



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo
ANÁLISE AMBIENTAL EM GEOGRAFIA

ANÁLISE DA DINÂMICA DO USO DA TERRA NOS MUNICÍPIOS DE PELOTAS,
MORRO REDONDO E ARROIO DO PADRE (RS).

ANDERSON MARTINS DADALT

DISSERTAÇÃO ELABORADA JUNTO AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA PPGeo - FURG PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
GEOGRAFIA.

Rio Grande (RS)
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo
ANÁLISE AMBIENTAL EM GEOGRAFIA

ANÁLISE DA DINÂMICA DO USO DA TERRA NOS MUNICÍPIOS DE PELOTAS,
MORRO REDONDO E ARROIO DO PADRE (RS).

ANDERSON MARTINS DADALT

ORIENTADORA: PROF. DRA. ROSA ELENA NOAL

DISSERTAÇÃO ELABORADA JUNTO AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA PPGeo - FURG PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
GEOGRAFIA.

Rio Grande (RS)
2011

Comissão Examinadora

Prof. Dra. Rosa Helena Noal

Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon

Prof. Dr. Pedro Quevedo

Anderson Martins Dadalt
(Aluno)

Rio Grande, 20 de Agosto de 2011.

Resultado: APROVADO

AGRADECIMENTOS

*“Dedico este trabalho a todos que
me ajudaram a concretizar este
sonho:*

*a minha amada esposa Marina, que
me deu conforto e apoio*

*em muitos momentos difíceis que
passei;*

a minha orientadora, Dra. Rosa,

*a qual me estendeu sua mão amiga
em um inesperado momento de
dificuldade;*

*a minha amiga Érica, que sempre
me apoiou quando necessário;*

*ao meu querido amigo Rafael S.
Klemtz e família, que me acolheram
como um filho e me ensinaram a ser
uma pessoa melhor;*

*ao senhor meu Deus e todas as
entidades de luz que sempre me
protegeram;*

*“A todos, muito obrigado do fundo do
coração”.*

Anderson Martins Dadalt

RESUMO

As atividades agrícolas e pastoris, as construções civis, as áreas urbanizadas e outras atividades realizadas pelo homem, com o passar dos anos, desenvolvem-se, mantendo um padrão de evolução e apropriação dos recursos naturais em constante aceleração. Desta forma, os impactos antrópicos acusam profundas transformações no espaço e, tanto natureza primitiva quanto natureza transformada ajustam-se às novas modelagens morfológicas e espaciais propostas pela evolução tecnológica e pelos processos naturais inerentes do meio. Nesta perspectiva, a presente pesquisa teve como objetivo fazer uma análise comparativa da evolução dos padrões do uso da terra nos municípios de Pelotas, Arroio do Padre e Morro Redondo – RS, no período 2000, 2003, 2007 e 2011 com a utilização de técnicas de Geoprocessamento, SIG e Sensoriamento Remoto. Foram definidos para a área estudada os seguintes padrões de ocupação das terras: pastagem natural e cultivada, agricultura, solo exposto ou pousio, água, área urbana, banhado, floresta implantada, floresta natural. Os resultados obtidos pela classificação não-supervisionada do presente estudo foram considerados satisfatórios. A análise dos resultados obtidos demonstrou que a dinâmica do uso da terra na área estudada está condicionada a questões socioeconômicas, tais como nível de mecanização do campo, mudanças nas economias dos municípios e o crescimento desordenado das áreas urbanas, o que resultou em transformações na hidrografia, a partir de intervenções na dinâmica fluvial e drenagens pelo processo de irrigação de culturas; no solo pela ação antropogênica e do conseqüente desequilíbrio dos processos erosivos; e na cobertura vegetal original, por meio de mudanças nos padrões de uso da terra em detrimento da implantação de cultivos não nativos.

Palavras-chave: Dinâmica de Uso da Terra; Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Análise Temporal Não-Supervisionada; Análise de transformações do espaço.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da Área de Estudo.....	15
Figura 2: Área de Estudo – Municípios.....	16
Figura 3: Mapa Hipsométrico da Área de Estudo.....	21
Figura 4: Software com Vetores Inseridos em Limites.....	22
Figura 5: Mapa da Vegetação Pioneira.....	24
Figura 6: Mapa da Vegetação da Área de Estudo.....	25
Figura 7: Perfil Esquemático da Floresta Estacional Semidecidual.....	28
Figura 8: Mapa do Clima do Brasil.....	29
Figura 9: Imagem 221/82 – 2003.....	31
Figura 10: Software ENVI.....	32
Figura 11: Software ENVI – Dimensionalidade.....	33
Figura 12: Imagem 221-83 banda 731-RGB.....	34
Figura 13: ENVI – Interface.....	40
Figura 14: Escolha de Bandas.....	41
Figura 15: Process Diagram.....	42
Figura 16: Vetorial dos Municípios que Abrangem a Área de Estudo.....	43
Figura 17: Edit Create Regions.....	44
Figura 18: Função Unsupervised Classifier.....	44
Figura 19: Processo de Classificação da Imagem.....	45
Figura 20: Classificação imagem Landsat TM7 221/82 – 2003.....	46
Figura 21: Vetor Afinado.....	47

Figura 22: Segunda Classificação Landsat TM5 – 2007.....	48
Figura 23: Comparação Imagem 2003 e 2007.....	49
Figura 24: Sequência das Classificações por Ordem Cronológica.....	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Bandas Espectrais Sensor TM.....	38
Tabela 2: Resultado da Classificação da imagem 2003.....	50
Tabela 3: Resultado Final Imagem 2003.....	51
Tabela 4: Resultado Landsat TM5 – 2007.....	52
Tabela 5: Resultado Landsat TM5 – 2000.....	52
Tabela 6: Resultado Landsat TM5 – 2011.....	53
Tabela 7: Tabela Final, com os Dados das Quatro Classificações.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico Geral das Classes e Anos.....	55
Gráfico 2: Representação de Quantidade de Água entre os Anos.....	55
Gráfico 3: Representação de Quantidade de Banhado entre os Anos.....	56
Gráfico 4: Representação de Quantidade de Floresta Implantada entre os Anos.....	56
Gráfico 5: Representação de Quantidade de Agricultura Implantada entre os Anos.....	57
Gráfico 6: Representação de Quantidade de Floresta Natural entre os Anos.....	57
Gráfico 7: Representação de Quantidade de Pastagem Natural Ou Cultivada entre os Anos.....	58
Gráfico 8: Representação de Quantidade de Solo Exposto ou Pousio entre os Anos.....	58
Gráfico 9: Representação de Quantidade de Área Urbana entre os Anos.....	59
Gráfico 10: Média Anual das Áreas das Classes.....	66

