, observam-se espécies com nenhuma restrição diária, na taxa de evapotranspiração, e espécies com pequena restrição diária. É importante esclarecer que a evaporação é a passagem da água, do estado líquido para o gasoso, segundo FERRI (1985), no ambiente do mesófilo foliar, permitindo que as lacunas do mesófilo, em condição de saturação, mantenham suas atividades produtivas regulares. Já a transpiração, relaciona-se principalmente à perda de água através dos ostíolos estomatais, sendo estes extremamente eficientes no controle de perdas de água.

Plantas do Cerrado comumente apresentam esses mecanismos de controle bem desenvolvidos, como recurso adaptativo, decorrente da redução da oferta hídrica anual, por três meses em média, como se observa nos estudos dos históricos de precipitação nesse ambiente.

Cerrado

DAJOZ (1983) revela a questão do fator limitante, que representa os limites de tolerância de uma espécie, em função da intensidade do fator ecológico estudado para mais ou para menos, que impõe limite ao desenvolvimento metabólico. Por isso, em relação à luz, são observados dois picos metabólicos diários, nos horários de 9:00 e 15:00 h. Decorre, também, semelhante processo, em relação a concentrações crescentes de CO₂ e também à temperatura, regulando o processo metabólico da fotossíntese.

Esse fator é importante, somado à evaporação decorrente do solo e das interfaces de água líquida, por acrescentar ao ambiente o vapor d'água, em função direta da biomassa metabolicamente ativa, considerando-se que, em condições de diversidade biológica, as taxas de restrições inerentes a cada espécie e sua frequência, ocasionam uma média de evapotranspiração, sempre que haja oferta de água diária que, por sua vez, altera-se com as estações do ano.

Os biomas têm características próprias em relação à morfofisiologia, porém as condições em que se dá a oferta hídrica, têm uma influência determinante nessa expressão, resultando daí a influência bioclimática mais importante.

A ocupação humana e a conseqüente substituição da cobertura vegetal original, também têm impactos sobre os ciclos biogeoquímico e hidrológico.

2.1 Perspectiva histórica do geoprocessamento

Geoprocessamento é uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de SIG, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Em CARVALHO (2000), foi possível distinguir dois períodos de desenvolvimento do geoprocessamento. Um primeiro, onde o geoprocessamento propriamente dito, é tido como um conjunto de técnicas em rápido desenvolvimento, apoiado em sistemas operacionais, cada vez mais sofisticados, e equipamentos capazes de operar com massa de dados, cada vez maiores. Porém, o conceito de geoinformação passa a ser adotado mais recentemente, como recurso para que a informação georreferenciada passe a dar suporte a tomada de decisão e ao exercício da cidadania.

A avaliação do contexto da geoinformação parece ter sido cuidadosamente tratado em CÂMARA (2002), em seu artigo “As representações computacionais do espaço”, onde é feita uma análise de uma perspectiva de se projetar uma nova geração de sistemas de informação

geográfica. Resumidamente, ele apresenta para cada escola, o conceito chave em sua definição de espaço, a representação computacional que melhor aproxima o conceito e algumas técnicas de análise geográfica típicas que estão associadas a esta escola geográfica. É feita uma distinção entre os conceitos da escola de Geografia Quantitativa, que tem expressão na atual geração de SIG e aqueles que apontam para a futura evolução da tecnologia de Geoprocessamento.

Resumidamente, entende-se por cada um desses segmentos:

Geografia Idiográfica (GIS dos anos 80): o conceito-chave é a unicidade da região, expresso através de abstrações como a “unidade-área”, “unidade de paisagem” e “uso do solo”. A representação computacional associada é o polígono, com seus atributos, usualmente expressos numa tabela de um banco de dados relacional, e entre as técnicas de análise comuns, está o uso da interseção de conjuntos ou lógica booleana.

Geografia Quantitativa (GIS de hoje): o conceito-chave é a distribuição espacial do fenômeno de estudo, expressa através de um conjunto de eventos, amostras pontuais, ou dados agregados por área. A representação computacional associada é a superfície expressa como uma grade regular, e há uma grande ênfase no uso de técnicas de Estatística Espacial e Lógica Nebulosa fuzzy para caracterizar com o uso, respectivamente, da teoria da probabilidade e da teoria da possibilidade, as distribuições espaciais.

Geografia Quantitativa (GIS da próxima geração): o conceito-chave são os modelos preditivos com representação espaço-temporal, onde a evolução do fenômeno é expressa através de representação funcional. Para capturar as diferentes relações dinâmicas, as técnicas de análise deverão incluir modelos multi-escala, que estabeleçam conexões entre fenômenos de macroescala tipicamente relacionados com fatores econômicos, e fenômenos de microescala tipicamente associados a transições no uso da terra.

Geografia Crítica (GIS do futuro): aqui, os conceitos-chave incluem o espaço como “sistema de objetos e sistema de ações” e a oposição entre “espaço de fluxos” e “espaço de lugares”. Pode-se apenas especular sobre as representações computacionais que serão utilizadas neste contexto, que possivelmente incluam técnicas de Representação de Conhecimento. A hipótese de trabalho é que os GIS do futuro contemplarão representações não-cartográficas do espaço, com uma ênfase no estabelecimento de relações entre os diferentes atores sociais que atuam no espaço.

Pode-se reconhecer, nos artigos de CÂMARA (2002), relacionados à prospecção dessa atividade na atualidade, o alcance e as limitações do Geoprocessamento e os diferentes conceitos de espaço, das escolas da Geografia e buscar estabelecer representações computacionais que permitam a expressão destes conceitos, no ambiente de SIG. Essa visão pode ser muito útil por ajudar a compreender as diferenças entre os conceitos de espaço e os desafios ainda não resolvidos pela ciência da Geoinformação, e situando o este trabalho em um contexto histórico.

CÂMARA (2002) cita ainda a Geografia Crítica, que tem uma importante contribuição para a ciência da Geoinformação, sendo um de seus principais méritos o de apontar para uma visão muito rica do espaço geográfico, enfatizando a noção do processo, em contraposição à natureza estática dos SIG de hoje. Neste sentido, é fundamental distinguir entre as capacidades da atual geração de SIG e as limitações inerentes a qualquer representação computacional do espaço geográfico. Assim, apesar de ser difícil capturar, num ambiente de geoinformação, todas as dimensões de conceitos como “sistemas de objetos” e “sistemas de ações”, equivalentes à escala 1:1, é importante buscar técnicas que permitam aproximar dimensões parciais desta visão. Para tanto, será necessário utilizar abordagens quantitativas, baseadas em técnicas como Sistemas Dinâmicos, Ontologias e Representação de Conhecimento, sem perder de vista que estes modelos serão sempre aproximações reducionistas da realidade geográfica.

2.2 Desenvolvimento computacional

Estudos anteriores de CARVALHO (2002), concluem que o acelerado desenvolvimento de *hardware* e *software*, na década de 90, não foi acompanhado pelo desenvolvimento de pessoal capacitado para operar a interpretação de informações geográficas no campo ambiental.

Esse é um fator importante, que mantém o atual estágio de desenvolvimento da questão, ainda intermediário ao período do Geoprocessamento e da Geoinformação, especialmente na região do Mato Grosso do Sul, onde CARVALHO (2003) identificou a convivência de demandas ambientais, carência de profissionais capacitados, e pouco investimento em estruturas de suporte ao planejamento.

Ainda podemos considerar uma combinação dos estudos de CARVALHO (2003) e as previsões de CÂMARA (2002), para o futuro de 5 a 10 anos e até 50 anos, com possibilidades

regionais de acompanhamento da evolução da geoinformação, considerando, também, outros fatores econômicos que estão em curso, como as novas perspectivas de dimensionamento ambiental das riquezas. Esse novo cenário, para o qual está prevista uma expansão de mercados, onde serão desenvolvidas novas cadeias produtivas e de trabalho, não poderá prescindir do uso das tecnologias de sensoriamento remoto para o dimensionamento das riquezas ambientais, bem como planejar o uso adequado e garantir suporte à rastreabilidade de produtos qualificados no mercado internacional. Assim, tornar-se-á facilmente justificável o investimento nos diversos setores necessários ao desenvolvimento do planejamento e monitoramento ambiental regional.

Atualmente, a grande quantidade de dados originados dos sensores orbitais e a facilidade proporcionada pelos equipamentos de processamento automático, sugerem que seja dado um adequado tratamento a esses dados por processamento computacional, para que resulte em efetivo conhecimento, que possa subsidiar a tomada de decisões, no planejamento do desenvolvimento, no sentido da sustentabilidade ambiental.

Considera-se importante que as forças de mercado sejam mais bem compreendidas, pois, atualmente, parecem ser as principais motivações para o desenvolvimento, especialmente no item *hardware*, durante a última década. Segue o item *software*, que tem semelhante desenvolvimento de mercado, no tratamento de imagens, na área do marketing e programação visual.

Semelhante processo tem acontecido com os *software* de aplicação geográfica apresentados nas feiras anuais, com grande capacidade de precisar resultados em áreas que demandam mercado de serviços, como telefonia e agrimensura, como demonstrado em INFOGEO n° 33 (2004) e INFOGPS n° 04 (2004).

2.3 Paradigma fundamental

O encontro de uma fundamentação teórica, dentro do desenvolvimento técnico e científico, foi uma consequência natural para que o pensamento encontrasse coerência e entendimento, do contexto da linguagem computacional, que representasse a realidade geográfica. O paradigma mais aceito é o chamado “paradigma dos quatro universos”. GOMES & VELHO (1995), distinguem o universo do *mundo real*, que inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema; o universo *matemático* (conceitual), que inclui uma definição

matemática (formal) das entidades a serem representadas; o universo de *representação*, onde as diversas entidades formais são mapeadas, para representações geométricas e alfanuméricas, no computador; e o universo de *implementação*, onde as estruturas de dados e algoritmos são escolhidos, baseados em considerações como desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados.

O presente trabalho limita-se ao desenvolvimento da interpretação de dados, no contexto do *universo das representações*, pois é nele que as entidades formais definidas no universo conceitual são associadas a diferentes representações geométricas, que podem variar, conforme a escala e a projeção cartográfica escolhida e a época de aquisição do dado.

CÂMARA (2002) afirma, entretanto, ser essa análise indicativa de que a interface de usuário de um SIG deve, tanto quanto possível, refletir o universo conceitual e esconder detalhes dos universos de representação e implementação. No nível conceitual, o usuário lida com conceitos mais próximos de sua realidade e minimiza a complexidade envolvida nos diferentes tipos de representação geométrica.

Tratando-se de situações onde perfeitas condições de trabalho estejam estabelecidas, até que eventuais limitações de usuários sejam superadas em decorrência da experiência no uso do SIG, o termo “sempre que possível” empreendido pelo autor citado, apresenta-se como uma abertura para o desenvolvimento de trabalhos que se reportem à constatação do universo da representação como válido ou não, na análise de uma realidade terrestre, como é o caso do produto resultante deste trabalho.

2.4 Projeto NOAA

A série de satélites da agência NOAA, fornece imagens de larga visada, ou seja, uma cena do NOAA recobre áreas com dimensões continentais.

Os órgãos responsáveis pela série de satélites da agência NOAA são o NESDIS - National Environmental Satellite Data and Information Service e a NASA - National Aeronautics and Space Administration, sendo esses órgãos pertencentes ao Governo dos Estados Unidos da América.

Inicialmente, o programa NOAA chamava-se TIROS - Television and Infrared Observation Satellite, e foi desenvolvido pela NASA, devido à necessidade de se ter um sistema de satélites meteorológicos. Esse programa foi concebido nos anos 60.

Os satélites de órbita polar da série NOAA foram, primariamente, projetados para o uso em previsões meteorológicas, serviços de alerta hidrológico, oceanográfico e monitoramento do espaço exterior, principalmente da atividade solar. O sistema AVHRR, embora tenha, como propósito inicial, fornecer a temperatura das nuvens, oceano e atmosfera, teve reconhecida as suas possibilidades para monitorar a vegetação, apropriadamente, em escala global. O satélite NOAA possui vários sensores: AMSU-A, AMSU-B, AVHRR/3, HIRS/3, SBUV/2, OCI e adquire dados de todo o planeta. Muitas informações estão contidas no *site* www.noaa.gov[1], entretanto, dados relativos ao IVDN e processamento da correção geométrica foram encontrados no *site* de USGS/USA[4], porém o grau técnico para interpretação dos algoritmos de correção não foram considerados nesse trabalho.

O sensor AVHRR é usado, principalmente, para aplicações meteorológicas, como determinação de quantidade de nuvens e cálculos de temperatura da superfície de qualquer tipo, como superfície terrestre e marítima e também temperatura de nuvens. O sensor AVHRR opera com 5 canais, em bandas do espectro de radiação, mas, a partir do NOAA 15, foi implementado mais um canal sensível, com uma resolução radiométrica de 10 bits (1024 níveis de cinza) e uma resolução temporal de 9 dias. Portanto ele recobre áreas coincidentes, quase por completo, em um intervalo de 6 horas[1].

Os satélites NOAA possuem: órbita sol-síncrona, quase perpendicular ao equador terrestre (98° de inclinação); ciclo de cobertura de 9 dias; campo de visada instantâneo corresponde a 1,1 km de resolução, ao nadir, ponto a noventa graus perpendicular ao nível do solo, sendo 2,4 km, ao longo da linha de varredura, por 6,9 km, na direção de deslocamento do satélite, nos ângulos de visada extremos. O ângulo de visada é de $\pm 55,4^\circ$, a partir do nadir. Navega na altitude aproximada de 830 km, onde uma volta completa ao redor da Terra leva 102 minutos e corresponde a uma faixa imageada de 2 800 km, o que proporciona de 800 a 900 km úteis para estudos terrestres, sem muita distorção, devido ao ângulo de visada. A distorção panorâmica é originada pela variação da inclinação do IFOV - instantaneous field of view dentro do campo de visada, isto é, a visada lateral do espelho de varredura tende a fechar o ângulo de captura do sinal de radiação que vem do alvo em terra, nos cantos da imagem. Como o IFOV corresponde a um

ângulo fixo, ele cobre dimensões diferentes no terreno em função da inclinação. Isto faz com que a dimensão coberta, no terreno, no nadir, seja menor que aquela coberta nas bordas da imagem. Por isso, diz-se que a distorção panorâmica causa compressão de dados nas regiões distantes do nadir. Este efeito faz com que um pixel, na borda das imagens AVHRR, corresponda a uma extensão quase três vezes maior que a do pixel no nadir. A curvatura da Terra gera um efeito análogo ao anterior, acentuando essa distorção panorâmica. Efeitos espaciais de distorção como esse exigem tratamento de correção.

Os dados do instrumento AVHRR, distribuídos, são os recebidos principalmente nas estações de recepção da rede da Terra, fornecendo a cobertura da Europa, África e partes do Médio Oriente. Os dois satélites TIROS, atualmente adquirindo dados AVHRR, têm um ciclo de repetição diário de quatro vezes, com uma faixa de varredura de 2.940 Km, que equivale a uma imagem individual da Europa Ocidental, com resolução de 1 km [1].

2.5 Sensor AVHRR/NOAA

O sensor AVHRR é um radiômetro, que utiliza movimento de varredura de um espelho para registrar, em até 5 canais, a informação radiométrica que provém da superfície e atmosfera.

O Canal 1 corresponde à faixa de 0,58 até 0,68 μm , utilizado geralmente para mapear no VIS - espectro visível, no período diurno, as nuvens, neve, gelo e vegetação.

O Canal 2 corresponde à faixa de 0,725 a 1,10 μm , utilizado geralmente para monitorar no espectro IVP - infravermelho próximo, durante o período diurno, a vegetação, culturas agrícolas e a delimitação de superfícies aquosas.

O Canal 3 corresponde à faixa de 3,55 até 3,93 μm no espectro infravermelho médio, utilizado geralmente para monitorar, no período noturno, as nuvens e a temperatura da superfície do mar, delimitação de superfícies aquosas, detecção de focos de incêndio e atividade vulcânica.

O Canal 4, que corresponde à faixa de 10,3 até 11,3 μm , no infravermelho termal, é utilizado geralmente no monitoramento de nuvens, temperatura do mar e superfície continental, temperatura do solo, umidade do solo e erupções vulcânicas.

O Canal 5, que corresponde à faixa de 11,5 até 12,5 μm , no infravermelho termal, é utilizado normalmente para monitoramento da temperatura da superfície e umidade do solo.

Choques térmicos no espaço exterior também são responsáveis pela deterioração dos sensores, sensíveis especialmente no canal 1 e 2. Por isso, nem todos os satélites da série NOAA encontram-se com seu radiômetro AVHRR em condição funcional. No apêndice, encontra-se uma tabela que mostra as condições de operação em 2002 [1].

No quadro 01, apresenta-se um resumo das principais propriedades dos sensores AVHRR 1 e 2 .

Resumo das características dos Sensores (Radiômetros de varredura óptica)

Canais	1	2	3	4	5	6	7
AVHRR/1							
μm(espectro)	0.55-0.68	0.72-1.0	3.6-3.9	10.5-11.5			
Resolução (m)	1000	1000	1000	1000			
AVHRR/2							
μm	0.58-0.68	0.72-1.0	3.6-3.9	10.3-11.3	11.5-12.5		
Resolução (m)	1000	1000	1000	1000	1000		

Quadro 01: Resumo das propriedades dos radiômetros AVHRR/1 e AVHRR/2. Fonte – INFORGEO

SHIMABUKURO, RUDORFF & PONZONI (1998) apresentou um esquema de espectro eletromagnético no anexo I, mostrando a janela atmosférica, posição das bandas do AVHRR, e as curvas espectrais de vegetação e de solo. Nela é possível ter uma idéia precisa da capacidade de registro do sensor no espectro visível, e da possibilidade de conversão em IVDN.