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
1.2. Área de Estudo.....	14
2. Meio Físico.....	18
2.1. Geologia.....	18
2.2. Vegetação.....	22
2.3. Áreas de Formação Pioneira.....	23
2.4. Floresta Estacional Semidecidual.....	26
2.5. Clima.....	28
3. Procedimentos Metodológicos.....	30
3.1. Critérios de Escolha de Imagem.....	30
3.2. Referenciamento da Imagem.....	31
3.3. Tipos de Referenciamento.....	32
3.4. Redução de Dimensionalidade – Análise Espacial.....	33
3.5. Propriedades de Comportamento Espectral dos Objetos Terrestres.....	35
3.6. Plataforma Orbital – Satélite.....	37
3.7. Processo de Classificação de Imagem.....	39
3.8. Classificação da Ocupação Territorial dos Municípios.....	40
3.9. Resultados Parciais.....	50
4. Discussão dos Resultados.....	60
5. Conclusão.....	66
BIBLIOGRAFIA.....	68

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna pode ser representada por um estilo de vida e padrão cultural quase homogêneo. Tal estilo e cultura apresentam uma sociedade altamente consumista e, para isso, torna-se necessário produzir-se cada vez mais e expropriar matéria-prima cada vez mais rápido e em maior volume. O planejamento técnico-científico da sociedade moderna resultou em um padrão de valores mercadológicos que se dissemina na vida das pessoas como razão fundamental da vida.

Neste sentido a ocupação do espaço e a apropriação da matéria-prima para suprir a demanda da indústria são essenciais para a manutenção do estilo de vida da sociedade moderna. Na mesma medida em que existe a apropriação e transformação do espaço em prol da melhoria da qualidade de vida - em função do beneficiamento de novas ferramentas - o homem degrada o ambiente, colocando em risco importantes áreas ambientais. Segundo Marçal e Guerra (2006, P.13),

O aumento dos problemas ambientais e das transformações globais nestes últimos séculos tem sido marcante. A crescente preocupação de estudos relacionados às análises ambientais, particularmente no que se refere às intervenções da sociedade na natureza, é ponto discutido não apenas no campo das geociências. [...] as questões globais e os problemas ambientais multifacetados já estão postos há vários anos [...] percebemos que ambiente não é um simples somatório de fatores que, analisados individualmente, nos levaria à sua compreensão total.

Neste sentido pode-se afirmar que a complexidade ambiental em que vivemos nos conduz, na maioria das vezes, a trabalhar a partir dos processos de degradação já em desenvolvimento, levando-nos a grandes desafios que visam buscar soluções que apontem mecanismos

que relacionem as possíveis causas e, na mesma direção, facilitam o entendimento dos processos que levam a acentuar os problemas ambientais. Hoje em dia há um consenso de que as alterações provocadas pelo uso da terra são as principais causadoras de mudanças ambientais locais, regionais e globais (Lambin et al. 1999 in Simon, 2007); mudanças essas relacionadas à intervenção das atividades humanas. Neste sentido Christofolletti nos diz,

Os últimos vinte anos registraram sensível crescimento na preocupação com os problemas ambientais, baseados no reconhecimento da importância e complexidade das relações que interligam as atividades humanas com as condições da superfície terrestre, nas suas diversas escalas de grandeza espacial. [...] as relações entre desenvolvimento e meio ambiente apresentam nuances diversas conforme localidades e sofreram transformações ao longo do processo histórico. (1993, p. 2).

Nesta realidade não se pode descartar metodologias e tecnologias que permitam trabalhar o planejamento ambiental e que possam fomentar perspectivas para preservação e conservação das diversidades do ambiente.

Neste contexto torna-se necessário verificar alguns conceitos de Uso da Terra para identificar e analisar as transformações ocorridas em um espaço específico, em determinados períodos. Segundo Parker et. Al. (2003, pag. 314), “*terra*” seria um espaço dinâmico onde os sistemas social e ambiental encontram-se em interação. Logo o “*Uso da Terra*”, abrange uma estrutura organizacional e espacial complexa, de interações humanas aplicadas aos atributos biofísicos da superfície da terra. O Uso da Terra equivale a um retrato estático das manifestações dinâmicas oriundas das relações socioeconômicas de um território com as características ambientais (Ross, 1995 in Simon, 2007). Segundo KOFFLER, (1993, p.135)

O levantamento do uso das terras de uma região é fundamental para o planejamento regional na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente em que vivemos. Os processos de erosão acelerados dos solos, as inundações cada vez mais freqüentes e o assoreamento de cursos d’água e reservatórios são consequência do uso indevido das terras.

Foi com o intuito de verificar mudanças na organização espacial existentes nos municípios de Pelotas, Morro Redondo e Arroio do Padre, que

esta pesquisa teve início. Para que se pudessem verificar de maneira concreta as mudanças e transformações ambientais utilizaram-se as técnicas de Geoprocessamento.

Segundo Moreira (2001, p. 204), o Geoprocessamento pode ser entendido como sendo a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação sobre objetos ou fenômenos geograficamente identificados. O Geoprocessamento é uma ferramenta geográfica que tem sido empregada em diversas áreas da ciência, podendo-se citar a Geografia, Geologia, Cartografia, Biologia, Agronomia, entre outros. Tais técnicas também contribuem para o planejamento urbano e rural, dos meios de comunicação e energia. As ferramentas constituintes do Geoprocessamento compõem, ainda conforme o autor citado acima, um conjunto que se denomina SIG – Sistema de Informações Geográficas, às vezes chamadas em inglês de GIS – Geographic Information System. O SIG pode ser denominado como elemento computacional do Geoprocessamento. Esta técnica permite a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes a um banco de dados georreferenciado (Assad & Sano, 1998).

Os sistemas de SIG apresentam duas características principais: Primeiramente, permite inserir e integrar, em um único banco de dados informações, sendo elas espaciais advindas de fontes cartográficas, imagens satelitais, dados censitários, cadastros rurais, urbanos e Modelos Numéricos de Terrenos. Outra característica é oferecer um sistema de combinações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados (Moreira, 2001, p.206).

Como nos apresenta Ribeiro (2001, p.7), os sistemas de SIG possuem componentes conforme os subsistemas seguintes:

- Sistema de aquisição de dados: coleta e/ou processamento de dados geográficos derivados de medições de campo por técnicas variadas, e coleta a partir de outros mapas ou relatórios existentes;

- Sistema de armazenamento e recuperação de dados: organização dos dados de forma que possam ser acessados de maneira eficiente, rápida e segura, para uma determinada análise, além de permitir atualizações às bases de dados;
- Sistema de manipulação e análise dos dados: regras e parâmetros na determinação do tempo de acesso aos dados, simulações e troca de formatos de dados;
- Sistema de emissão de relatórios ou mapas: exibição de elementos do Banco de Dados na íntegra ou por partes, visualização dos dados na forma de tabelas ou mapas.

A Base Cartográfica Digital visa dar apoio a projetos de pesquisa de monitoramento, planejamento e suporte para elaboração de mapas temáticos como de solos, clima e zoneamento. Pode facilitar e dar subsídios principalmente para pesquisas regionais, possibilitando a troca de informações e produtos com diferentes instituições de pesquisa. Será através da base cartográfica que serão extraídos dados de topografia, hidrografia, rede-viária e malha urbana. Para uma base cartográfica de qualidade devem-se respeitar processos fundamentais como: Escaneamento das cartas topográficas utilizadas, tratamento digital, georreferenciamento das imagens – conforme Datum horizontal e fuso cartográfico, construção do mosaico das imagens e finalmente digitalização das informações contidas na imagem (previamente padronizadas). Para KOFFLER, (1993, p.135)

A tecnologia do Sensoriamento remoto, seja através de fotografias aéreas ou imagens de satélites, tem contribuído significativamente para melhorar a qualidade das informações, principalmente quanto ao dimensionamento e distribuição das áreas ocupadas diferentes coberturas vegetais, sejam naturais ou estabelecidas pelo homem. [...] tendo em vista a disponibilidade constante de imagens atualizadas do território nacional obtidas por satélites, a utilização deste material tem-se mostrado cada vez mais vantajosa em relação às tradicionais fotografias aéreas nos levantamentos de uso da terra.

Para que sejam realizados os processos da construção da base cartográfica, é necessária a utilização de softwares, como por exemplo, o Envi 3.2, o ERDAS, ARC-GIS, CARTALINX (para digitalizações), IDRISI, entre outros. Entretanto neste trabalho utilizou-se além de Softwares licenciados e adquiridos através da EMBRAPA Clima Temperado, um software livre denominado “SPRING”, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Este último é um software que oferece ferramentas integradas como processamento de imagens, análise espacial e modelagem digital de terreno, tendo interface com banco de dados (Barros, 2001, p. 18).

Em relação ao Sensoriamento Remoto podemos colocar que, para recursos naturais, tem sido definido de várias maneiras. Entretanto, quaisquer uma delas vem expressar um objetivo comum, tendo o foco de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não renováveis do planeta Terra, através de dispositivos, sendo eles sensores colocados em aviões, satélites ou na superfície (MOREIRA, 2001). Sensoriamento Remoto pode ser considerado o conjunto de programas “softwares” e equipamentos “hardwares” colocados à disposição do homem para auxiliá-lo nas indagações sobre o manejo do meio ambiente, acrescentando todo o conhecimento básico de todos os componentes que direta ou indiretamente fazem parte do sistema sensoriamento remoto (MOREIRA, 2001). Segundo KOFFLER, (1993, p. 135)

Os estudos de recursos naturais da Terra através de imagens orbitais tomou um grande impulso a partir do lançamento pela NASA do primeiro satélite desenvolvido especialmente para monitoramento dos recursos do nosso planeta, ERTS-1, em 23 de julho de 1972, rebatizado posteriormente como LANDSAT-1.

No mesmo sentido que aborda-se um pouco da história do sensoriamento remoto com KOFFLER, pode-se seguir abordando que desde os anos de 1972, a superfície da Terra passou a ser imageada contínua e sistematicamente a intervalos de 18 dias pelos 3 primeiros satélites da série e de 16 dias pelo LANDSAT – 4 e o LANDSAT – 5. Há de se mencionar que a

cada novo lançamento são incorporadas novas tecnologias e a qualidade das imagens de satélite crescem gradualmente.

1.2 Área de Estudo

Conforme dados do IBGE – 2000, a área de estudo está localizada entre o sul da Planície Lagunar e o Escudo Sul-Rio-Grandense. Com uma área de 1.609 Km², Pelotas é um município importante para a metade sul do Rio Grande do Sul, devido ao tamanho da sua população, estimada em 345.181 habitantes e sua característica principal atual é de pólo educacional e comercial. O município possui vocação agropecuária, destacando-se pela pecuária extensiva, rizicultura e fruticultura, em particular pela produção de pêsego. Desde 1980 vem acontecendo um processo de transformação na economia agrícola do município, o que ocasionou mudanças e eventuais alternâncias nos tipos de culturas dentro de seus limites (ALBA, 2001).

O município de Morro Redondo situa-se a oeste da Planície Costeira e foi criado em 12/05/1988 através da Lei N° 8.633, emancipando-se do município de Pelotas. Possui uma área de 245 km² (IBGE, 2000) e sua economia é baseada na agricultura, tendo como ponto mais forte a fruticultura, voltada principalmente para o abastecimento do mercado local e regional. Morro Redondo possui indústrias de transformação de doces e geléias, principais produtos de exportação.

O município de Arroio do Padre 124 km² (IBGE, 2009), foi criado no ano de 1996, pela lei estadual nº 10.738 e está inserido dentro dos limites do município de Pelotas.