2.5.1 Resolução

A resolução é um importante fator de definição para as aplicações dos produtos do radiômetro, relacionados às características gerais para as quais foram concebidos. O sensor AVHRR proporciona dados com as seguintes resoluções: espacial, espectral, radiométrica e temporal [1].

Resolução espacial: relaciona-se ao tamanho da área que um pixel da imagem representa no solo e, conseqüentemente, à capacidade de discriminação de alvos terrestres e à menor separação angular ou linear entre dois objetos. O AVHRR tem distinção de 1,1 km, aproximadamente, e, quando no nadir, 1km. Essa aproximação está relacionada à inclinação da visada, e a correção aplicada à imagem.

Resolução espectral: é uma medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor. O espectro de radiação, tem diversos níveis de energia, a esses níveis, é associada palavra banda espectral. Por exemplo, a banda de 0.4 a 0.45 μm é menor a banda de 0.4 a 0.5 μm . Assim, associa-se a essas bandas os canais sensíveis do radiômetro que tem sua resolução espectral diretamente proporcional a maior faixa de bandas do espectro a que tenha canais sensíveis. No IVDN/AVHRR tratamos somente com os canais 1 e 2, ou seja, VIS e IVP, o que abrange 0,58 a 0,68 μm e 0,725 A 1,0 μm respectivamente.

Resolução radiométrica: está associado à sensibilidade do sistema sensor em distinguir dois níveis de intensidade do sinal de retorno. Por exemplo, uma resolução de 10 bits (1024 níveis digitais) é maior que uma de 8 bits (256 níveis). Os dados corrigidos da USGS de IVDN apresentam-se com 8 bits.

Resolução temporal: relaciona-se ao tempo de recobertura de um mesmo objeto em solo. Por exemplo, o AVHRR, embarcado no satélite NOAA, recobre uma mesma superfície a cada 4 horas, sendo considerado um excelente monitoramento, em tempo quase real.

Um aumento progressivo no ângulo de zênite solar, a cada passagem, acarreta meia hora de atraso anual, por arrastamento na atmosfera, decorrendo condições diferentes para as medidas radiométricas. Igualmente, aspectos espaciais de variação IFOV - Instantaneous Field of View, que consiste na alteração da área de cobertura de um pixel de acordo com o ângulo de inclinação da tomada do sensor em relação ao plano terrestre, isso denota a necessidade de correção para eliminação de desvios da ordem de até 50%, como foi citado por GUTMAN *apud* KASSAR (1995).

O quadro 02 apresenta as características comparativas de resolução dos sistemas sensores Thematic Mapper (TM)¹ e Advanced Very Resolution Radiometer (AVHRR), a bordo dos satélites Landsat e NOAA, respectivamente.

¹ O Satélite LANDSAT transporta o sensor TM – Thematic Mapper, de resolução espacial 30 m, considerado bom para o monitoramento ambiental.

Características comparativas de resolução dos sistemas sensores TM e AVHRR

SENSOR	TM	AVHRR
Resolução temporal	16 dias	2 vezes ao dia
Resolução espacial	30 m	1.1 km (nominal)
	120 m (Banda6)	
Resolução radiométrica	8 bits	8 e 10 bits
Resolução Espectral (μm)	Banda1 - 0.45-0.52	
	Banda2 - 0.52-0.60	Banda 1 - 0.58-0.68
	Banda3 - 0.63-0.69	Banda 2 - 0.725-1.1
	Banda4 - 0.76-0.90	Banda 3 - 3.55-3.93
	Banda5 - 1.55-1.75	Banda 4 - 10.3-11.3
	Banda6 - 10.74-12.5	Banda 5 - 11.5-12.5
	Banda7 - 2.08-2.35	

Quadro 02 : Resolução comparativa dos satélites ambientais mais conhecidos. - fonte NOAA

2.6 Índice de vegetação

Segundo SILVA (2001), índice de vegetação é a denominação dada ao valor obtido com a finalidade de expressar o vigor da vegetação, a partir de dados remotos. Esse valor obtido a partir da propriedade de reflectância, apresentadas por folhas verdes, ao interagirem com a radiação solar, que apresentam uma razão resultante do fluxo luminoso da radiação refletida e o que incidiu sobre ela. A reflectividade, é assim, um registro digital do sensor à reflectância da vegetação.

- Baixa reflectividade aos comprimentos de onda na faixa do espectro visível (VIS), compreendidos entre 0,22 μm (violeta) até 0,68 μm (vermelho), explicada principalmente pela absorção da luz, pelos pigmentos contidos nas células, especialmente a clorofila, sensível às faixas do laranja ao vermelho.

- Alta reflectividade aos comprimentos de onda na faixa do espectro infravermelho próximo (NIR), que compreende os comprimentos de onda de 0,73 a 1,1 μm , o que ocorre devido à descontinuidade do índice de refração da estrutura do mesófilo foliar: o ar, na estrutura vegetal, tem índice 1,0 e a parede celular hidratada tem índice 1,4. Um parâmetro importante é a superfície total das interfaces entre o ar e a parede celular. A infiltração de substâncias com índice de refração maior que 1,0, como a água, nas cavidades do ar, diminui essa reflectividade do intervalo do infravermelho próximo.

SILVA (2001) acentua que, dessa forma, um índice de vegetação, a partir da instrumentação AVHRR, consistirá nas combinações desses dois canais, para que se obtenha o máximo de contraste, para a identificação das condições da vegetação.

Os índices de vegetação mais utilizados são:

- IVD - Índice de Vegetação por Diferença Simples

$$\text{IVD} = \text{NIR} - \text{VIS}$$

- IVR - Índice de Vegetação por Razão

$$\text{IVR} = \text{NIR} / \text{VIS}$$

- IVDN - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

A geração do produto IVDN - Índice de vegetação por diferença normalizada, utiliza-se dos canais 1 (VIS - espectro visível) e 2 (NIR - espectro infravermelho próximo) do sensor AVHRR, presente nos satélites de órbita polar da série NOAA. A vegetação tem reflectividade normalmente baixa, no VIS, e alta, no NIR. No primeiro caso, é a clorofila que absorve radiação solar, para permitir a fotossíntese, enquanto que o tecido das folhas tem baixa absorção no NIR.

Uma cobertura vegetal com estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar (aumenta sua reflectância no espectro visível), e a absorver mais no NIR. Assim, a diferença de reflectâncias ou "sinais" NIR - VIS (índice diferencial), entre os canais 1 e 2, tende a decrescer, quando a cobertura vegetal está "mais seca". O índice por diferenças normalizadas define-se como:

$$\text{IVDN} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS}).$$

Os valores de IVDN oscilam entre -1 e +1 que não é apropriado para ser visualizado, daí é necessário uma conversão a valores que variam de 0 a 200 onde cada valor representa meio por cento de toda extensão da escala de níveis de cinza do preto (0) ao branco (256). Este índice permite identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial.

SILVA (2001) afirma que a água tem reflectância $\text{VIS} > \text{NIR}$, portanto, valores negativos de IVDN, as nuvens refletem de forma semelhante, no VIS e no NIR. Disto, que seu IVDN seja pequeno (positivo ou negativo), em torno de zero. Tons claros, que correspondem aos maiores valores de IVDN, indicam boas condições de vegetação, mas não garantem que tipo de vegetação está relacionada com determinado nível de cinza; tons escuros, que correspondem a valores

baixos de IVDN, podem levar a uma série de interpretações: ausência total de vegetação, áreas de sombra, contaminação por nuvens, contaminação por fumaça, regiões alagadas, entre outras.

Imagem AVHRR da Figura 02 é um padrão de visualização de IVDN/AVHRR/NOAA do retângulo representativo da área de interesse deste trabalho. Os valores do nível de cinza mínimos, máximos e média, estão representados no quadro do histograma.

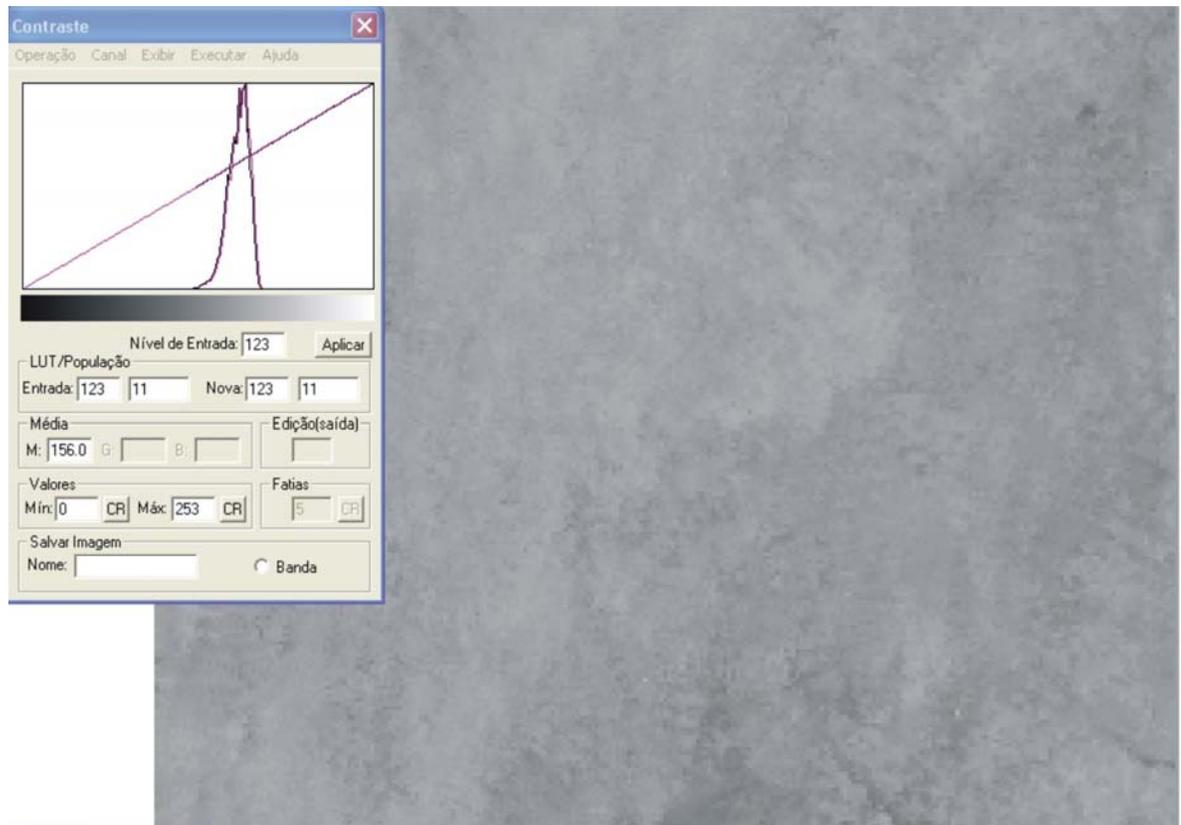


Figura 02: Imagem IVDN, valores digitais mínimos 123, e máximos 173 (registrado na janela contraste), com média de 156. Os pontos extremos, da direita inferior 57° Oeste e 21° Sul e esquerda superior 56° Oeste e 20° Sul, delimitam a área de interesse.

Quando codificada a imagem com 8 bits, seus 256 níveis de cinza passam à representação do IVDN, com padrão de entrada para os dados colhidos, em torno de 104 e saída em 186 valor digital do nível de cinza, quando consideradas todas as imagens do banco de dados, proporcionando aproximadamente 80 níveis de cinza, correspondentes à condição terrestre de cobertura do solo.

Influências da atmosfera (especialmente de nuvens) e aerossóis, como poeira e fumaça, modificam os sinais VIS e NIR correspondentes aos verdadeiros alvos, resultando na diminuição do valor real do IVDN. Um caso típico desta influência sobre os valores do índice observa-se

sobre a região amazônica, onde a presença usual de nebulosidade, na atmosfera, faz com que a qualidade e extensão da área vegetada, identificada pelo índice, sejam subestimadas.

Por esse motivo, foi considerado o gráfico de IVDN filtrado de KASSAR (1995), por destacar os períodos anuais em que ocorre melhor condição de registro de IVDN, para o estudo da vegetação.

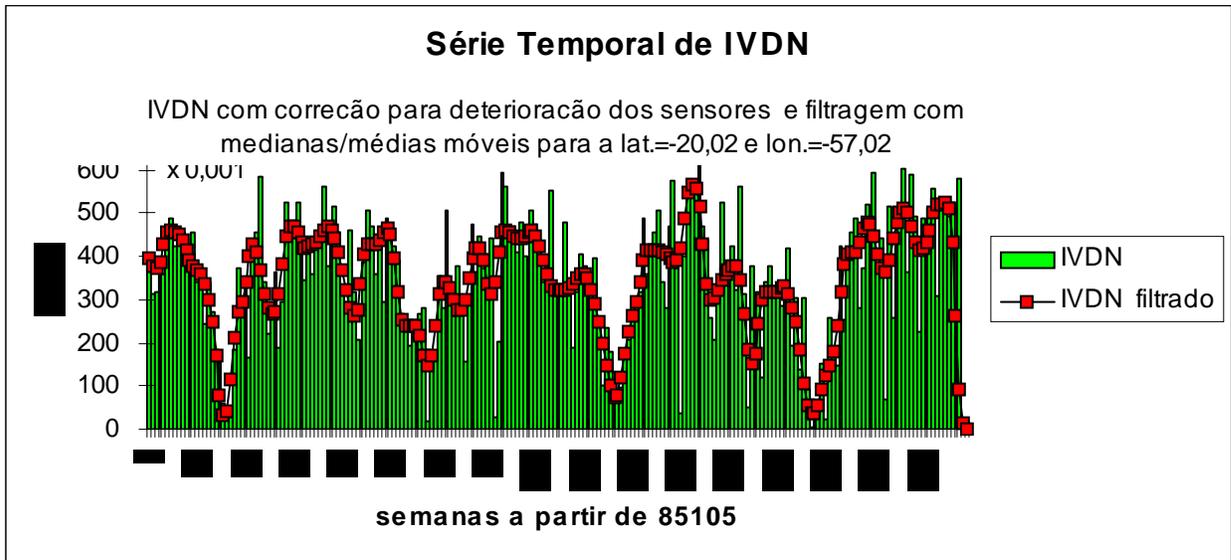


Gráfico 01 : Valores de IVDN semanais ao longo de 4 anos. fonte: KASSAR (1995)

O gráfico 01 demonstra uma periodicidade relativa para os índices de IVDN, a partir da primeira semana de maio de 1985, correspondente a aproximadamente 1500 dias, em quatro anos. Portanto as cinco ondas com baixo índice, corresponderão aos meses de maior prática de queima no ambiente rural, ocasionando prejuízo à propriedade de transparência atmosférica, sendo a isso somada a suspensão de particulados e poeira, com maior ocorrência no período mais seco do ano.

Por outro lado, as ondas de alta nos valores de IVDN proporcionadas pela transparência atmosférica, necessária para o registro da radiação refletida pela vegetação, denominado albedo de superfície dos canais 1 e 2, do sensor AVHRR, têm ocorrência em períodos com intervalo de um ano.

2.7 Problematização

Segundo SILVA (2003), o solo nu e com vegetação esparsa apresenta valores positivos, mas não muito elevados. Já a vegetação densa, úmida e bem desenvolvida, apresenta os maiores valores de IVDN. Deduz-se que valores com $NIR < VIS$, se $NIR - VIS =$ numerador positivo e $NIR + VIS =$ denominador positivo, estarão relacionados a índices crescentes de concentração de Carbono, por representar vegetação mais exuberante, passando de solo nu a florestas.

A partir dessas observações, podemos perguntar se é possível que imagens IVDN/AVHRR/NOAA possam ser automaticamente classificadas, por simples procedimento de realce de imagem ou contrastamento, para mostrar áreas associadas com, pelo menos, três níveis de concentração de Carbono?

Outros problemas podem ser definidos com intuito de parametrizar os procedimentos que terão, como saldo final, respostas que poderão ser consideradas os resultados indispensáveis para subsidiar uma conclusão.

III Material

3.1 Ambiente físico

Ao se pensar na escolha da área definida como amostra, considerou-se a representatividade, em relação aos tipos de cobertura e diferentes biomas presentes no Estado. Considerou-se que o entorno do povoado de Palmeiras corresponde a essa característica, a mudança de relevo entre o altiplano, onde predomina o Cerrado, e a planície do Pantanal, a Oeste de Campo Grande, onde predominam vegetações de diversos padrões.

3.2 Características da área de estudo

Geograficamente, a área de interesse corresponde a uma região de transição entre o planalto do Cerrado sul-mato-grossense e a planície do Pantanal, apresentando-se como um corredor turístico, além de estar sob forte pressão antrópica, com grande número de empreendimentos rurais agropastoris. A área envolve, politicamente, seis municípios: Aquidauana, Anastácio, Nioaque, Dois Irmãos do Buriti, Terenos e Sidrolândia, num retângulo correspondente a Oeste 56° 00'00" Sul 21°00'00", ponto esquerdo-abaxo, e Oeste 55°00'00" Sul 20°00'00", ponto direito-acima, como indica a figura 03, representando 18,3% da extensão territorial do Estado do Mato Grosso do Sul.

A determinação desses 65.000 km² de superfície de estudo, se deu em função de uma relação de fatores, entre eles, a heterogeneidade de tipos de cobertura no solo, proximidade da área de interesse de KASSAR (1995), considerando outros estudos hidrológicos da bacia em questão e aspectos e características do desenvolvimento local. Enfim, trata-se de uma região do

Estado, fortemente impactada, pelo modelo de desenvolvimento adotado pela população e pelo método convencional de uso do solo, e produção agropecuária.

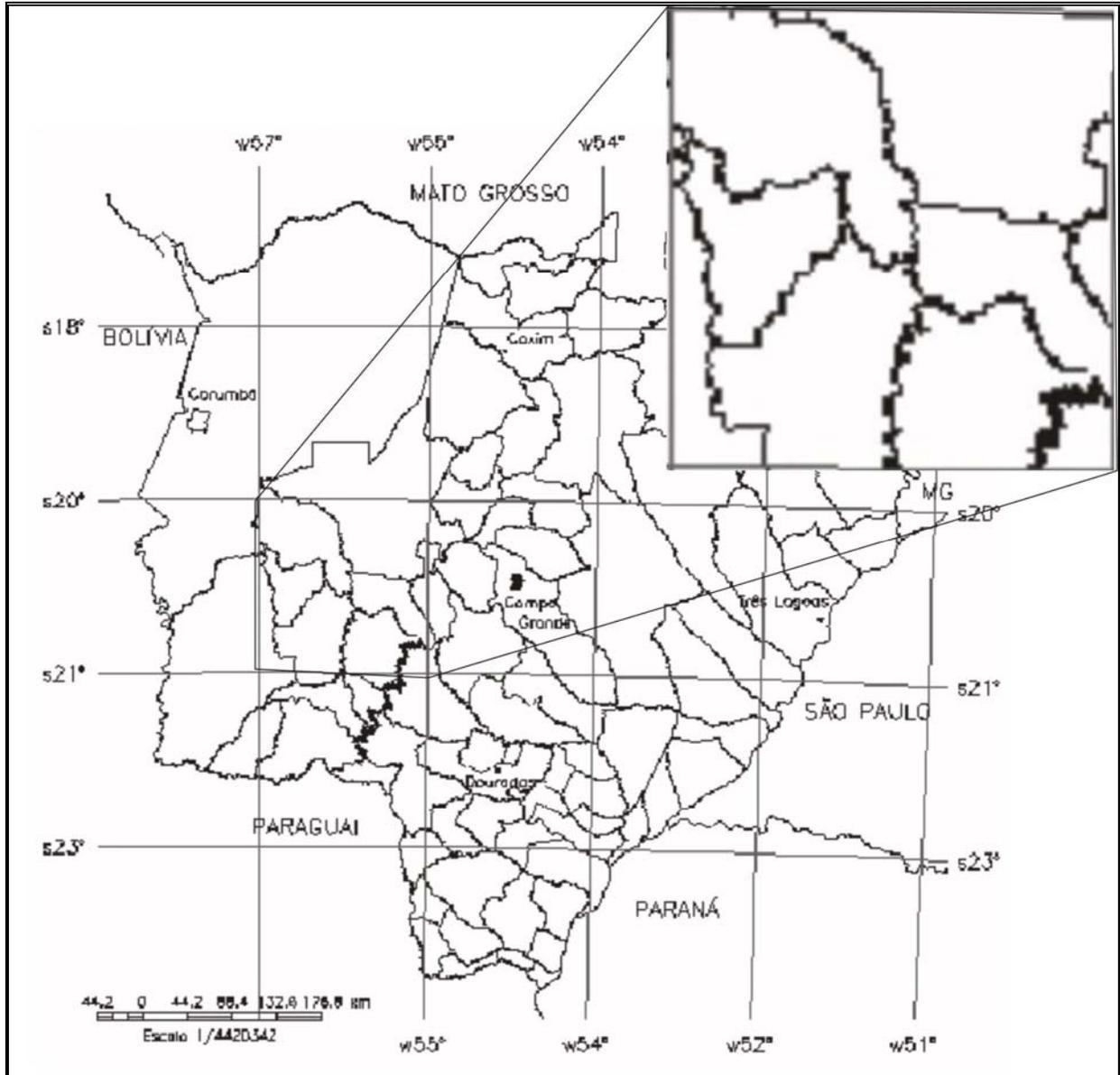


Figura 03: MS com destaque da área de interesse - Fonte SEPLANCT

Um indicador visual da ação antrópica na região, pode ser observado no exame da malha de acesso rodoviário. A partir do centro de um polígono qualquer, delimitada por rodovias, não ocorre um raio superior a 50 km, sem que se dê a presença de uma tangente rodoviária. No anexoII está representado um recorte da área de interesse do mapa rodoviário (anexo II)

II, encontra-se um recorte digitalizado do mapa rodoviário da área de interesse, para observação da característica da facilidade do acesso rodoviário, como um fator de considerável valor na transformação da paisagem.

3.2.1 Bacia Hidrográfica

O retângulo, que caracteriza a área em estudo, integra as duas maiores sub-bacias hidrográficas do Estado, o complexo da BAP (Bacia do Alto Paraguai): a Bacia do Rio Negro, que chega a percorrer a área de estudo na altura do paralelo 55° 30' e a Bacia do Rio Aquidauana, tributário do rio Miranda, ambos pertencentes à Bacia do Rio Paraguai.

Uma pequena parcela, ao Leste-Sul da área de interesse, é integrante da Bacia do Rio Ivinhema, que tem suas águas voltadas à Bacia do Rio Paraná. O anexo II representa um procedimento de realce dessas bacias a partir de um recorte de produto digital [8].

3.2.2 Geologia

As três unidades geotectônicas, que constituem a base geológica do Estado, estão representadas, por afloramentos, na área de estudos.

A área de estudo encontra-se recortada, na figura 10, em sentido oblíquo ascendente, da esquerda para a direita, por seis faixas representativas das formações geológicas: Grupo Cuiabá (a oeste de Aquidauana), Formação Pantanal, depósitos dendríticos (formando uma faixa ao Nordeste de Aquidauana), Formação Aquidauana (Leste e Sul de Anastácio), formação Botucatu (em Dois Irmãos do Buriti) e Formação Serra Geral (municípios de Terenos e Sidrolândia). O Anexo IV é um recorte digitalizado do Atlas Multireferencial (1990).

Essas formações geológicas, na área de interesse, estão representadas na forma de unidades geotectônicas mais antigas: o Cinturão Metamórfico do Paraguai-Araguaia (Pré-Cambriano) e a mais recente, Bacia Sedimentar do Paraná (Fanerozóico).

Sendo todos os grupos da Era Fanerozóica, apenas a Formação Pantanal e depósitos dendríticos são da Era Cenozóica mais recente, distribuídos na faixa extrema esquerda da área de

estudo, com predominância da Formação Serra Geral, Botucatu e Aquidauana, sendo esta, a formação mais antiga paleozóica do período Carbonífero.

Essas considerações são importantes, pois determinam o tipo de afloramento característico, e conseqüentemente, um padrão sedimentar que determina forte influência sobre a classe de cobertura vegetal que se apresenta, bem como sobre as aptidões agrícolas, sendo fundamental o estudo dessas correlações de padrões, no trabalho do planejamento de uso do solo.

3.2.3 Geomorfologia

O relevo também apresenta influência e contribui com a determinação das classes de cobertura vegetal, em função da estratigrafia climática, decorrente da altitude da área, e também da composição química do solo, originado da sedimentação geológica, que impõe fatores limitantes a determinadas espécies e, conseqüentemente, a todo o sistema. Por isso, é esperada a similaridade da geomorfologia e da geologia, que pode ser observada na área de estudo, pelos contornos inclinados do padrão geral do desenho formado pelas classes nas figuras 10 e 11. As discrepâncias de borda decorrem da ação erosiva nas bacias hidrográficas. O anexo V é um recorte do Atlas multireferencial (1990).

3.2.4 Solos

Em linhas gerais, as classes de solo têm o mesmo padrão de distribuição oblíquo, na área de interesse, correspondente ao mapa geológico, como é de se esperar. Porém, os recortes e contornos são mais pronunciados, decorrentes, provavelmente, da ação erosiva nos afloramentos.

Predominam a classe Podzólico vermelho-amarelo, na área de estudo, seguida de Latosolo vermelho escuro e áreas quartzosas, com alguns recortes de Latossolo roxo e solos Litólicos.

Em geral, as três principais classes são profundas, bem drenadas e com teor de ferro entre 9 e 15%, sendo que o arenoso tem teor de ferro baixo, além da retenção de umidade ser reduzida. O anexo VI corresponde ao recorte digitalizado da área de interesse do Atlas Multireferencial (1990).

3.2.5 Vegetação

O padrão de recortes das classes de vegetação também apresenta uma aparente correlação, em linhas gerais, inclinadas para Oeste e, de baixo para cima.

Atualmente, um estudo do aumento da densidade populacional na região de interesse precisa ser feito, para acompanhar a evolução e a atual condição de desenvolvimento e da ação antrópica sobre a vegetação original.

De acordo com o Atlas Multirreferencial (1990), Anexo VII, quatro classes de cobertura são encontrados na área de interesse: agropecuária e pastagem (Ap.2, Ap.3), encraves e formações (SNc), arbórea densa (Sd) e arbórea aberta (As).

A composição florística natural sul-mato-grossense está definida como referência, em regiões fitoecológicas, que são áreas de composição florística bem determinada, formas biológicas bem definidas, que se repetem em um mesmo clima. Assim, definem-se quatro regiões fitoecológicas: savana (Cerrados), savana estépica (vegetação chaquenha), floresta estacional semidecidual e floresta estacional decidual, além de áreas de formação pioneira e áreas de tensão ecológica ainda de acordo com o Atlas Multireferencial (1990).

Aspectos fisionômicos definem, para a savana, quatro fisionomias: arbórea densa, arbórea aberta, campo Cerrado, parque e Gramínea lenhosa. O especial interesse nessa classificação, relacionado à área em questão, decorre da característica concentração de Carbono, para cada uma dessas fisionomias vegetais, quando se dá a ocupação antrópica e o modo de uso do solo.

As outras regiões também têm semelhantes subdivisões, sendo que as áreas antropizadas têm modificação total ou parcial da estrutura natural da vegetação.

A área de interesse pode ser reduzida às regiões fitoecológicas: “arbórea” (densa e aberta) “Cerrado” e “agropecuária e pastagem” (antrópicas e encraves). Obteremos, então, duas classes, conforme o adensamento de fitomassa: Cerrado (massa densa) e campo (massa esparsa), com duas qualidades de cobertura para serem identificadas em imagens NOAA/AVHRR.

3.2.5.1 Mapeamento de cobertura vegetal

O mapa de cobertura vegetal do Projeto Corredore Cerrado-Pantanal elaborado pela CI – Coservation Internetional da cena Landsat 7 ETM+ órbita 225 ponto 74, CI (1999) envolve a área de interesse e o recorte apresentado no anexo VIII, mostra o resultado de procedimento de processamento de imagem, cuja metodologia não foi referenciada naquele trabalho. Esse material apenas fornece uma base para desempenho de comparações com uma base de material dispnível.

3.3 Escalas e registro de imagem

As imagens escanerizadas, do Atlas Multirreferencial, incorporam a projeção e a escala em que foram produzidas, ou seja, a projeção cônica, conforme Lambert. O procedimento de recorte das imagens pode ocasionar em acentuação das distorções promovidas pela importação das imagens para o SPRING, através de criação de projeto automático.

O mesmo acontece com as imagens obtidas da série USGS. Por apresentar um pré-tratamento, trazem correções que condicionam o ambiente de trabalho com projeção geodésica ignorada. Isso significa que o material de trabalho pode acumular possíveis erro, ou melhor dizendo, distorções matemáticas, em relação à realidade terrestre. Teoricamente, podemos tratar cada pixel nessas condições, como um dado tomado de ângulo vertical, em condição de luz constante e, ainda, com influências atmosféricas constantes. Logicamente, na prática, observam-se flutuações na qualidade de cada imagem, tendo sido considerados padrões visuais de aparência para considerá-los utilizáveis.

Outro fator relevante - a escala, oferece uma resolução para as imagens com que se trabalha. O cuidado com essa questão, em um sistema de informação geográfica, padronizado por uma escala, oferece um fator qualificador para os produtos obtidos, sendo que a técnica para o uso de escalas diferentes, fenômeno comum devido à falta de padrão regional, sempre deve obedecer a um critério da maior para a menor escala, sendo que o procedimento contrário leva ao acúmulo de erros de interpretação, que podem trazer invalidação ao trabalho.

3.4 Características dos dados

Os dados selecionados, para este trabalho, foram recolhidos da USGS/USA, onde está disponível uma série temporal de cinco anos, incluindo falhas, de um mosaico de imagens IVDN, corrigidos geometricamente e, ainda, apresentando o melhor índice de cada período de dez dias, convencionando-se o início do mês, meados do mês e final do mês, para cada imagem.

Apesar de a análise dos métodos e algoritmos de processamento e ajuste dessas imagens, não serem motivos de concentração deste trabalho, deve-se observar a relação de dependência de seus resultados, em função daqueles procedimentos.

O volume total de dados de IVDN, do sensor AVHRR, corresponde a aproximadamente 150 imagens, em uma série de 50 meses, com disposição de três imagens para cada mês.

A sistemática da coleta de dados foi relativa à ocorrência de maiores índices de IVDN, baseada no trabalho de KASSAR (1995), naturalmente, a menor interferência de particulados aéreos na atmosfera, que provocam o espalhamento da radiação refletida pelos alvos terrestres, melhoram essa intensidade de radiação que chega no sensor, chamado albedo de superfície, assim o valor registrado pelo sensor é maior nos meses de Maio e Julho, em que as condições de tempo proporcionam maior transparência atmosférica.

Assim, a amostragem de dados colhidos, geradas no mês de maio e julho, é considerada como representativa em quantidade e qualidade para efetivação deste trabalho.

No Quadro 02, é apresentado o conjunto de informações disponibilizado pela USGS e que antecede cada *download* de imagem.

Informações disponíveis da imagem USGS

AVHRR 10-dias: verificação da composição selecionada

Tipo de compressão: gzip

Tempo Estimado de transferência: 2 a 4 minutos

Extensão da imagem: 256 linhas e 256 colunas, 8-bit pixels

Entrada de parâmetros: 10-dias, período: July 1-10, 1993

Resolução: 1-Km

Coordenadas requisitadas:

Northernmost Latitude: **-20.000000**

Westernmost Longitude: **-56.000000**

Southernmost Latitude: **-21.000000**

Easternmost Longitude: **-55.000000**

Coordenadas atuais:

Northernmost Latitude: **-19.848037**, Linha 10881

Westernmost Longitude: **-56.627841**, Coluna 13697

Southernmost Latitude: **-22.141308**, Linha 11136

Easternmost Longitude: **-54.099789**, Coluna 13952

Band: **6...NDVI**

Quadro 02: Conjunto de informações em extensão *.html, relativos as imagens adquiridas da USGS/USA [5].

Verificada a gravação dos dados em disco rígido, passou-se a buscar a melhor maneira de se proceder à correção e ajustes, que originaram as imagens. Entretanto, considerou-se, neste trabalho, que os procedimentos de correção e ajuste promovidos pela USGS anterior a disponibilidade dos dados, deva corresponder a melhor forma de correlação com a realidade terrestre.

3.5 Ambiente computacional

Esse método de trabalho requer, um planejamento prévio de um banco de dados que venha a oferecer facilidade na organização dos dados, processamento e recuperação das informações, para que seja possível uma interpretação simplificada.

Devido, principalmente, à resolução espacial das imagens AVHRR/NOAA, uma matriz relativamente pequena de dados corresponde a uma representação de vastas extensões territoriais, em imagens, o ambiente experimental para tratamento de imagens não requer equipamentos sofisticados, com grande capacidade de memória e velocidade de processamento, tendo sido suficiente, para trabalhar com amostras experimentais, que são as imagens corrigidas geograficamente de 8 *bits*, um equipamento do tipo X686 processador SYRIX 133 (superior ao *Pentium 100*), dois pentes de memória RAM de 16 Mb, um HD de 2,5 Mb, capaz de suportar o ambiente *Windows 98* otimizado e as ferramentas de trabalho *Spring 3.3*, *Photoshop 4.0*, *Freehand 9.0* e, como recurso para cópias de segurança e *backup*, um *ZIP 100 Mb*.

IV Método

Habilitou-se 21 imagens da USGS 8 bits, representando 65.000 Km² da denominada área de interesse, e ainda foram escanerizadas quatro recortes do Atlas Multireferencial, mais dois do Mapa rodoviário e do mapeamento de vegetação da CI (1999), para que fossem organizados para estabelecimento da técnica de comparação e obtenção das tabelas de desempenho, para o que somente as formas gerais são consideradas e ainda descontando aspectos relacionados ao tema das imagens.

4.1 Padrões de imagens e desempenho

Alguns trabalhos apresentam modelos de reconhecimento de padrões em imagem. RODRIGUES (1998) utiliza essa técnica em análise de fluxos hidráulicos, mas reconhece seu uso em diversas aplicações, como na classificação das células do sangue, por TAKENKO (1976). FRED (2001) também detalhou, de forma introdutória, métodos de reconhecimento de padrões em imagem, enfatizando que o uso dessas técnicas, tanto de forma interativa (supervisionada no SIG SPRING), quanto automatizada, proporcionou uma revolução ao tratamento de imagens de satélite. Foi utilizado, neste trabalho, a técnica de separabilidade e desempenho de padrão visual, avaliando padrões de textura em imagem, usada por HERNANDEZ FILHO P. PONZONI F. J. & PEREIRA M. N. (1998), para obter resultados comparativos entre imagens, em seu trabalho de mapeamento da fitofisionomia e do uso da terra.