Pelotas, Arroio do Padre e Morro Redondo (fig. 1 e 2) estão situados entre a Planície Costeira e o Escudo Sul-Rio-Grandense. Embora os três municípios possuam limites independentes, foi entendido como uma melhor proposta fazer uma união desses limites criando assim uma área única para se fazer uma análise classificatória de classes (água, banhado, pastagem natural e cultivada, área urbana, solo exposto, etc.). Os pontos mais extremos

dos limites da área estudada pós-intersecção passaram a ser ao Norte (lat: 31° 19' 20" S e long: 52°28'42" W), ao Sul (lat: 31° 48' 0" S e Long: 52° 21' 55" W), ao Leste (lat: 31° 38' 7" S e Long: 52° 3' 16" W), e a Oeste (lat: 31° 44' 23" S e long: 52° 44' 11" W). Esta área de estudo foi escolhida por se tratar da região onde se localiza o órgão que contribuiu diretamente com o desenvolvimento deste trabalho, a Embrapa Clima Temperado, assim como outros órgãos de relativa importância institucional como Universidade Federal de Pelotas e que se estende como área de interesse para Universidade Federal do Rio Grande. Também vinculado à escolha da área, verificam-se os processos de mudanças socioeconômicos e agropastoris, aos quais com o passar dos anos a comunidade têm procurado conciliar crescimento econômico e o desenvolvimento agrícola, sem observar os cuidados ambientais necessários. Os dados gerados podem ser utilizados pelas instituições educacionais ou de pesquisa citadas acima e/ou fomentarem trabalhos científicos na região.

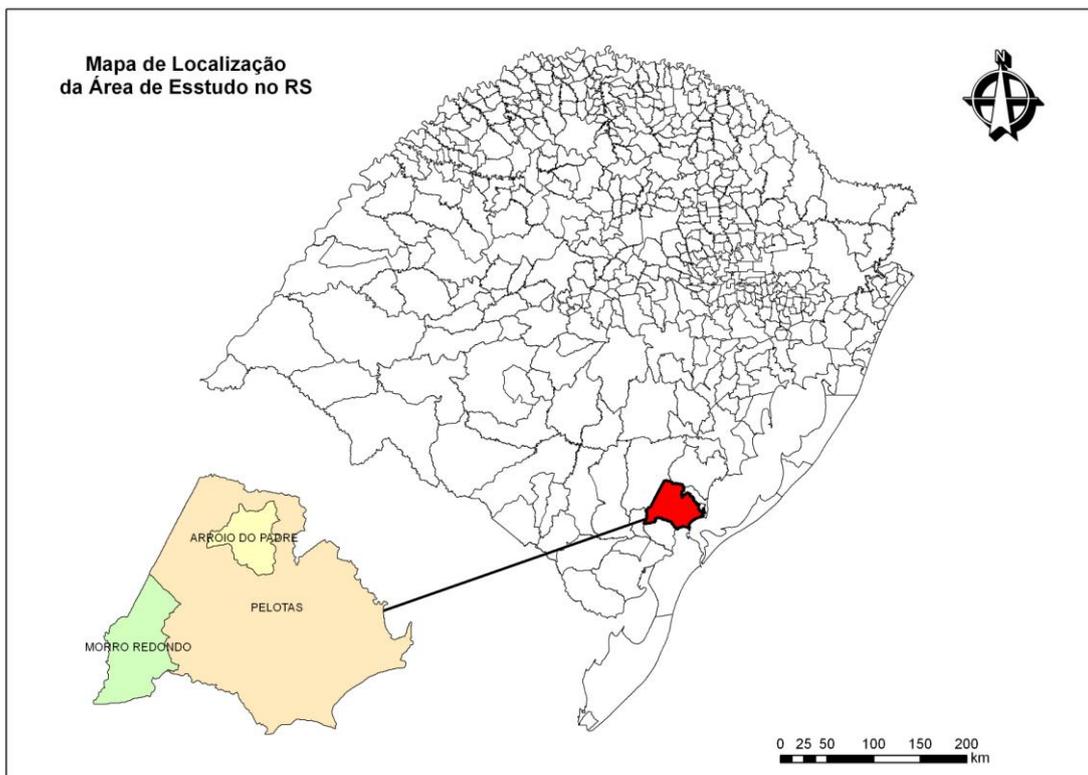


Figura 1: Mapa do estado do Rio Grande do Sul, evidenciando a área de estudo (destaque em vermelho). Fonte adaptada: Megiatto. E. 2011. Adaptado por: Anderson M. Dadalt, 05/2011.



Figura 2: Em evidência, os municípios de Pelotas com a inserção de Arroio do Padre, criado em 1996, e Morro Redondo. O Município de Arroio do Padre forma uma espécie de “Ilha”, dentro de Pelotas.

Fonte adaptada: IBGE

Adaptado por: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Devido a sua localização no Escudo Sul-Rio-Grandense, Arroio do Padre e Morro Redondo possuem uma altitude média de 245 metros, diferenciando-se de Pelotas que, por estar parcialmente situada na Planície Costeira e parcialmente sobre o escudo, pode ter uma altitude variada de 7m há um pouco mais de 400m (na região próxima ao limite de Canguçu). Por esse motivo evidenciam-se alguns afloramentos rochosos.

Esta pesquisa possui como objetivo, fazer uma análise comparativa da evolução dos padrões do uso da terra nos municípios de Pelotas, Arroio do Padre e Morro Redondo – RS, no período 2000, 2003, 2007 e 2011 com a utilização de técnicas de Geoprocessamento, SIG e Sensoriamento Remoto.

Como objetivo específico, busca-se, inicialmente, analisar a ocupação da terra nos períodos determinados, fazendo uma avaliação de classificações, quantificações e distribuições de classes, nos municípios que abrangem a área de estudo conforme procedimentos metodológicos da técnica de análise temporal.

Neste capítulo denominado “Introdução”, apresentou-se alguns importantes conceitos, os quais possibilitam o entendimento sobre a problemática que motivou esta pesquisa, conceitos sobre Geoprocessamento

e definições sobre SIG e Sensoriamento Remoto, assim como uma breve apresentação da área de estudo.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização geográfica da área de estudo, que abrange os municípios de Pelotas, Arroio do Padre e Morro Redondo, evidenciam significativas semelhanças nos aspectos considerados mais relevantes para este estudo, que são os elementos geológicos, hidrográficos, de vegetação e clima, de modo geral no comportamento do meio geográfico em análise.