O método de comparação usado, consiste na sobreposição (acoplamento) de imagens, no SIG SPRING, fazendo uma janela de abertura, que corresponde a um quarto da imagem tema, para visualizar a outra imagem tema da área de interesse (separabilidade), movimentando a janela de visualização em sentido horário por toda superfície da área, quantas vezes for necessário, para

obter um resultado na escala de um (*) a quatro (****), sendo * péssimo, ** pouco, *** bom e **** excelente, correspondente ao desempenho do padrão visual.

A tabela 01 representa o resultado da interpretação visual das imagens mostradas, adiante, nesta sessão, demonstrando um resultado esperado de alto desempenho, pois vegetação, solos e geologia representam fatores interdependentes, no desenho da paisagem.

Obtém-se, com esse procedimento, uma tabela de treinamento (calibração) para o procedimento posterior de comparação do mapa de vegetação do Atlas e as imagens processadas IVDN/AVHRR/NOAA .

Tabela de treinamento

Temáticos	1	2	3	4	5	6	7
	Geologia	Geomorfologia	Solos	Vegetação	Veget CI	Rodoviário	Bacias
1 Geologia		****	**	**	**	*	*
2 Geomorfologia			****	***	**	*	*
3 Solos				****	**	*	*
4 Vegetação					**	*	*
5 Veget CI						*	*
6 Rodoviário							*
7 Bacias							

Tabela 01: Desempenho de comparação do padrão visual das imagens obtidas 1, 2, 3, 4 e 7 do Atlas Multirreferencial (1990), e 5 produto temático corredores Cerrado Pantanal (2000) da CI mapa de vegetação da área de interesse, 6 Rodoviário do IBGE (1999).

Observa-se, na tabela 01, que o padrão de imagem temática, apresentado no Atlas Multirreferencial, guarda semelhanças, em seu padrão de desenho, com a Geologia, Geomorfologia, solo e vegetação. Por isso, considerando-se somente os mapas 1, 2, 3 e 4, atribuindo valor de desempenho aos asteriscos (*), para 100% de desempenho seriam contados 24 (*). A contagem de 19 (*) representa 79,1% de desempenho de separabilidade visual dos mapas de geologia, geomorfologia, solos e vegetação do Atlas Multirreferencial.

Introduzindo outras imagens da tabela, como cobertura vegetal CI (1999), rodoviário e bacias [8], e praticando o mesmo procedimento de determinação do desempenho visual, precisamente 84 (*) determinariam o desempenho de 100%. Tendo sido feita a contagem de 38 (*), em toda a tabela, temos um desempenho de 45.2%, na separabilidade de diferentes imagens representativas da área de interesse.

4.2 Processamento digital de imagens

O fato de os sinais digitais, registrados pelo sensor, serem digitalizados, condiciona-os à possibilidade de submissão a operações algébricas matriciais, bastante facilitadas pelo ambiente computacional. Análise estatística de pixel, contrastamento, segmentação e classificação são exemplos de alguns dos procedimentos possíveis, de grande importância para o estudo da paisagem.

A classificação estatística é um procedimento convencional de análise digital de imagens. Constitui um processo de análise de *pixel*, baseada em seus atributos espectrais.

O manual de operação SPRING (2004), classifica o contrastamento e a segmentação de imagem como parte da etapa pré-classificatória, onde são extraídos os objetos relevantes para uma aplicação desejada.

4.2.1 Contraste linear e fatiado

Essas duas formas de contraste melhoram significativamente o grau de discernimento visual dos níveis de cinza, especialmente o contraste linear, que utiliza um algoritmo de espalhamento da amplitude de *pixel*, por toda escala de 256 níveis de cinza, tornando mais evidentes os contrastes de região. Tanto o algoritmo de contrastamento linear e fatiado realiza a operação na imagem, de *pixel* a *pixel*, independentemente da vizinhança.

O contraste fatiado, estabelece uma mistura homogênea para os níveis de cinza que se situam dentro de um intervalo específico (a fatia, ou classes de cores). É considerada uma forma de pré-classificação, por proporcionar uma visão geral de diferentes formas de fatiamento dos níveis de cinza da imagem.

De acordo com o critério de determinação dos intervalos de níveis de cinza, pode-se obter fatiamento **normal, equidistribuição e arco-íris**. Foi adotado como critério de procedimento neste trabalho, o fatiamento normal, que divide a distribuição espectral em número de fatias determinado pelo usuário, sendo conveniente a adoção de três níveis, equivalentes a três

condições de classes de concentração de Carbono na superfície do solo. A figura 03 apresenta um histograma preparado para esse procedimento em imagem contrastada.

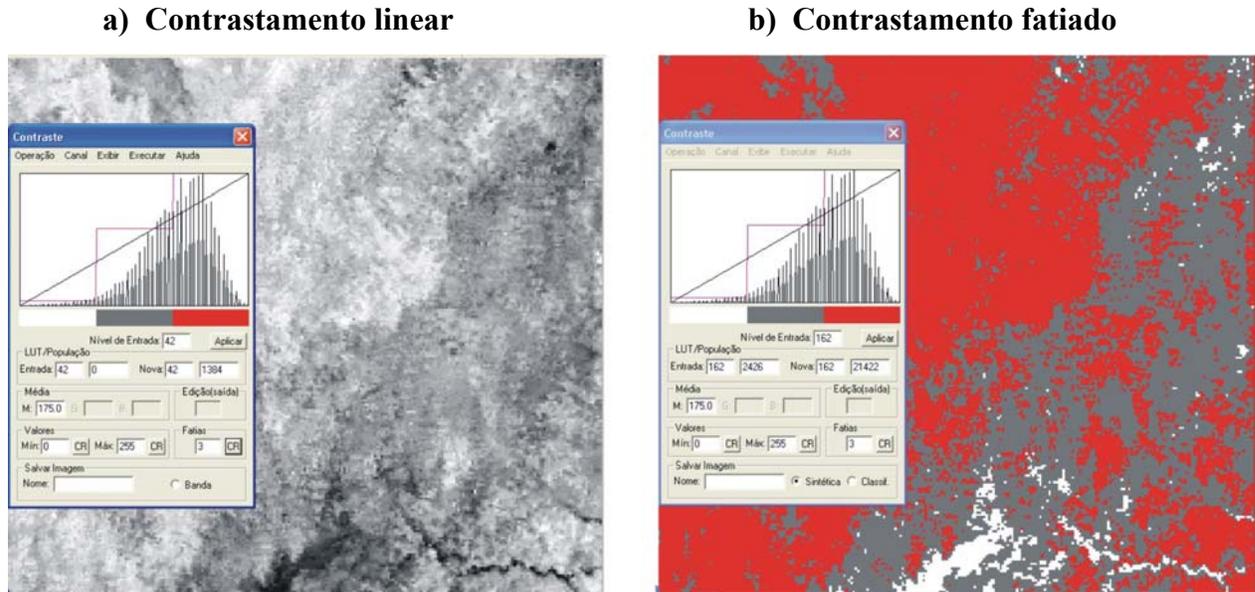


Figura 03: a) Imagem resultante do contrastamento linear contendo a janela com histograma de pixel, preparando os três níveis de fatiamento, e b) Fatiamento executado. Pode-se observar que a imagem resultante mostra em vermelho uma predominância de paisagem com IVDN espectral de 162 a 256 em valor digital. Esse procedimento foi realizado no ambiente do SPRING e o retângulo representa a área de interesse.

4.2.2 Definição de limiar

A segmentação é um processamento estatístico de *pixel* convencional de análise, no qual a imagem é dividida em conjuntos de *pixels* contíguos, que se espalham bidirecionalmente, representando uma uniformidade, denominada de região. No manual SPRING (2004), o critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico, que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens, e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido. Ao definir um limiar de aceitação, dado em porcentagem, este limiar passa a definir uma distância de Mahalanobis, representado no algoritmo de processamento, de forma que todas as regiões pertencentes a uma dada classe são agrupadas, formando regiões não inferiores ao número de *pixels* definido. Quanto maior o limiar,

maior esta distância e conseqüentemente maior será o número de classes detectadas pelo algoritmo.

Assim, na figura 05, é demonstrado o que foi observado em relação ao produto da segmentação. Quando executado em uma imagem bruta, isto é, os níveis de cinza estão distribuídos em oitenta níveis, aproximadamente, e quando executados em imagem contrastada, isto é, quando os níveis de cinza foram reamostrados em 256 níveis, com os mesmos limiares adotado valor 3 e área mínima de 15 pixel. Um limiar menor pode ser adotado para imagens não contrastadas, mas limiares mais altos podem ser adotados para imagens que já foram submetidas a contrastamento linear.

A imagem segmentada que melhor representa separação de classes de modo desejável, relacionado a 3 classes de cobertura, é apresentada na figura 04:

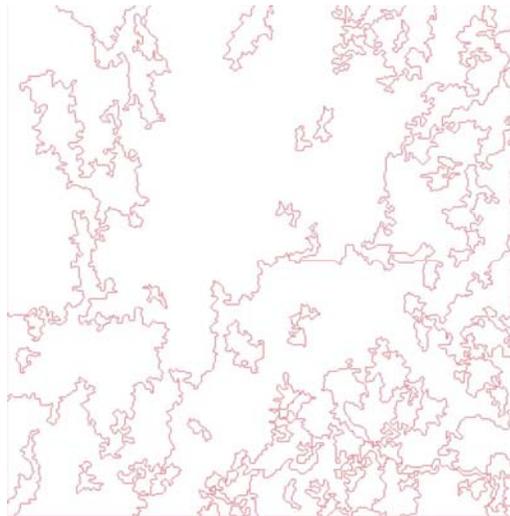


Figura 04: Segmentada com limiar de similaridade adotado 25% e área 35 pixel.

Uma imagem tem seus níveis de cinza como o principal resultante da resolução radiométrica do sensor. A faixa de valores digitais que representa o espectro VIS e NIR capturado pelo sensor e processado durante a etapa de pré-processamento da USGS, para oferecer o valor de IVDN, forma grupos de correspondência para os alvos terrestres, quando adotados comandos de segmentação. A importância do conhecimento de processos conceituais, é útil para que o resultado do procedimento não acumule erros que venham ser potencializados, em etapas futuras de processamento.

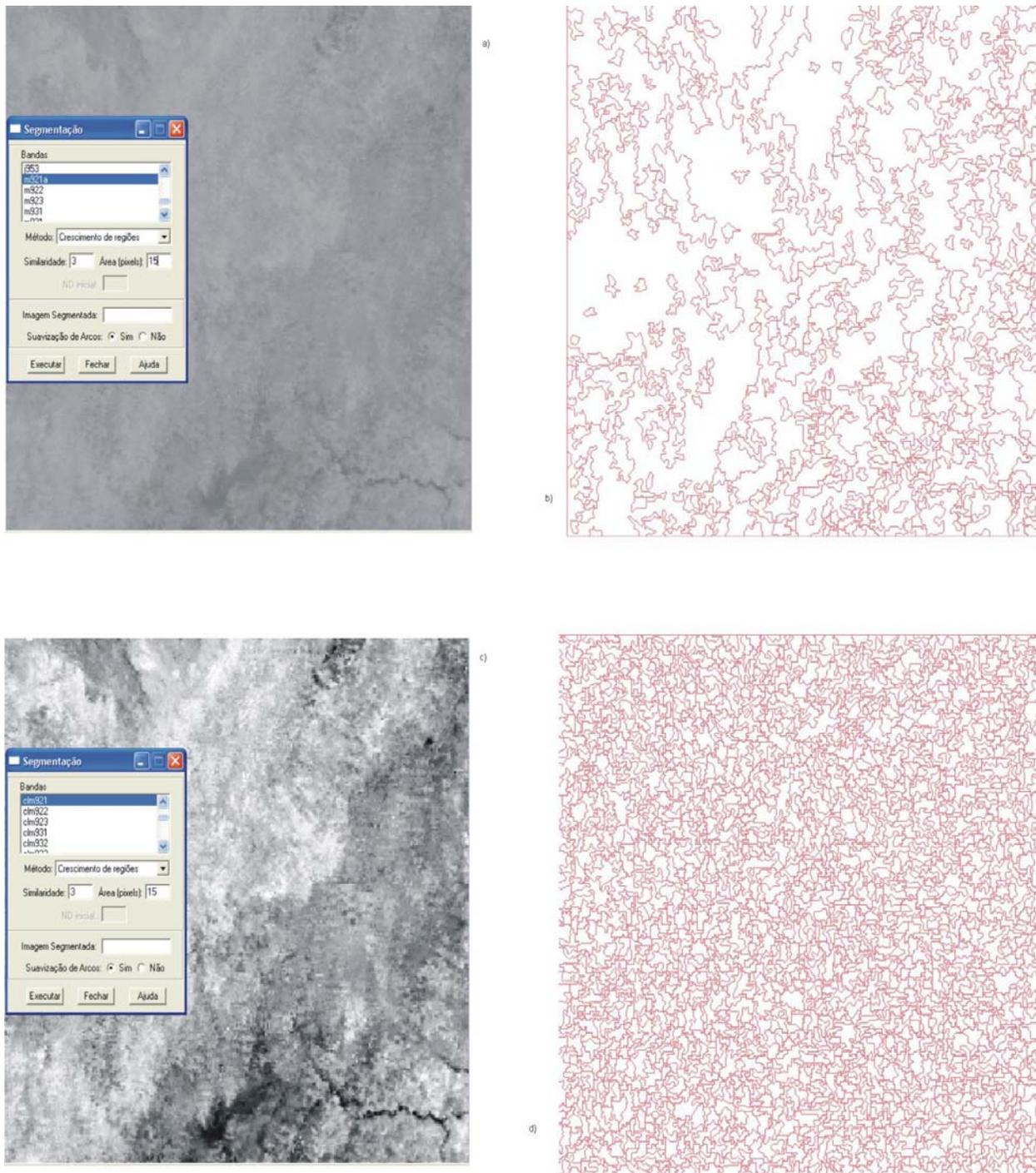


Figura 05: a) Imagem IVDN bruta, b) Imagem IVDN bruta segmentada limiar 3% e área 15, c) Imagem IVDN contrastada, d) Segmentada produto da IVDN contrastada com limiar 3% e área 15. Etapas de procedimento em ambiente SIG

4.3 Detecção de classes

O comando de detecção de regiões desencadeia um processamento de ordenação decrescente de área, e inicia-se o procedimento para agrupá-las em classes. O algoritmo de processamento, toma como parâmetro estatístico de uma classe, a média e a matriz de covariância. Em seguida, associa-se a essa classe, todas as regiões, cuja distância de Mahalanobis for inferior à distância definida pelo limiar de aceitação.

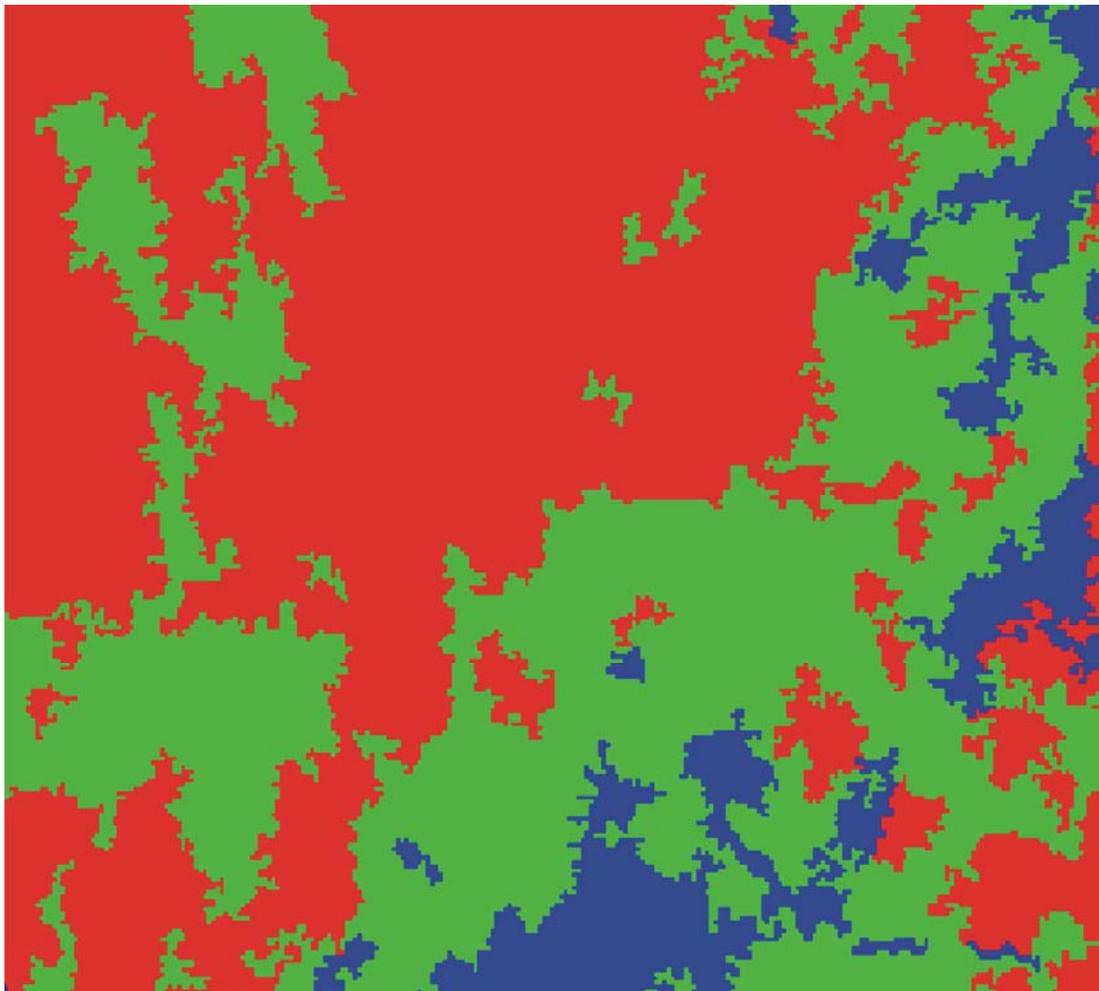
Segundo o manual SPRING (2004), são tomados como parâmetros estatísticos, aquelas regiões com maior área. As classes seguintes terão parâmetros estatísticos de média das regiões de maior área, que não tenham sido associadas a nenhuma das classes, previamente detectadas. Esta fase se repete, até que todas as regiões tenham sido associadas a alguma classe.

4.3.1 Competição entre classes

Ao se reclassificar, considerando-se os novos parâmetros estatísticos das classes, definidos na etapa anterior, inicia-se, basicamente, uma nova detecção de classes, sendo que um novo processo seqüencial pode favorecer às classes que são detectadas em primeiro lugar. Com vistas a eliminar este favorecimento, procede-se à “competição entre classes”. Esta competição consiste em reclassificar todas as regiões. O parâmetro estatístico da média de cada classe é então recalculado. O processo se repete, até que a média das classes entre em convergência e não provoque alteração no resultado final que promovam deslocamento da condição desejável, que é a correspondência com a realidade terrestre.

Ao término, todas as regiões estarão associadas a uma classe, definida pelo algoritmo. Essas classes são então associadas a temas definidos pelo operador do banco de dados.

O simples procedimento de classificação de imagem não denota o domínio do procedimento e acerto em relação a alvos específicos em terra, sendo preciso que todo o trabalho seja calibrado com freqüência, a campo, para a determinação do grau de acerto, e consagrado pela validação.



■ Padrão Arbórea densa ■ Padrão Campo Cerrado ■ Padrão Campo

Figura 06: Imagem classificada, produto de procedimento realizado com cena da área de interesse, IVDN de dez primeiros dias de maio de 1992.

4.4 Organização dos dados

Os dados são salvos em arquivo comprimido *.ZIP². Após a descompressão, são armazenados em arquivos *.DAT que precisam ser convertidos para *.GRB, no módulo IMPIMA do SPRING, para que possa ser feito um contato visual com a imagem.

Os dados são armazenados em uma pasta e, em seguida, o SIG SPRING é iniciado, procedendo à configuração do banco de dados, para o aporte dos dados.

² O asterisco representa genericamente o nome do arquivo que será criado pelo operador do Banco de dados.

4.5 Configuração do banco de dados

O gerenciamento de informações, no SPRING, se dá através da estruturação de um banco de dados, em ambiente *Dbase* (na raiz do disco rígido), dentro dele, três níveis, projetos, categorias e planos de informação, configuram o esquema conceitual lógico.

Para imagens em extensão *.RGB, podem ser criadas, diretamente, as **categorias imagens** (segundo nível conceitual), para que o painel de controle seja habilitado.

Com isso, as imagens já podem ser visualizadas, bastando abrir a janela de “importação de imagens GRIB”, para que um **projeto** seja criado automaticamente, sem projeção. Ao se fazer isso, um **plano de informação** é criado.

Os dados de controle, que servem como base de referência, foram escanerizados a partir do Atlas Multirreferencial e outras fontes, como o mapa rodoviário MS do IBGE e o mapeamento da vegetação do projeto Corredor Cerrado Pantanal, da Conservação Internacional, e guardados na forma de arquivos *.TIFF. Esse material recebeu tratamento em ambiente PHOTOSHOP, com rotação de até 2 graus, para correção de posição e recortes nos eixos 21 e 20 graus S e 55 e 54 graus W, obtendo o recorte compactado, em extensão *.LZW.

Posteriormente, o material escanerizado e corrigido é importado para o banco de dados do SPRING, integrando uma categoria de controle, contendo os planos de informação, no formato *.RGB, por onde podem ser abertos, verificados e confrontadas as suas características com as categorias de imagem.

V Resultados e discussão

A quantidade de planos de informação é o nível de detalhamento que quantifica o banco de dados. Foram estabelecidos 170 Pis, dentre os dados e produtos de seu processamento. É uma grande quantidade de material para observação, é enorme possibilidade de correlacionamentos, por isso a necessidade de uma sistemática de observação dos resultados. Estabeleceu-se três planos de análises: 1- relativas às tendências de valores de *pixel*, 2- desempenho de comparações visuais de imagens de contraste, segmentação e classificação, e elaboração de tabelas de desempenho de comparação do padrão visual, com as imagens do Atlas Multirreferencial, e por fim, 3- a comparação entre imagens classificadas entre si para validar o método.

5.1 Análise de distribuição de *pixel*

À primeira vista, os dados de valores de *pixel* apresentam-se concentrados em amplitude de 104 a 186, em valores digitais dos níveis de cinza, se consideradas todas as 21 imagens. Porém, o valor mínimo, que ocorre na última imagem da série disponível, é resultado do maior valor de IVDN dos últimos dez dias do mês de maio de 1996 (PI – m963)³. Nessa imagem, o valor máximo é de 175. já o mesmo valor de máximo, ocorre duas vezes, nas imagens dos primeiros dez dias de julho de 1993 (PI – j931) e em meados de maio de 1995 (PI – m952). Somente a imagem do início de julho de 1992 (PI - j921) apresentou a ocorrência da menor amplitude, 34. Já a maior amplitude, 69, foi verificada na imagem de meados de maio de 1992 (PI – m922). Essa observação somente acrescenta um aspecto de flutuação para esses indicadores, de que, na realidade, os valores de IVDN estão restritos a uma amplitude de níveis

³ Os códigos que seguem com esse padrão, correspondem a planos de informação resultantes de processamento digital das imagens IVDN.

de cinza pouco expressiva (se considerados os 256 níveis relativos à resolução radiométrica do sensor AVHRR).

Outro fato, observado em relação à distribuição de pixel nas imagens, é a distribuição dos valores no gráfico do histograma. Somente um terço das imagens PIs: j921, j922, j932, j933, m951, m952 e m953, apresentam distribuição tipicamente normal, sendo que a maior parte das imagens apresenta tendências de deslocamento, para a direita ou para a esquerda no histograma, em proporção semelhante, na curva de distribuição de *pixel*.

O gráfico 02, a seguir, mostra uma sensível tendência na distribuição dos valores máximos, mínimos e médios.

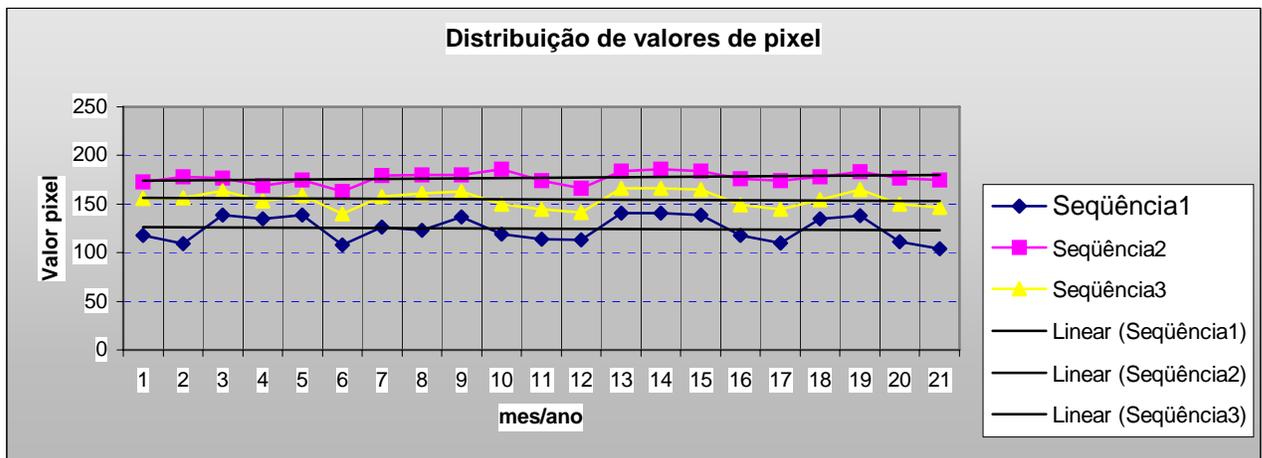


Gráfico 02: Seqüência 1 corresponde aos níveis máximos de IVDN.

Seqüência 2 corresponde aos níveis médios de IVDN.

Seqüência 3 corresponde aos níveis mínimos de IVDN.

Linear, representa a tendência central de cada seqüência. Esse gráfico foi obtido por planilhamento dos valores máximos, médios e mínimos de valor digital de IVDN extraído da janela do histograma da imagem obtida da USGS.

Foi feito um ajuste linear para cada tendência, que representa a tendência central para os valores máximos, mínimos e médios dos IVDNs. Observa-se um não paralelismo, o que pode estar sendo uma indicação de comportamento da paisagem.

5.2 Desempenho de contraste e segmentação

Proceder à segmentação, em imagem contrastada e não contrastada, com os mesmos valores de similaridade e região, pode resultar em produtos distintos (Fig 05). Comparativamente,

procurou-se estabelecer os melhores procedimentos, em função do interesse básico, que é o de identificar três classes de cobertura do solo: Campo, Cerrado e Cerradão, sem preocupação de detalhar relações fisionômicas, apenas considerando valores aproximados de concentração de Carbono orgânico.

O melhor desempenho de comparação visual, na forma de contrastamento com as imagens de referência, foi adotado o procedimento de segmentação para as imagens produtos de contraste linear, em todas as imagens de IVDN, o limiar de similaridade com valor de 25%, e área 35 pixel.

A tabela 02 mostra o resultado do estudo de desempenho de comparação visual entre imagens segmentadas e a de vegetação do Atlas Multirreferencial.

Tabela de desempenho de comparação segmentadas/vegetação.

segmentadas	1m	2m	3m	1j	2j	3j	
vegetação	***	**	***	**	*	**	1992
	**	**	***	*	*	*	1993
	X	X	X	X	X	X	1994
	***	***	***	**	**	**	1995
	**	*	*	X	X	X	1996

Tabela 02: Desempenho de segmentadas. 1m, 2m e 3m, 1j, 2j e 3j, representam as imagens de dez dias do mês de maio e julho da USGS/USA, processadas por contrastamento linear e segmentação. X corresponde a falhas por imagens não disponíveis.

Seguindo, ainda, a metodologia de quantificação do desempenho de separabilidade de imagens, proposta por HERNANDEZ FILHO P, PONZONI F. J. & PEREIRA M. N. (1998), o mínimo de 21 * seria conseguido, se todos os desempenhos fossem péssimos ou, ainda, 84 * para o ótimo desempenho, para todas as comparações. O valor adquirido, nessa análise, de 42 *, corresponde a um desempenho compreendido em 50,0 %.

Seguiu-se, ainda, o processo de análise do desempenho comparativo de imagens de vegetação do Atlas multireferencial e a série de imagens processadas por contrastamento fatiado normal, dividido em três classes, apresentando o resultado, disposto na tabela 03:

Tabela de desempenho de comparação de imagens contrastadas/ vegetação.

contrastadas	1m	2m	3m	1j	2j	3j	
	**	**	***	***	***	***	1992
	**	**	***	**	*	***	1993
vegetação	X	X	X	X	X	X	1994
	***	***	***	***	***	**	1995
	**	*	****	X	X	X	1996

Tabela 03: Desempenho de contrastadas. As imagens contrastadas, representadas nessa tabela passaram por processamento de fatiamento normal, e segue o mesmo critério anteriormente descrito.

O desempenho de regular a bom, que equivale a 84,0%, adquirido pelos 53 * resultantes da contagem na tabela 08, denota que o método de processamento de contrastamento, fatiado em três classes de valores digitais de IVDN/AVHRR/NOAA, tem uma boa correlação com o Temático de Vegetação do Atlas Multireferencial.

5.3 Desempenho de classificação temática e multirreferencial

O procedimento de classificação supervisionada, para geração de temáticos com três classes representativas da cobertura vegetal, utiliza o conjunto de imagens segmentadas, resultando em somente 30 % de aproveitamento de imagens, efetivamente contendo três classes de cobertura na imagem.

A aplicação de procedimento padronizado, por tentativa e erro, na primeira categoria, nem sempre resulta em PIs com o esperado padrão de três regiões, tendo surgido PIs com quatro regiões, na classificação. Estas imagens foram descartadas para a análise. A tabela 07 apresenta o resultado válido do procedimento de classificação.

Verifica-se, na sobreposição de imagens, que imagens classificadas são excelentemente bem relacionada à imagem segmentada, principalmente aquelas segmentadas usadas na geração dessas classificadas, sendo que a adoção de diferentes limiares mantem um padrão de desempenho na comparação de imagens classificadas.

O resultado da segmentação da imagem não é idêntico, se houver sido aplicado em imagem IVDN original ou aplicado em imagem contrastada. Mas os traços de semelhança se acentuam, na medida em que o limiar de similaridade é deslocado para cima.

A tabela 04 representa o resultado da análise de desempenho de comparação visual entre essas imagens classificadas válidas e o temático de vegetação do Atlas Multirreferencial.

Desempenho de comparação de imagens classificadas e Vegetação.

classificadas	1m	2m	3m	1j	2j	3j	
vegetação	***	x	***	x	**	**	1992
	x	x	x	x	x	x	1993
	x	x	x	x	x	x	1994
	x	x	**	x	***	**	1995
	x	x	x	x	x	x	1996

Tabela 04: Desempenho de comparação de imagens classificadas e de vegetação. As falhas se devem ao fato de que o procedimento de classificação nem sempre resulta em imagens classificadas com o padrão desejável de três classes de cobertura do solo.

O valor mínimo de 7* e máximo de 28* denotam os limites quantitativos para a verificação de que o desempenho de comparação visual alcançou 80,9%, que corresponde a bom e excelente, para os 17* resultantes da contagem.

5.4 Validação de resultados

Foi considerado para esse trabalho, que o confronto das imagens classificadas pode ser considerado uma contra prova em relação a série de procedimentos que resultam as imagens classificadas, em que eventuais desvios deverão se apresentar de forma potencializada.

Assim o desempenho de comparação das 7 imagens validas resultantes, está expresso na tabela 05.

Tabela de desempenho comparativo de imagens classificadas validas da série 1992-1996

Classificadas		1992				1995		
		1m	3m	2j	3j	3m	2j	3j
1992	1m		***	*	*	**	*	*
	3m			*	*	*	*	*
	2j				*	**	*	**
	3j					**	**	*
1995	3m						***	***
	2j							**
	3j							

Tabela 05: As imagens classificadas válidas, foram comparadas por interpretação visual em acoplamento no SIG.

O valor mínimo de 21* e máximo de 84* denotam os limites quantitativos para verificação do desempenho de comparação visual. A contagem de 33* resulta em um desempenho de 39,3% .

5.5 Discussão

Em linhas gerais, o banco de dados elaborado, apresenta uma positiva indicação do uso de imagens IVDN/AVHRR/NOAA, para o monitoramento de concentração de Carbono orgânico. Porém, a metodologia de procedimento, adotada neste trabalho, ainda não pode ser considerada como uma prova conclusiva de metodologia de tratamento de imagens que determinam um resultado altamente correlacionado à realidade terrestre.

Entretanto, até esse ponto, diversos exercícios de interpretação dos resultados podem ser realizados, apontando caminhos possíveis de serem tomados, em futuros trabalhos.

O padrão de ocupação antrópica pode estar sendo identificado, na tendência de aumento na amplitude da distribuição dos níveis máximos e mínimos dos valores digitais de IVDN, onde foi observado um sensível afastamento no período em que a área de interesse esteve sendo estudada. Porém, essa afirmação deve ser feita somente mediante criteriosa análise de uma série temporal mais longa, com levantamento de campo, para valores de *pixel*.

O trabalho de campo também deve melhorar a definição do ponto de corte da curva do histograma, para que se tenha um resultado mais preciso na classificação.

Na Fig 07, observa-se a janela de execução do procedimento de contraste por fatiamento. Possivelmente, o estágio de pré-classificação por contrastamento fatiado, incluindo um recurso de controle no nível de corte para separação de regiões, venha a oferecer a melhor condição estatística para o monitoramento da concentração de Carbono orgânico na cobertura do solo.

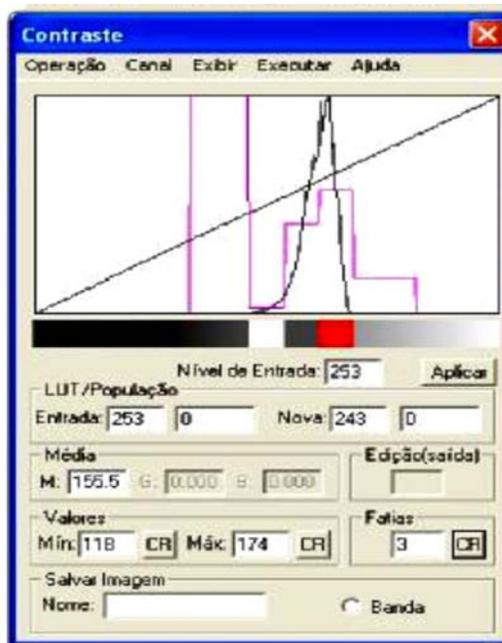


Fig 07: Recorte da janela de contraste por fatiamento. Observa-se que o número de fatias pode ser alterado pelo usuário, mas o nível do corte, na curva de distribuição de *pixel*, é automático.

Foi considerado, para esse trabalho, três temas de cobertura vegetal, para que seja caracterizada a concentração de Carbono orgânico em toneladas por hectare.