2.1 Geologia

O Rio Grande do Sul pode ser dividido basicamente em quatro províncias geológico-geomorfológicas distintas, sendo elas: o Escudo Sul-Rio-Grandense, a Depressão Periférica, o Planalto Meridional e a Planície Costeira. A área que compreende os municípios em estudo está situada em parte no Escudo Sul-Rio-Grandense e parte na Planície Costeira.

O Escudo Sul-Rio-Grandense na região em estudo apresenta o Complexo Gnáissico Pinheiro Machado como unidade mais antiga da área, sendo o substrato rochoso predominante nos municípios de Morro Redondo, Arroio do Padre e Pelotas. São rochas ígneas deformadas, de composição dominante granodioríticas, cinzentas, com idades de cristalização de cerca de 630 Ma, apresentando xenólitos (métricos) de rochas metamórficas relacionadas ao embasamento Pré-Cambriano. As rochas dessa unidade são intrudidas por rochas ígneas mais jovens, como o Granito Arroio Moinho (595 Ma) com predomínio de granodioritos porfiríticos cinza-esbranquiçados e trama associada a zonas de cisalhamento, e os granitóides da Suíte Intrusiva Dom Feliciano (575 Ma) com predomínio de granitóides rosados, em geral isotrópos (CONCEIÇÃO, 2007).

Na área de Planície Costeira boa parte do substrato é caracterizado por material inconsolidado, estretanto existem formações sedimentares com ocorrência de Arcózio, rocha base da formação Graxaim. São depósitos sedimentares relacionados a transgressões e regressões do nível do mar nos

últimos 400.000 anos (Quaternário), que formaram um sistema de lagunas/barreiras ao longo da costa do Rio Grande do Sul (CONCEIÇÃO, 2007). Essa planície tem predomínio espacial no município de Pelotas. Tais depósitos de sedimentos, de acordo com o referido autor, podem ser divididos em cinco principais unidades na área de estudo: I) depósitos de encosta e leques aluviais, II) depósitos lagunares (sistema II), III) depósitos lagunares (sistema III), IV) depósitos lagunares (sistema IV) e V) depósitos aluvionares. Todos esses depósitos caracterizam-se pela presença predominante de material arenoso sobre material siltico/argiloso, cores, em geral, brancas, amareladas ou avermelhadas e presença de sedimentos arredondados e bem selecionados, cujo principal mineral é o quartzo, e subordinadamente ocorrem, em geral, feldspatos, micas, argilas e óxidos (CONCEIÇÃO, 2007).

As áreas dos municípios tendo como substrato rochoso o Escudo Sul-Rio-Grandense (Planalto Sul-Rio-Grandense) foram divididas em duas unidades básicas: a) o Planalto Residual e b) o Planalto Rebaixado. Segundo Conceição, as áreas pertencentes à Planície Costeira foram individualizadas em: Planície Marinha, Planície Lagunar e Alúvio-coluvionar. Basicamente, essa subdivisão refere-se às formas na superfície originadas em ambientes distintos, respectivamente, o marinho, o lagunar e o fluvial.

O Planalto Residual corresponde aos relevos mais elevados, em torno de 400 m, que se apresentam dissecados em formas de coxilhas, com predomínio nos municípios de Arroio do Padre e Morro Redondo. Já a unidade Planaltos Rebaixado é uma superfície dissecada, posicionada em geral altimetricamente entre 40 e 200 m, que, em geral, isola os relevos elevados dos Planaltos Residuais da província da Planície Costeira é dominante nos municípios de Capão do Leão e Pelotas. Na Planície Costeira, em geral com cotas inferiores a 40m, basicamente a subdivisão refere-se às formas na superfície originadas em ambientes distintos, respectivamente, o marinho, o lagunar e o fluvial. Assim, temos o predomínio da Planície Aluvionar-coluvionar no município de Pelotas e, subordinadamente das planícies lagunar e marinha.

As altitudes da região em estudo podem ser visualizadas no mapa hipsométrico (figura 3), o qual apresenta uma imagem com a representação

das altitudes dispostas em cores, onde podem ser observadas as formas do relevo, com seus respectivos intervalos altimétricos. Podem-se observar as áreas altas e baixas, mostrando que as altitudes variam desde o nível do mar - onde existe menor quantidade de curvas de nível (figura 4), localizando-se na parte Leste da área de estudo – até as regiões da porção oeste da área de estudo, já abrangendo o Escudo Cristalino. A topografia foi constituída a partir de cartas militares de escala 1:50.000, ou seja, as curvas de nível estão dispostas de 20 em 20 metros. Evidencia-se que existem elevações da ordem de 500 metros em áreas adjacentes à de estudo, como na região entre Pelotas e Canguçu, e elevações de até 400m dentro da área de estudo. As altitudes foram agrupadas em classes com objetivo de facilitar a visualização do relevo.