Um primeiro nível de classe, sensibilizando o radiômetro, imprimindo níveis digitais de 0 a 135, denotando aspecto escurecido aos *pixels*, que efetuaram uma mistura de alvos à resolução espacial de 1 km, relaciona-se paisagens com a menor concentração de Carbono e,

conseqüentemente, podemos deduzir, menor diversidade biológica⁴. No Atlas Multirreferencial, as legendas Ap.2, Ap.s e Sg, que representam áreas de atividade agropecuária e paisagens Gramíneo-lenhosas. Um esquema ilustra, na figura 08, um padrão paisagístico em grande escala. Nele, o índice de IVDN poderá estar acrescentando misturas de alvos que não correspondem exatamente ao padrão apresentado, mas, possivelmente, na escala da resolução espacial, essa exceção esteja representando uma ocupação humana de maior agressividade sobre a biodiversidade e com maiores níveis de emissão de CO₂ para a atmosfera, representando regiões que merecem concentração de esforços, no sentido da conservação e da preservação ambiental. A massa de Carbono, estimada para esse padrão de legenda é de 50 ton / ha de Carbono fixado no nível do solo.

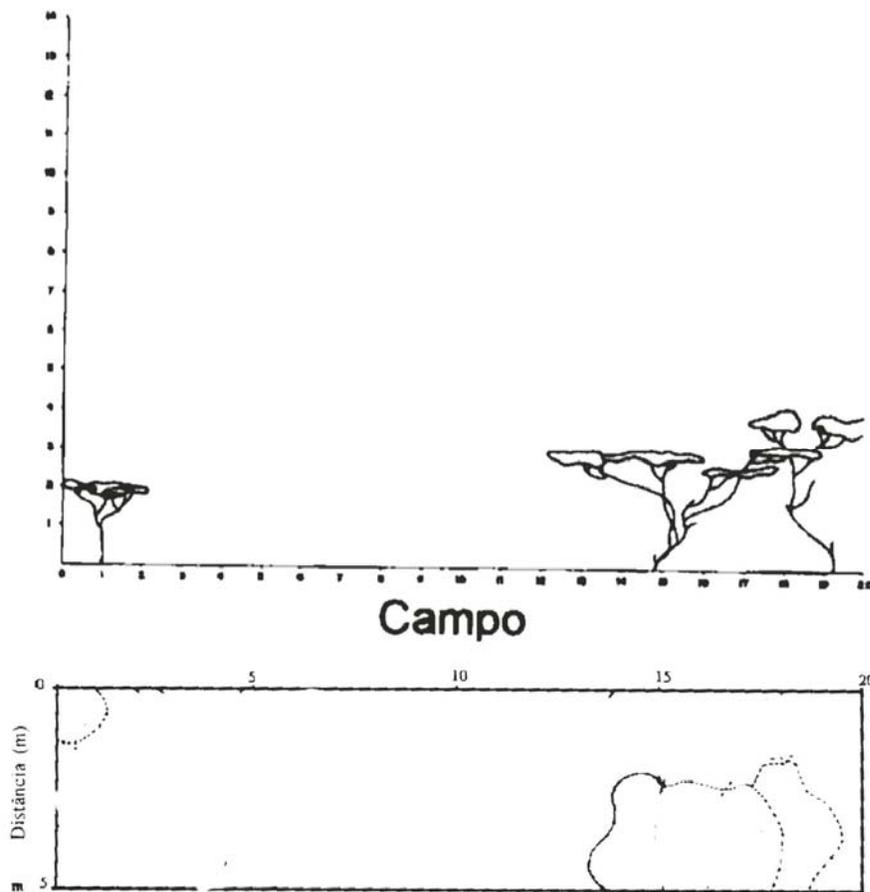


Fig 08: Padrão Campo, aspecto esquemático da representação do alvo terrestre para *pixels* sensibilizados a partir do valor digital 155 de IVDN/AVHRR/NOAA. Atividade agropecuária e Campos gramíneo-lenhosos integram essa paisagem. Fonte: HERNANDEZ FILHO (1998) modificado.

⁴ Estudos de índices de biodiversidade em campo devem ser feitos, para validar a atribuição arbitrárias de valores de biodiversidade a valores de quantidade de Carbono no nível do solo.

Um segundo nível de classe, caracterizado por parques, encraves e formações, e ainda Savana estépica arbórea e aberta, segundo a legenda do Atlas Multireferencial (1999), permeado por fragmentos florestais e, ainda, mantendo uma diversidade biológica pressionada pela exploração do solo, possivelmente está sensibilizando o radiômetro e produzindo valores digitais de IVDN na ordem de 135 a 155. A quantidade de Carbono, ainda fixado ao solo, pode estar correndo grande risco com as queimadas e, possivelmente, sejam as regiões que maior atenção mereçam, em relação ao planejamento do desenvolvimento. Nesse ambiente, as copas das árvores já não se tocam constantemente, e a presença de um número mais restrito de espécies mantém a paisagem empobrecida, em relação à diversidade biológica. Foi adotada a estimativa de 100 ton/ha de Carbono orgânico, fixado no nível do solo.

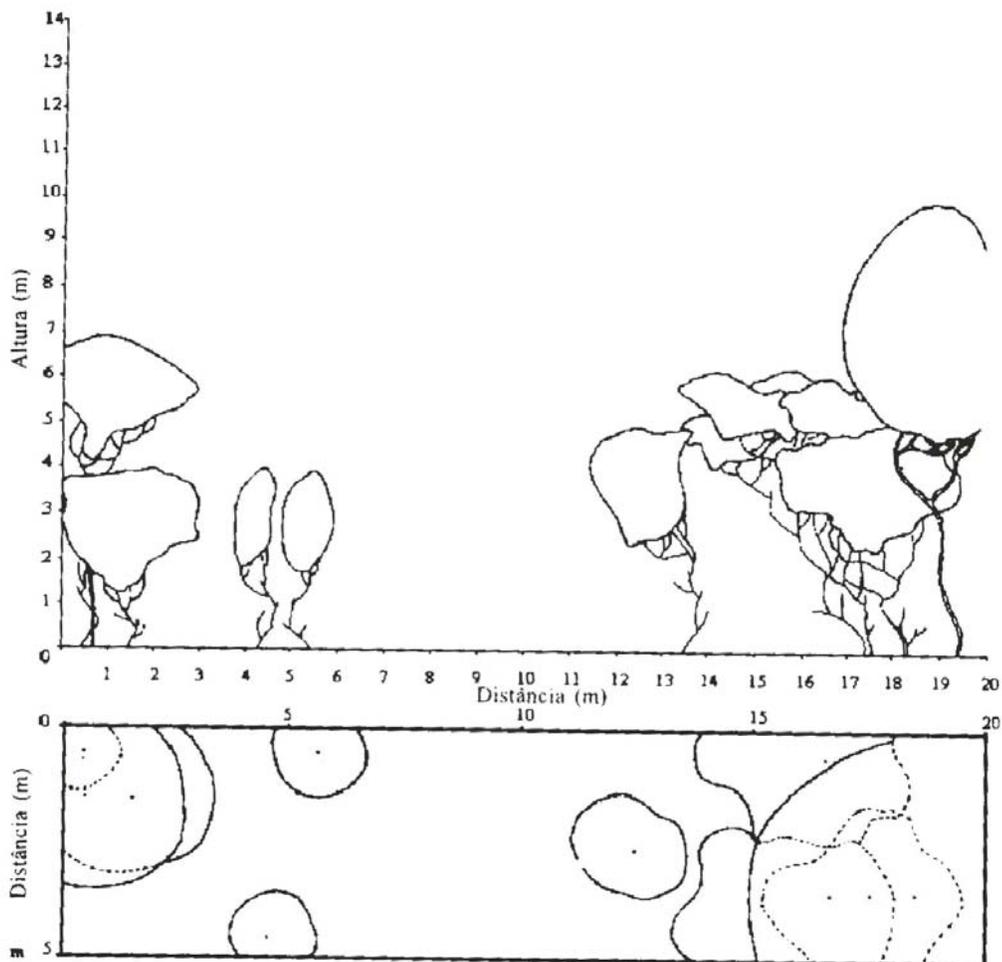


Fig 09 : O padrão Campo Cerrado, Esquema em pequena escala para que se tenha uma idéia do possível tipo paisagístico predominante nos valores intermediários de IVDN. HERNANDEZ FILHO 1998 Modificado

Em terceiro lugar, a classe de cobertura que sensibiliza o radiômetro AVHRR, produzindo níveis digitais de IVDN acima de 155, paisagens com cobertura arbórea densa, mantendo estrutura vinculada a remanescência original, ou relacionadas ao abandono, formando os chamados capoeirões, avançando nas etapas da sucessão ecológica, se não no seu clímax representam sumidouros de Carbono, possivelmente contendo extensa rede de relações ecológicas entre populações e comunidades. Esse padrão de legenda pode apresentar em torno de 150 ton/ha de Carbono fixado no nível do solo.

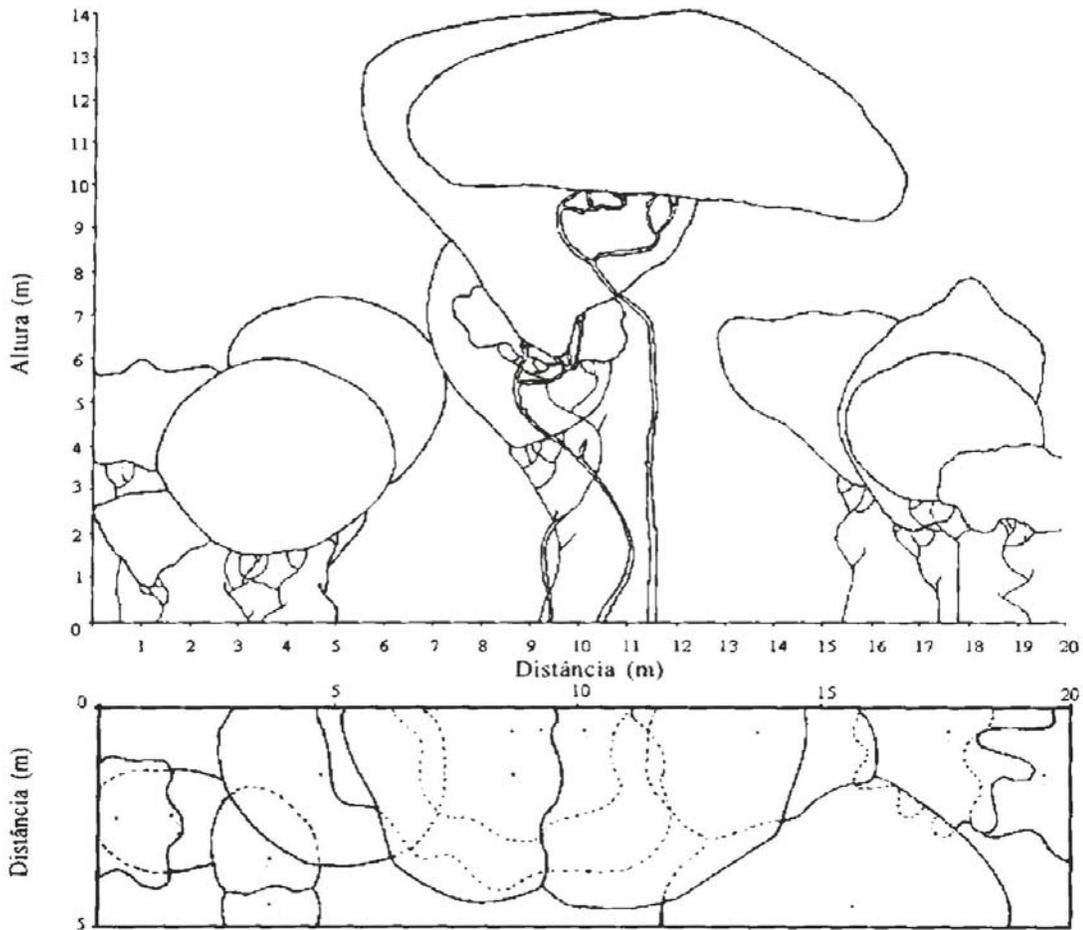


Fig 10: Representação, em grande escala, dos alvos de IVDN com valores digitais acima de 155. Áreas com predominância de cobertura Arbórea densa. HERNANDEZ FILHO (1998).

5.6 Recomendação

Pode ser desejável que o planejamento da ocupação considere válido um monitoramento ambiental regionalizado, com o uso de imagens de resolução espacial de 1 km. Porém, são necessários o avanço das pesquisas e a definição de sistemas de tratamento para imagens, que melhor quantifiquem e qualifiquem a cobertura do solo.

O sensoriamento remoto mostra-se como uma ferramenta ao suporte de atitudes responsáveis, tanto no setor público, quanto no setor privado. Por isso, motivar a pesquisa e participar dela, são ações que fundamentam o desenvolvimento dessas aplicações.

Se considerarmos as formas de gestão do planejamento: o governamental e o segmento empresarial, certamente o produto de processamento digital de imagens, com resolução espacial de 1 km, interesse especialmente ao primeiro, gerando produtos para o planejamento regional.

Especialmente, emissões de Carbono são importantes indicadoras de desenvolvimento regional. Porém, o desenvolvimento de mercados aponta no sentido de que grandes valores econômicos em Carbono podem estar sendo desperdiçados, para gerar uma pequena riqueza efêmera e insustentável socialmente.

A questão da biodiversidade segue logo atrás, no mesmo sentido. Estudos de valoração econômica dos bens naturais mostram a possibilidade de que o monitoramento seja uma forma de atribuir informações para regulação da atividade produtiva.

Atualmente, esforços científicos são concentrados no sentido de que se estabeleçam modelos válidos de monitoramento e previsão do comportamento da paisagem e do clima, que possam ser aplicados ao planejamento.

Especialmente o satélite NOAA, pode chegar a ter, em sua missão, maior importância que a que lhe é atribuída, na previsão do tempo e monitoramento do clima. O IVDN, obtido das bandas 1 e 2 do radiômetro AVHRR, tem a possibilidade de estender suas aplicações ao monitoramento de Carbono e biodiversidade e contribuir com a ação de planejamento regional.

Já é esperado, no meio científico, a desabilitação desse satélite nos próximos anos, mas a importância de sua resolução temporal para o monitoramento do clima e do tempo, torna previsível que novas tecnologias venham a ser implementadas.

O trabalho de pesquisa deverá definir melhor o padrão de tratamento de imagens digitais, aumentando a significância dos resultados e validando o método, para desenvolvimento de trabalhos regionais e por biomas.

Os resultados aos quais se chegou, com este trabalho, denotam bom desempenho na comparação de padrões visuais de produtos do processamento, segmentação e classificação, com imagens temáticas de vegetação do Atlas Multirreferencial. Porém, o procedimento de validação mostra dúvidas relativas ao comportamento da paisagem, que podem não ser muito fáceis de ser explicadas, como a não correspondência geográfica de áreas de vegetação arbórea densa registradas em produtos de classificação.

Relacionado ao problema principal deste trabalho, pode-se considerar que os resultados são favoráveis à separação em três classes de concentração de Carbono no nível do solo.

O bom desempenho, demonstrado nas tabelas 05 = 50%, 06=84,0% e tabela 08=80,9%, pode ser explicado pela busca de ajustes no procedimento de processamento que melhor resultado pudesse oferecer se devidamente controladas as variáveis dos algoritmos de processamento.

Porém a tabela 09=39,3%, pode significar que os erros acumulados ao longo do processo tenha se acentuado na etapa de classificação, gerando distorções no padrão das imagens que representam a paisagem. No entanto, a variação temporal pode estar tendo um comportamento dinâmico muito acelerado, corroborando o que foi deduzido da análise e distribuição de pixel apresentado no item 5.1.

O apuro dessa técnica, poderá ser utilizado para elaboração de coeficientes temporais de desenvolvimento regional. Esse coeficiente poderá ser associado a indicadores de qualidade ambiental, computáveis em processos de certificação ambiental.

Outro fator importante é a possibilidade de estabelecer projetos de créditos de carbono, com ciclos temporais de longo prazo, monitorados pelo comportamento da paisagem, incluindo como adicionalidade o fator diversidade Biológica e o planejamento social sustentável.

O procedimento de segmentação e classificação é especialmente importante em relação ao Carbono, associado à biodiversidade. A definição de áreas a partir de 35 *pixels*, por exemplo, determina, no resultado final, o aparecimento de áreas somente superior a 35 Km² devido a resolução espacial do sensor. Isso é especialmente importante na identificação e monitoramento de regiões mínimas para populações de espécies chamadas “guarda chuva”, que necessitam de número mínimo de 150 indivíduos, dentro de uma comunidade. Essas espécies são assim

chamadas por se relacionarem de modo bastante expansivo no ambiente, indicando teias alimentares bem complexas, horizontal e verticalmente, o que é fundamental para que os processos evolutivos se mantenham nesses fragmentos.

Relacionadas às alterações climáticas, imagens processadas de IVDN, com padrões de classificação de legenda com três classes, devidamente validadas, podem ser associadas a valores quantitativos regionais para integrar modelos de monitoramento do aquecimento global.

Essas considerações apontam no sentido de que novos trabalhos deverão ser feitos, associando o estudo da manutenção de biodiversidade e da manutenção de concentrações de Carbono, compatíveis com a atividade produtiva.

V Bibliografia

Abdon M. M, Silva J. S.V, Pott V. J, Pott A, Silva M. P, *Utilização de dados analógicos do Landsat-TM na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolandia no Pantanal*. Relatório Técnico da Pesquisa Agropecuária Brasileira, Embrapa, Ministério da Agricultura Rio de Janeiro, 1998, 1799-1813pp.

Almeida E. & Batista G. T. *Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia*, Relatório técnico apresentado no VI SBSR em Campinas – SP, INPE--Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998, 11p.

Alves, D.S.; Meira Filho, L.G.; d'Alge, J.C.L.; Mello, E.K.; Moreira, J.C.; de Medeiros, J.S. *The Amazonian Information System*. In: ISPRS Congress, 17, Washington, August 2-14, Archives. Washington, DC, USA, ISPRS. V.28, Commission VI, 1992. p. 259-266.

Assad, E. D.; Sano, E. E. *Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura*. Brasília, EMBRAPA, 1998 (2ª. edição).

Benett S, J. *Eco empreendedor Oportunidade de negócios decorrente da revolução ambiental*, tradução de Saara Gedanke, São Paulo Ed Markron Books, 1992 , 306p.

BRASIL, Ministério das minas de energia, projeto radambrasil. *Folhas SE21XA III (aquidauana) e VI (Rio Taquaruçu) e também, SF21XB I (Palmeiras) e VI (Rio Dois irmãos)*. Rio de Janeiro, 1982. 452 p.

Brown, S.; Lugo, A.E. *Tropical secondary forest*. Journal of Tropical Ecology, 6:1-32, 1990.

Buckeridge, M. *As florestas tropicais e as mudanças climáticas globais*, artigo no Jornal do conselho regional de biologia, CRBio primeira região (SP, MT, MS) Ano IX, Numero 116, Julho de 2004, 9 pp.

Câmara G. *Fundamentos de geoprocessamento* INPE, São José dos campos, 1987

Câmara G, Monteiro A. M. V. & Medeiros J, S. *Representações Computacionais do Espaço: Um Diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação* São José dos Campos, DPI/INPE, 2002, 20p.

Câmara, G.; Casanova, M. A.; Hemerly, A.; Medeiros, C.M.B.; Magalhães, G. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. SBC, X Escola de Computação, Campinas, 1996.

Câmara, G.; Freitas, U. M.; Souza, R. C. M.; Garrido, J. SPRING: *Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling*. Computers and Graphics, vol. 15, n.6, July 1996.

Carvalho, O. V. S. *Gestão Pública da cobertura vegetal da cobertura vegetal do Estado do MS*, Escola de governo do MS, 2003, 15p.

Carvalho, O. V. S. *O Estado da Arte do Sensoriamento remoto no Estado do MS*, Monografia de especialização UFMS, Campo Grande MS, 2002, 68p.

CI. *Avaliação do Mapeamento Preliminar da cobertura vegetal na área do corredor Cerrado-Pantanal*, Aquidauana, Instituto Conservation International do Brasil, Fazenda Rio Negro – MS, 2003.

CI. *Estabelecimento de Procedimentos e Variáveis a serem considerados na priorização de áreas para conservação no corredor Cerrado-Pantanal*. Aquidauana, Instituto Conservation International do Brasil, Fazenda Rio Negro – MS, 2003.

Dajoz, Roger. *Ecologia Geral Trad. Francisco Guimarães*, Petrópolis, ed. Vozes, 1983, 460p.

Denich, M. *Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema na Amazônia Oriental Brasileira*. (Tese de Doutorado em Ciências Agrárias) - University of Georg August de Gottingen, Eschborn, 1991. 284 p.

Ditt E. H, *Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema* São Paulo: Ed. Annablume/ IPÊ /IIEB, 2002, 140p.

Druker, Peter. *Post-Capitalist Society*, New York, NY, ed. Harper/Collins, 1993, 280p.

EMBRAPA. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, Ministério da Agricultura, Vol 33, Número Especial, 1998, 1677-1813pp.

Ferri M. G. *Fisiologia Vegetal I*, EPU, São Paulo, 1985, 361p.

Hernandez Filho P. ; Pozoni F. J. & Pereira M. N. *Mapeamento da fitofisionomia e do uso da terra de parte da bacia do alto Taquari mediante o uso de imagens TM/Landsat e HRV/SPOT* Pesquisa Agropecuária Brasileira, Embrapa, Ministério da agricultura Rio de Janeiro, 1998, 1755-1762pp.

Hernandez Filho P. ; Dutra L. V & Amaral S. *Resultados preliminares da análise visual de dados sarem e descrição das atividades de campo na floresta nacional do Tapajós*. São Jose dos Campos : Relatório Técnico INPE, 1994, 5567-NCT/314p

Shimabukuro Y. E, Rudorff B. F. T. & Ponzoni F. J. *A Cobertura vegetal vista do espaço: uma ferramenta para Preservação* INPE São José dos Campos, relatório do SBSR, Vol.5(1): 1998, 195 – 198 pp.

Fred A. *Introdução ao reconhecimento de padrões* texto extensão PDF, 2001, 12 p.

Garay I. & Dias B. *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicis Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Petrópolis, Editora Vozes, 2001, 295 – 337pp

Gomes J. & Velho L. *Computação gráfica*, série da computação e da matemática, IMPA Sociedade brasileira de Matemática, Rio de Janeiro, 1995.

Hess, Sônia. *Educação Ambiental: Nós no Mundo* - 2 ed. Campo Grande – MS, Ed. UFMS, 2002, 190p.

IBAMA. *Roteiro Metodológico Para Gestão de Área de Proteção Ambiental*, Brasília, 2001, 240p.

INPE. *Tutorial - SPRING*, São José dos campos - SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), *Deforestation in Brazilian Amazon* Separata. INPE, São José dos Campos, 1992.

Inforgeo *Revista de análise geográfica*, Curitiba PR, Mundogeo, Nº 33, Mar/Abr de 2004.

Infogps *Revista de Posicionamento por Satélites*, Curitiba PR, Mundogeo Nº 04, Mai/Jun de 2004.

Kampel, M. *Estudo preliminar da circulação da Lagoa de Araruama* - RJ. Monografia de Estágio Orientado I, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, 1987.

Kampel, M. *Métodos Computacionais para Tratamento de Dados Oceanográficos*. Monografia de Estágio Orientado II, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, 1987.

Kampel, M. *Caracterização dos modos principais de variabilidade dos campos de TSM no Atlântico utilizando dados AVHRR* (Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993, 11p. (INPE-5535-TDI/523).

Kampel, M.; Costa, M.P.F.; Hungria, C.S.; Setzer, A.W. *Avaliação preliminar da utilização de um receptor de imagens orbitais AVHRR/NOAA para estudos oceanográficos na Antártica*. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, maio 10-14, 1993. Anais, São José dos Campos, 1993, v.3, p.056-059.

Kassar, Edson *Monitoramento Bioclimático utilizando satélite NOAA* Tese de Doutorado, São Paulo, USP, Instituto Astronômico e Geofísico, 1985, 213p.

Maguire, D.; Goodchild, M.; Rhind, D. (eds.) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. New York, John Wiley and Sons, 1991.

Mantovani W, Tabarelli *A regeneração de uma floresta tropical Montana após corte e queima* (São Paulo-Brasil) São Paulo, Revista Brasileira de Biologia 59 (2) 1997 publicado em 1999 pp 239-250.

Morey. P. r. *O crescimento das árvores*, tradução de Maria de Fátima Pereira, São Paulo, epu editora da universidade de são Paulo, 1980, 72 p.

NCGIA, *The Research Plan for the NCGIA*, International Journal of Geographic Information Systems, 3(2):117-136, 1989.

Nepstad, D.C.; Uhl, C.; Serrão, A.S. (1991) *Recuperation of a degraded Amazonian landscape: Forest recovery and agricultural restoration*. *Ambio* 20(6)248-255.

Novaes, Washinton. *Agenda 21 Brasileira - Bases para discussão*, Brasília, MMA/PNUD, 2000, 196p.

Richards, P.W. *The tropical rain forest: an ecological study*. 8.ed. Cambridge, Cambridge University, 1981. 450 p.

Schimel, D.; Enting, I. G.; Heimann, M; Wigley, T.M.L; Raynaud, D.; Alves, D.; Siegenthaler, U. *CO₂ and Carbon Cycle*. In: Climate Change, 1994, Radiative forcing of climate change and na evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios (eds Houghton, J.T; Meira Filho, L.G.; Bruce, J. et al.), pp. 35-71. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

SEPLAN. *Atlas Multirreferencial*, Campo Grande – MS, Secretaria de Planejamento do Estado do Mato Grosso do Sul, 1990.

Silva, O. Nilson. *Monitoramento do Desmatamento no Mato Grosso do Sul Utilizando Satélite NOAA*, Campo Grande, UFMS, Dissertação de mestrado, 2002, 138p.

Silva, Jr, C.L.; Kampel, M. *Caracterização de estruturas termais superficiais na costa sudeste do Brasil a partir de imagens AVHRR/NOAA*. In: V Semana de Oceanografia, Rio Grande - RS. 18-23 de outubro de 1992.

SPRING: *Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling*"
Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996 .

Takenko A., Fukushima T. *Flow Patterns in Stenotic Blood Vessel Models* *Biology*, vol. 13, 1976, 337-355 pp.

Tardin, A.T.; Lee, D.C.L.; Santos, R.J.R.; Assis, O.R.; Barbosa, M.P.S.; Moreira, M.L.; Pereira, M.T; Silva, D.; Santos Filho, C.P. *Subprojeto desmatamento: convênio IBDF/CNPq-INPE*. INPE-1649-RPE/103. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brazil.

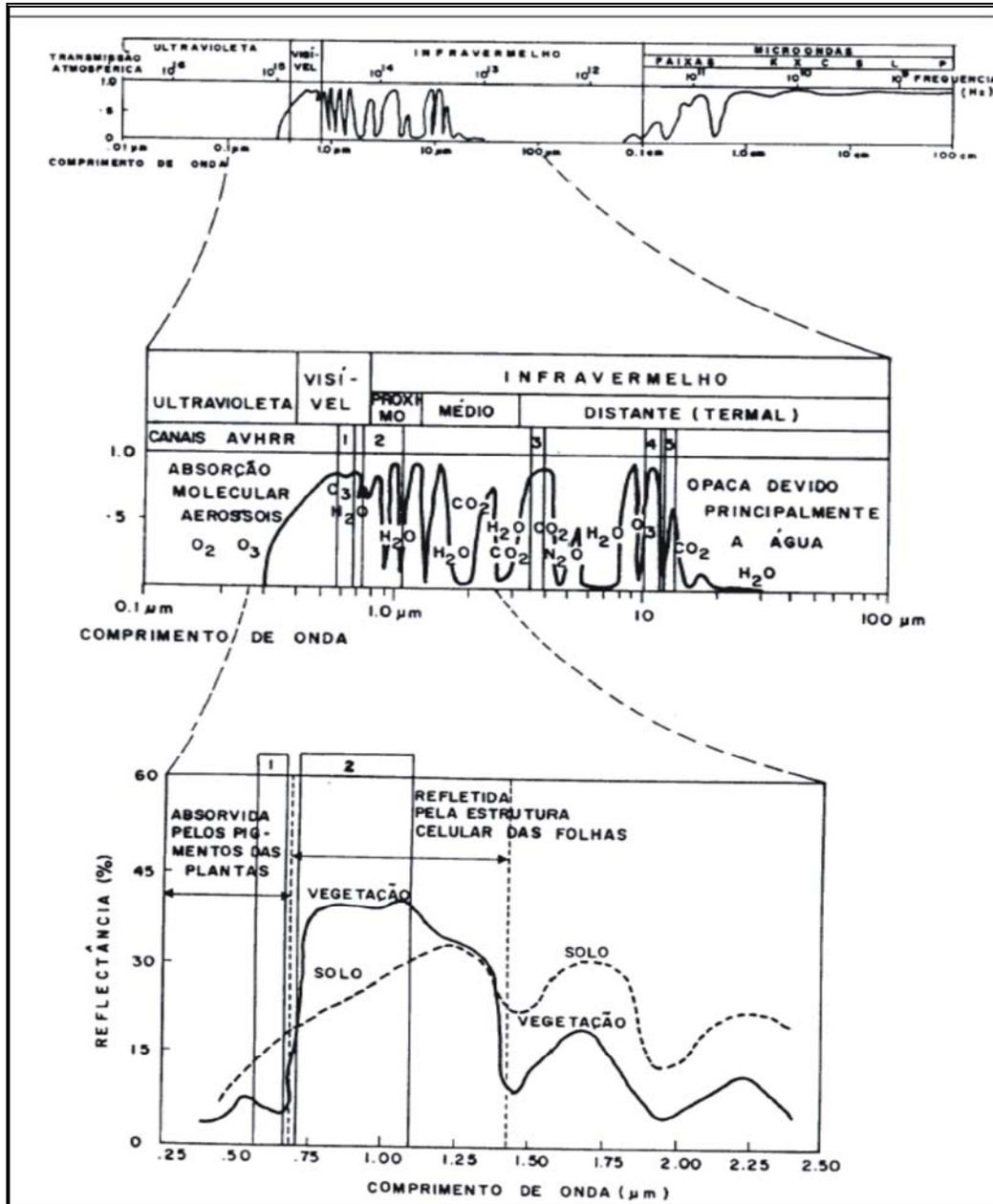
Uhl, C.; Buschbacher, R.; Serrão, E.A.S. *Abandoned pastures in Easter Amazonia. I. Patterns of plant succession*. *Journal of Ecology*, 76:663-681, 1988.

Internet

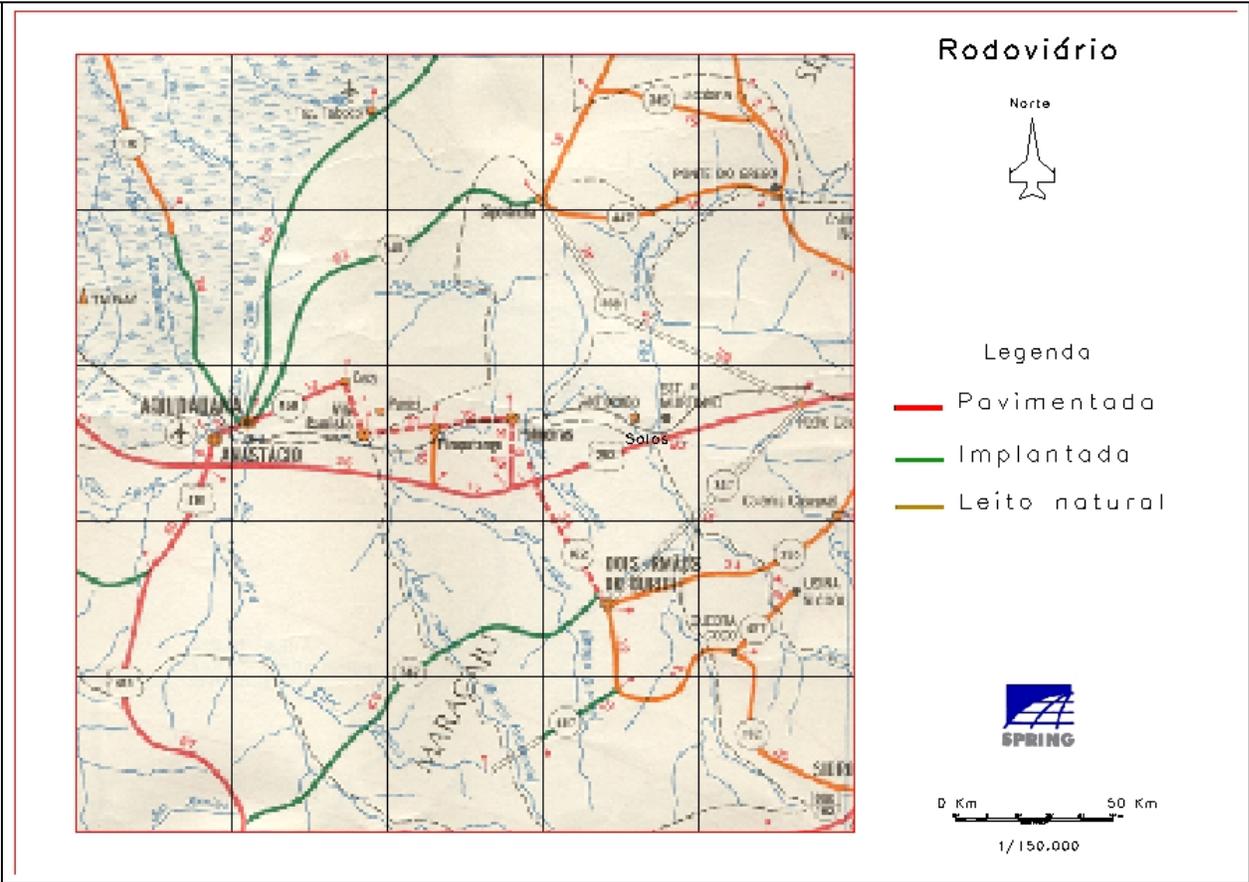
- [1] NOAA <http://www.noaa.gov/> último acesso 12/05/2004.
- [2] AVHRR http://www.envi.com.br/guidoenvi/I/guia_i_2.html último acesso 12/05/2004
- [3] AVHRR <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/html/c4/sec4-1.htm> último acesso 23/07/2004.
- [4] USGS/USA <http://edcdaac.usgs.gov/1KM/comp10d.html> imagens IVDN, último acesso 23/07/2004.
- [5] USGS/USA <http://edcdaac.usgs.gov/1KM/paper.html#proc2> metodologia de processamento, último acesso 23/07/2004.
- [6] INPE/CPTEC
http://www.cptec.inpe.br/satelite/metsat/ndvi/notas/notas_ndvi.htm banco de dados artigos, último acesso 12/03/2004.
- [7] SPRING <http://www.dpi.inpe.br/spring/> software, último acesso 23/07/2004.
- [8] UNIDERP <http://www2.uniderp.br/Atlas/bhidro.htm> Site da Universidade para o Desenvolvimento da Região do Pantanal, Último acesso 16/11/2004