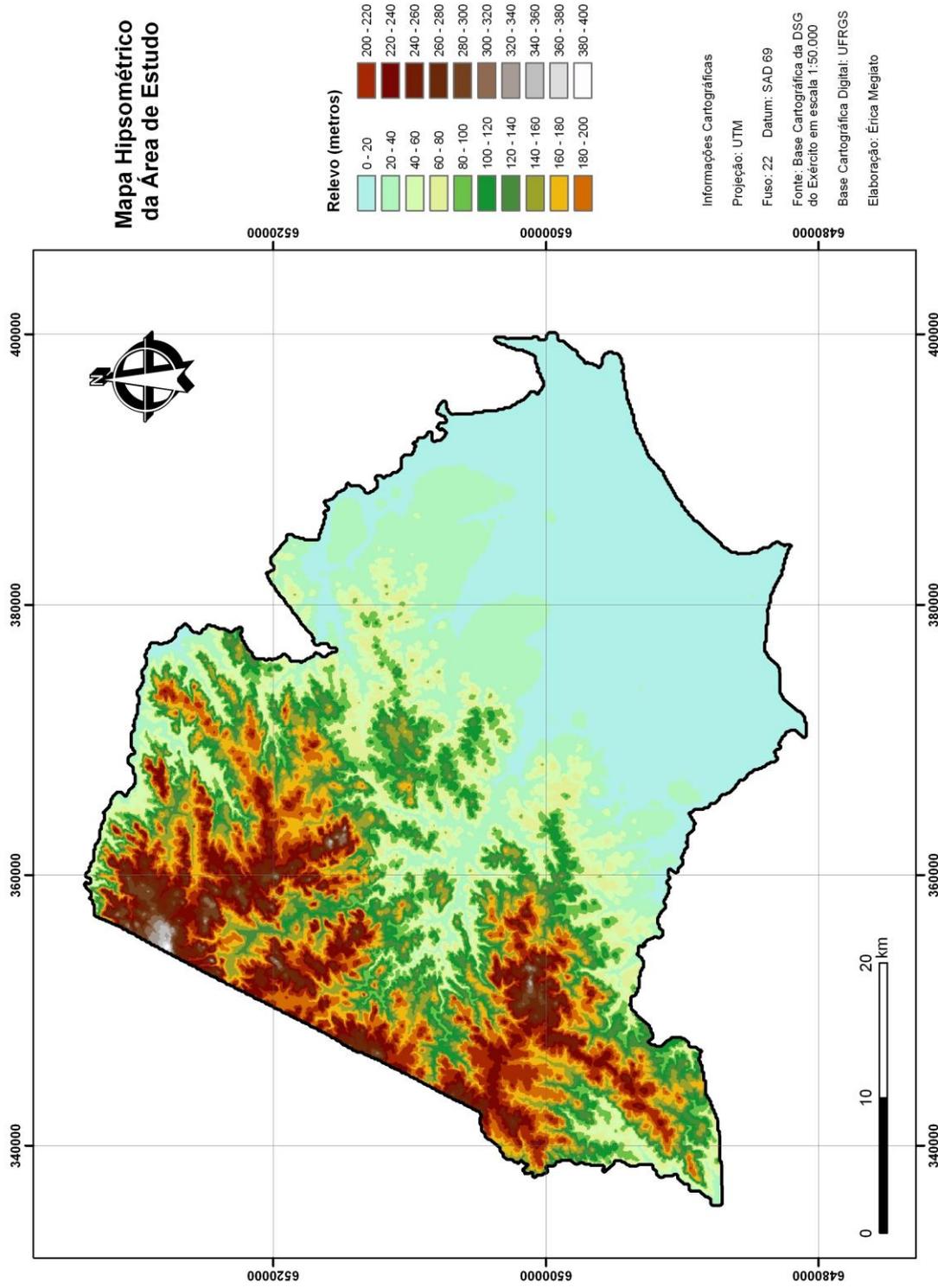


Figura 3 – Mapa Hipsométrico da Área de estudo produzido através de vetores topográficos
Organização: Megiatto, E.
Adaptado por: Anderson M. Dadalt, 05/2011.

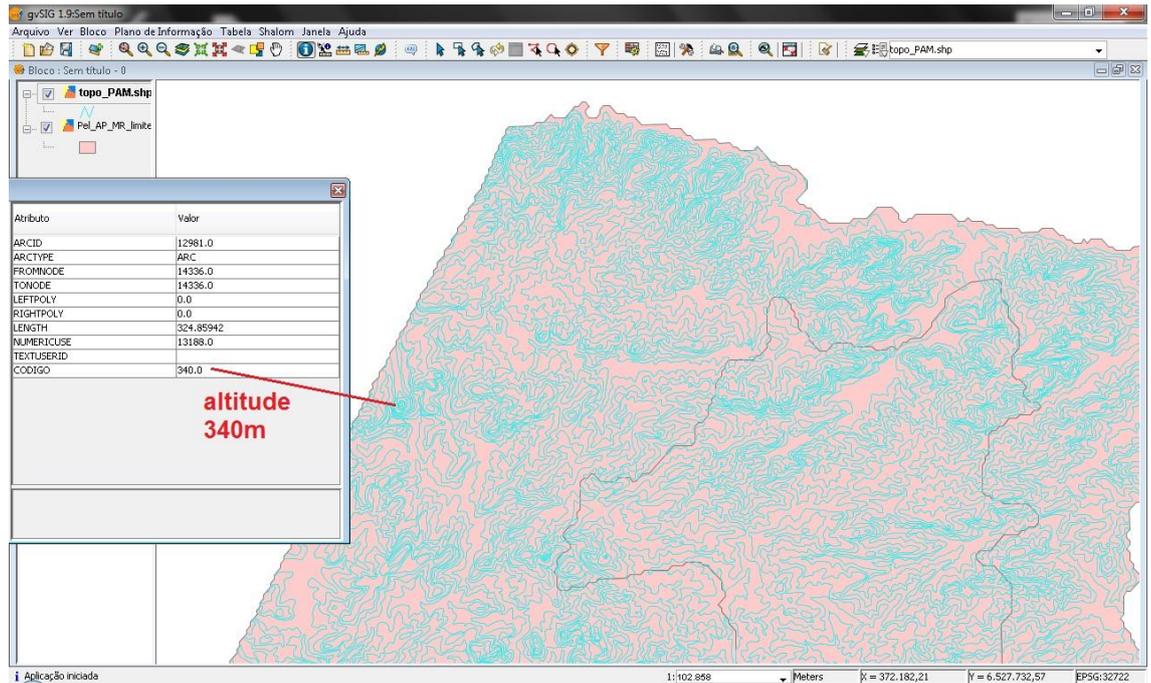


Figura 4 – Informação topográfica por meio de um Software de SIG. Informação da altitude das linhas topográficas.

Organização: Anderson M. Dadalt, 06/2010.

As maiores altitudes na área de estudo (figura 4), entre 200 e 400m encontram-se nos municípios de Morro Redondo, Arroio do Padre e região oeste de Pelotas. Elevações de ordem de 40 a 200 metros podem ser encontradas principalmente no município de Pelotas (região central do município), enquanto que as mais baixas altitudes ocorrem na região leste de Pelotas.

2.2 Vegetação

A maior parcela da área rural de Pelotas é composta por campos, com vegetação rasteira e herbácea. Pequenos bosques com árvores inseridas como eucaliptos, pinhos, ciprestes, acácias, álamos, plátanos e nativas como corticeiras, salsos e araucárias. A incidência de araucárias é maior no interior do município, onde a altitude mais elevada e a maior distância do mar (menor salinidade) favorecem a sua ocorrência, ainda que seja uma espécie ameaçada de extinção. Entretanto, nas áreas mais baixas, incluindo zonas urbanas e litorâneas, esta árvore é vista com regular frequência (Projeto RADAMBRASIL).