VI Anexos

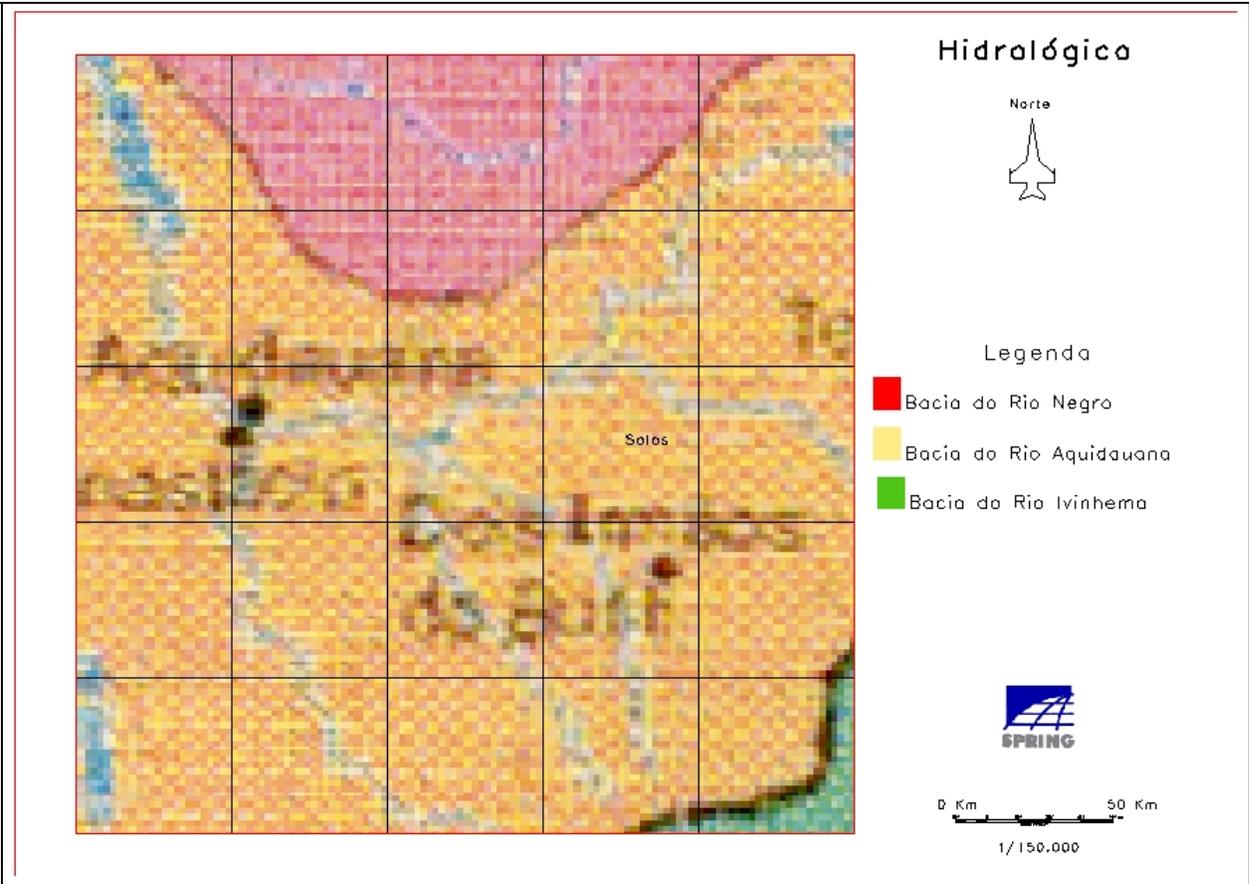
I Esquema radiação/sensor AVHRR



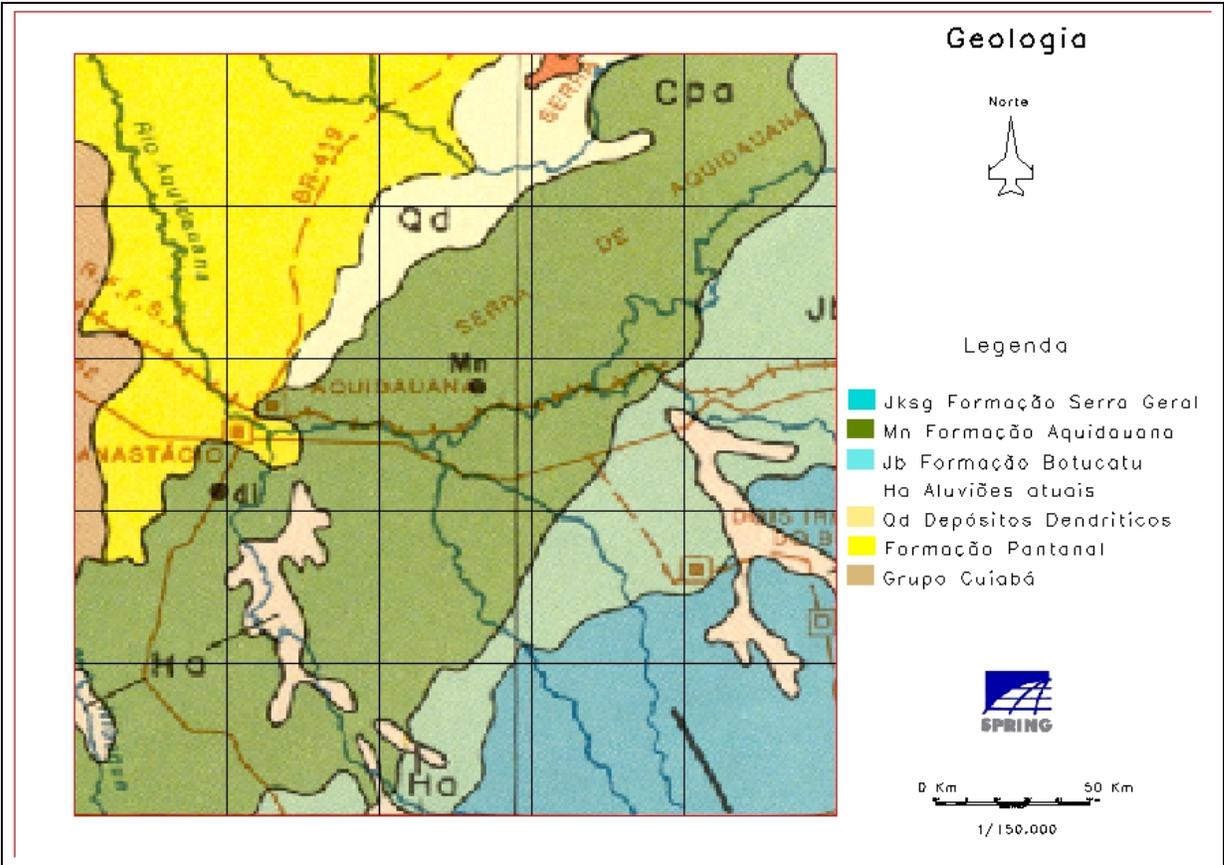
II Mapa Rodoviário



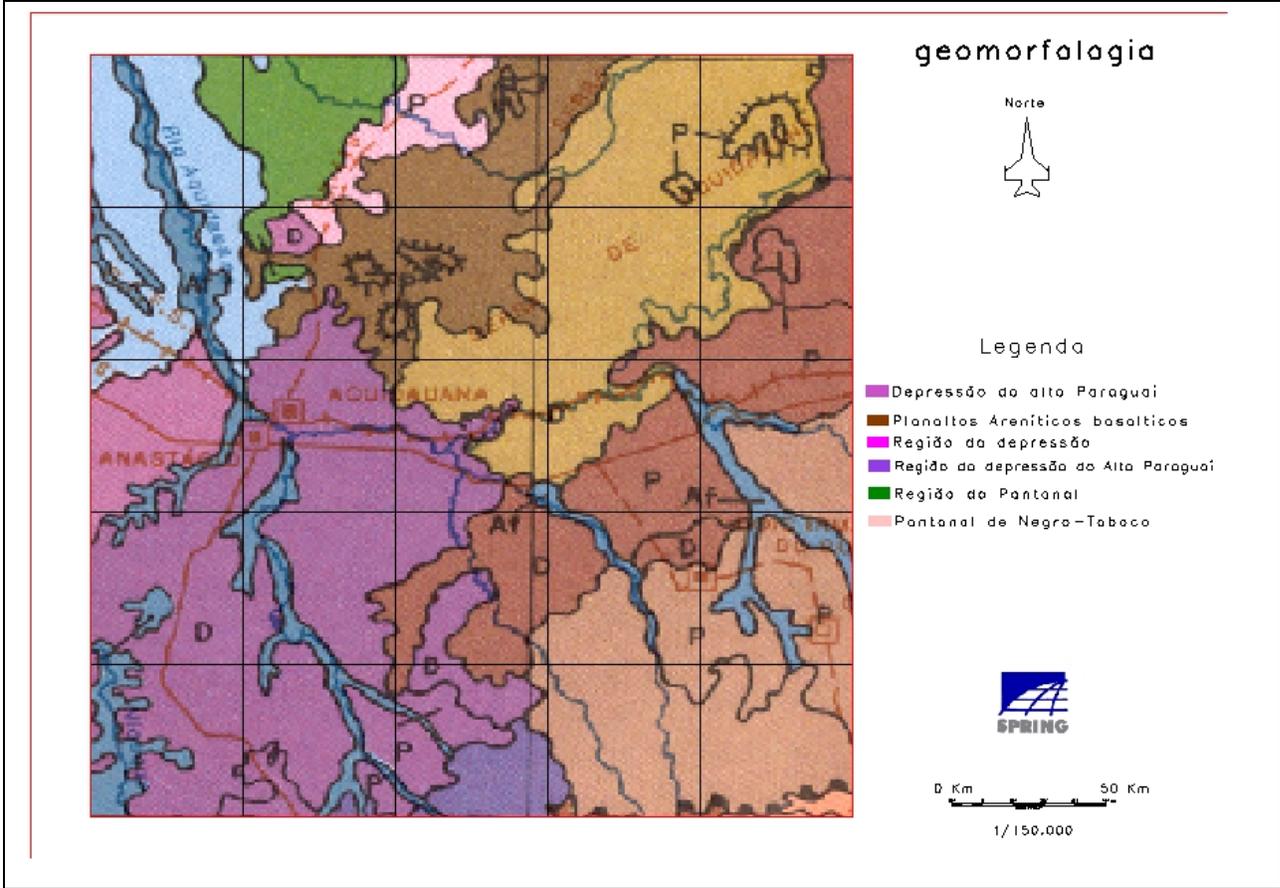
III Hidrográfico



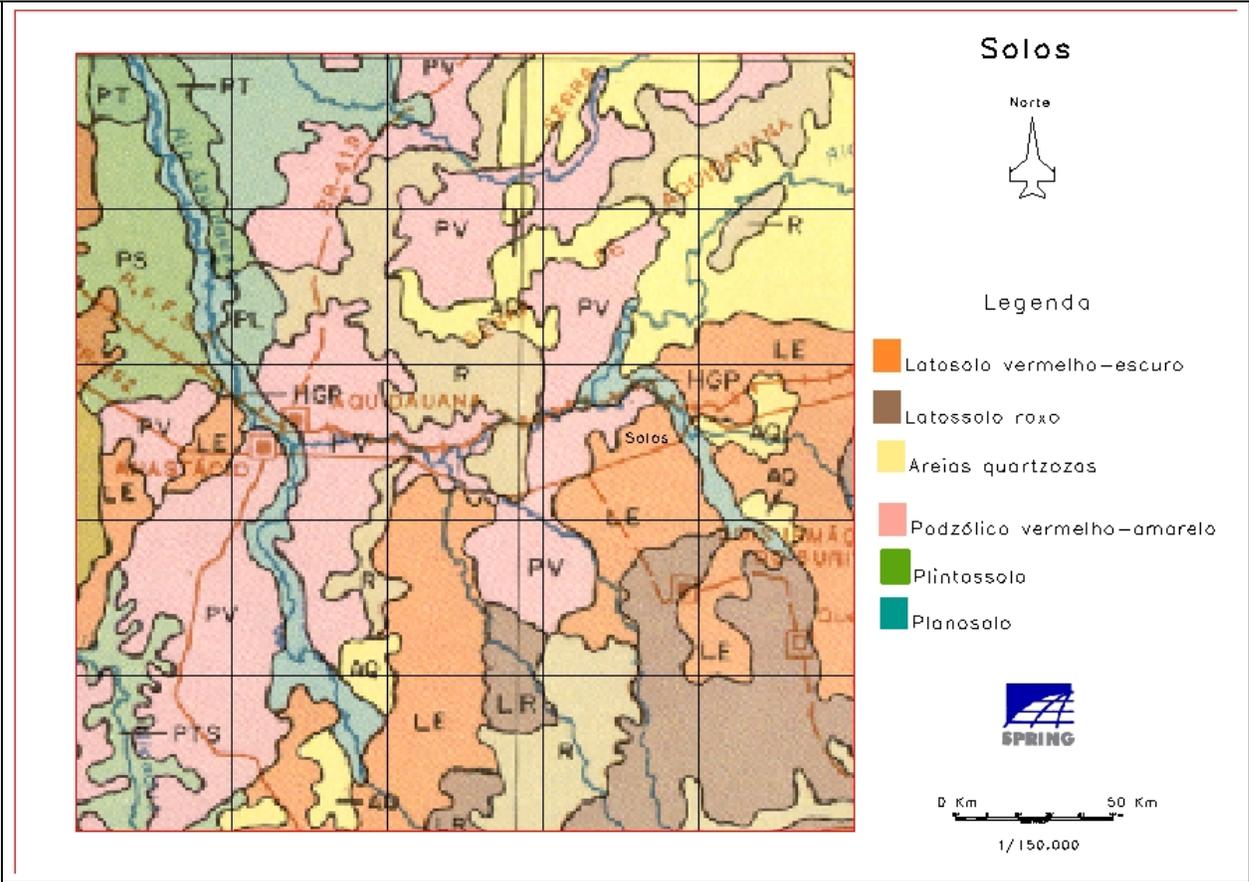
IV Mapa da Geologia



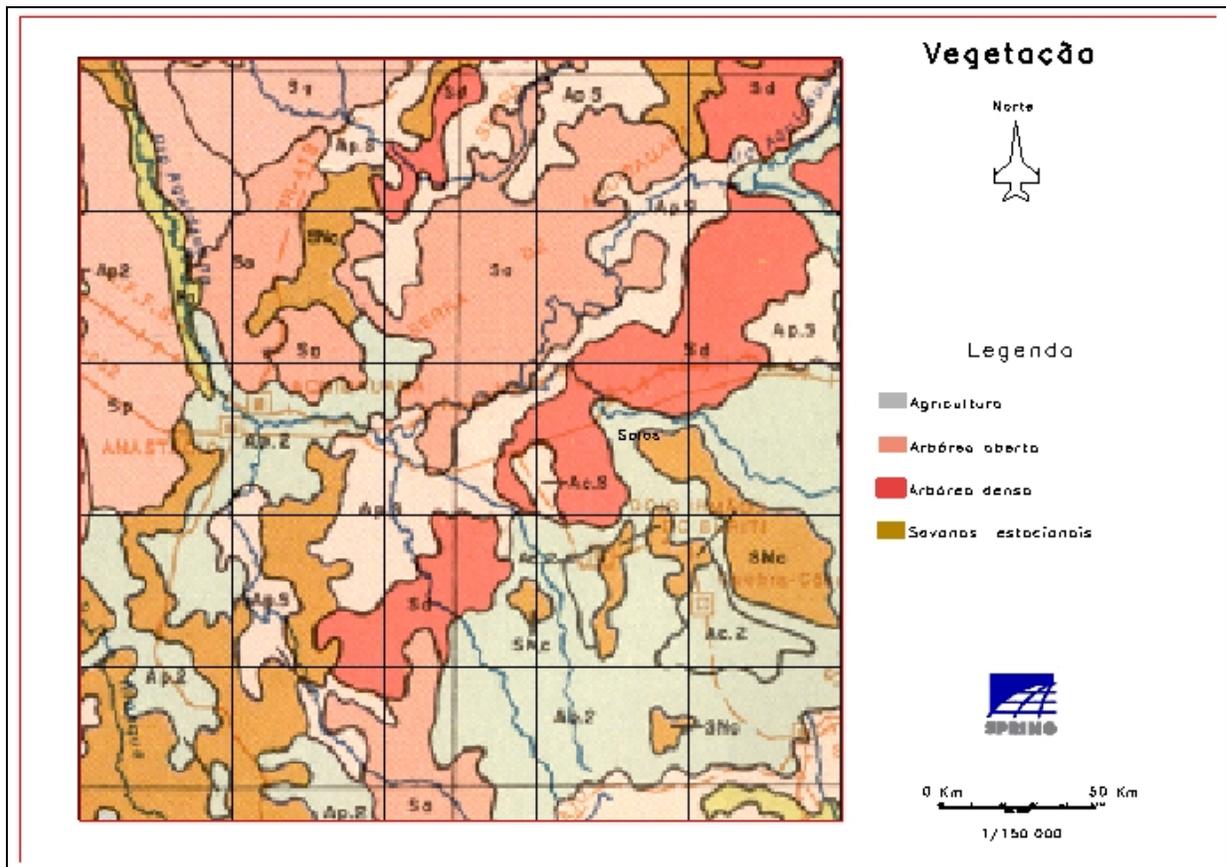
V Mapa da Geomorfologia



VI Mapa de Solos



VII Mapa de Vegetação



VIII Mapa de vegetação da CI