A vegetação campestre de Estrutura graminóide, característica das Regiões da Savana, Estepe e Savana Estépica, ocupam a maior parte do estado, aproximadamente uma área de 137.774 Km² (Projeto RADAMBRASIL, 1986), ou em termos percentuais, cerca de 50,83% do total. As florestas nativas, antes de sofrerem antropismo, resultavam em 26,62% da área, números que representam 72.165 Km²; hoje essa vegetação foi reduzida em 90% (Projeto RADAMBRASIL, 1986).

Na Planície Costeira encontramos a Região de Formações Pioneiras, enquanto no Escudo Cristalino encontramos a Região da Floresta Estacional Semidecidual, recobrimdo áreas do embasamento de granitos e gnaisses do Pré-Cambriano. (Projeto RADAMBRASIL, 1986).

2.3 Áreas de Formação Pioneira

As áreas de formação Pioneira (fig. 4) situam-se na Planície Costeira e ao longo da rede hidrográfica. Nestas áreas encontram-se espécies desde herbáceas até arbóreas, com ocorrência de variadas formas biológicas, adaptadas às diferentes condições edáficas. As formações vegetais encontradas são de influência marinha (restinga), fluvial (comunidades aluviais) e fluvio-marinha (manguezal e campos salinos). Estas áreas são caracterizadas pela ocorrência de uma vegetação típica das primeiras fases de ocupação de novos solos. Ocupam uma superfície de 26. 856 km² e estão, em quase sua totalidade, situadas no Estado do RS. Estas Formações Pioneiras não são sensíveis a grandes amplitudes térmicas, razão pela qual são encontradas esparsamente distribuídas desde a Planície Costeira, a leste, onde ocorrem temperaturas médias superiores a 15°C e a oeste, onde são inferiores a 15°C durante os meses de junho, julho e agosto. Nessas áreas encontram-se espécies desde herbáceas até arbóreas, com ocorrência de variadas formas biológicas, adaptadas às diferentes condições edáficas reinantes. Por estarem basicamente sob influência marinha ou fluvial, estas áreas estão subdivididas em duas formações: Áreas de Influência Marinha –

“Restinga”; e Áreas de Influência Fluvial – “Fluvial” (Projeto RADAMBRASIL, 1986).

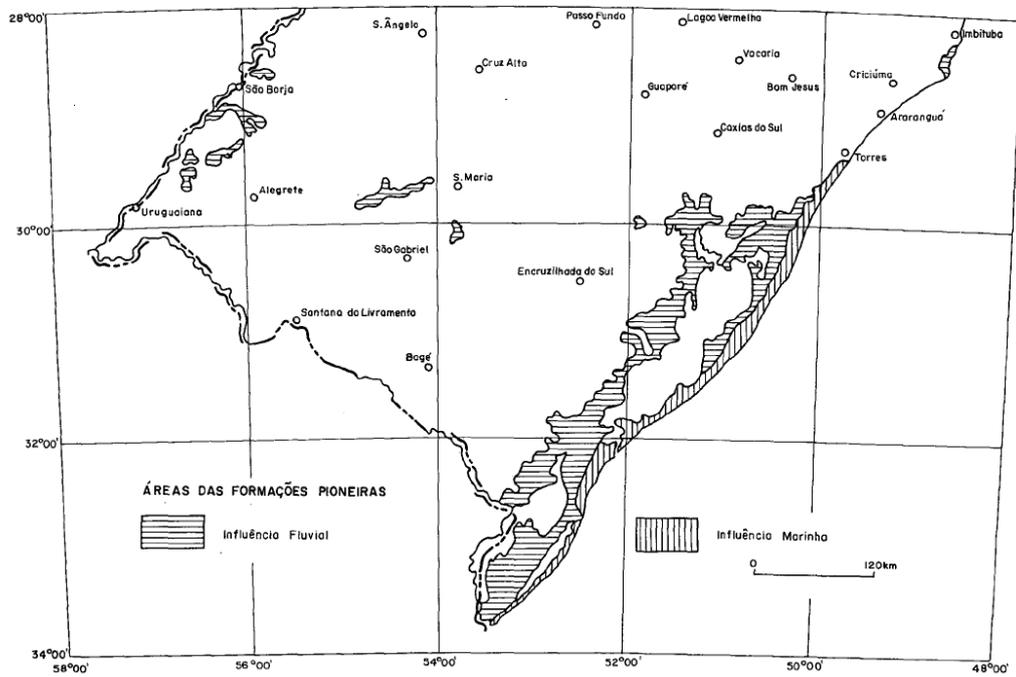


Figura 5: Mapa de localização das Áreas das Formações Pioneiras.

Fonte: PROJETO RADAMBRASIL, 1986.

Adaptado por: Anderson M. Dadalt

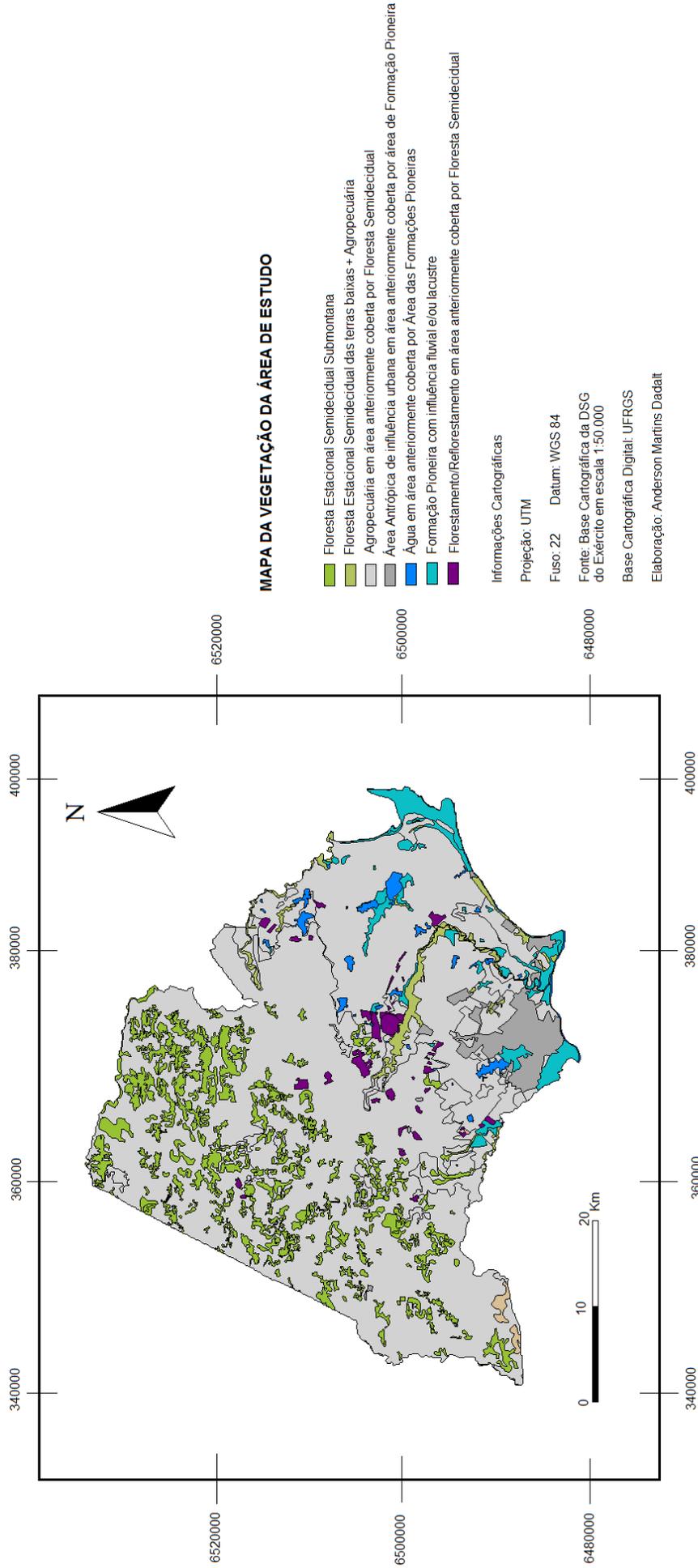


Figura 6: Mapa da vegetação da Área de Estudo.
 Organização: Anderson M. Dadalt

A vegetação de restinga ocupa uma estreita faixa de areias ao longo do litoral, com uma superfície aproximada de 4.040 km², que na costa do RS apresenta as maiores larguras, chegando até 25 km² desde a linha da praia para o interior e não incidem na área estudada. Esta vegetação recobre a maior parte dos depósitos eólicos, representados por dunas fixas ou móveis. Na faixa da praia, sob a influência da salinidade, ocorrem espécies halófitas e psamófitas, compondo uma comunidade pobre em espécies, rala e rasteira. Após a faixa da praia, à medida que se dirige para o interior, passam a ocorrer dunas móveis, com reduzidas condições de fixação às plantas, onde são encontradas, de forma extremamente escassa, espécies como “grama-branca”, “capim-das-dunas”, “espartina”, entre outras.

Junto às encostas das dunas fixas, semimóveis e próximo a locais úmidos abrigam-se dos ventos pequenos e médios capões arbustivos e arbóreos geralmente formando cordões paralelos ao litoral, e constituídos por espécies xeromorfas e higrófitas. Nos locais planos e secos ocorre uma vegetação campestre hemcriptófito, rala, formada por gramíneas e ciperáceas como “capim-membeca”, “capim-amoroso”, “plumas-brancas-do-litoral”, entre outros. Nos banhados mais ou menos extensos, dispersos na área dos campos e às margens das inúmeras lagoas aí existentes, encontram-se espécies higrófitas como “juncos”, “grama-branca”, “taboa”, “rainha-dos-lagos”. Nas áreas brejosas desenvolvem-se pequenos capões arbustivos e às vezes arbóreos, cobrindo os albardões, formados predominantemente por espécies como “vacunzeiro”, “murta”, “branquilha”, “Maria-mole”, “figueira-do-mato”, entre outras. (Projeto RADAMBRASIL, 1986).

2.4 Floresta Estacional Semidecidual

A região onde existe a Floresta Estacional Semidecidual (fig. 5), é caracterizada por duas estações climáticas bem demarcadas. Embora o clima seja ombrófilo no Rio Grande do Sul, existe uma curta época muito fria e que

ocasiona, provavelmente, a estacionalidade fisiológica da floresta. Esta região fitoecológica possui uma superfície de 9.862 km² de extensão e está situada em parte na vertente leste do Planalto Sul Rio-Grandense e em outra parte a leste da Depressão Central Gaúcha. Nestas áreas o Clima é classificado como úmido. Apresenta de 20% a 50% de árvores caducifólias no conjunto florestal em suas épocas desfavoráveis. A região apresenta-se subdividida em quatro formações, utilizando-se, basicamente, critérios altimétricos: Floresta Aluvial (ao longo dos cursos d'água); Floresta das Terras Baixas (até 30m); Floresta Sub-montana (de 30m a 400m) e Floresta Montana (de 400m a 1000m) (Projeto RADAMBRASIL, 1986).

Esta formação ocorre na forma de disjunções florestais apresentando o estrato-dominante, predominantemente caducifólio, com mais de 50% dos indivíduos despídos de folhas no período frio. Sua ocorrência é destacada na região do Alto Uruguai, ao norte do Estado, e na borda sul do Planalto, acompanhando a Serra Geral, até as proximidades do rio Itu (afluente do rio Ibicuí), fazendo limite com os campos da Campanha gaúcha.

A floresta Aluvial é uma formação ribeirinha e encontra-se nas áreas de depósitos aluvionares do Quaternário, localizadas em várzeas ao longo dos rios Camaquã, Piratini e outros, os quais drenam o Planalto Sul-Rio-Grandense para a Laguna dos Patos.

A Floresta Sub-montana é a mais extensa da região estudada e está situada em duas áreas que apresentam características distintas, inclusive com relação à composição florística. Nestas áreas de relevos ondulados variados, geralmente ocorrem solos pouco profundos com grande incidência de Litossolos. Atualmente a área apresenta-se totalmente desbravada com predomínio de cultivos agrícolas. A superfície original desta floresta era de aproximadamente 6.000 Km² de extensão, dos quais, hoje em dia restam menos de 32 km² (Projeto RADAMBRASIL, 1986).

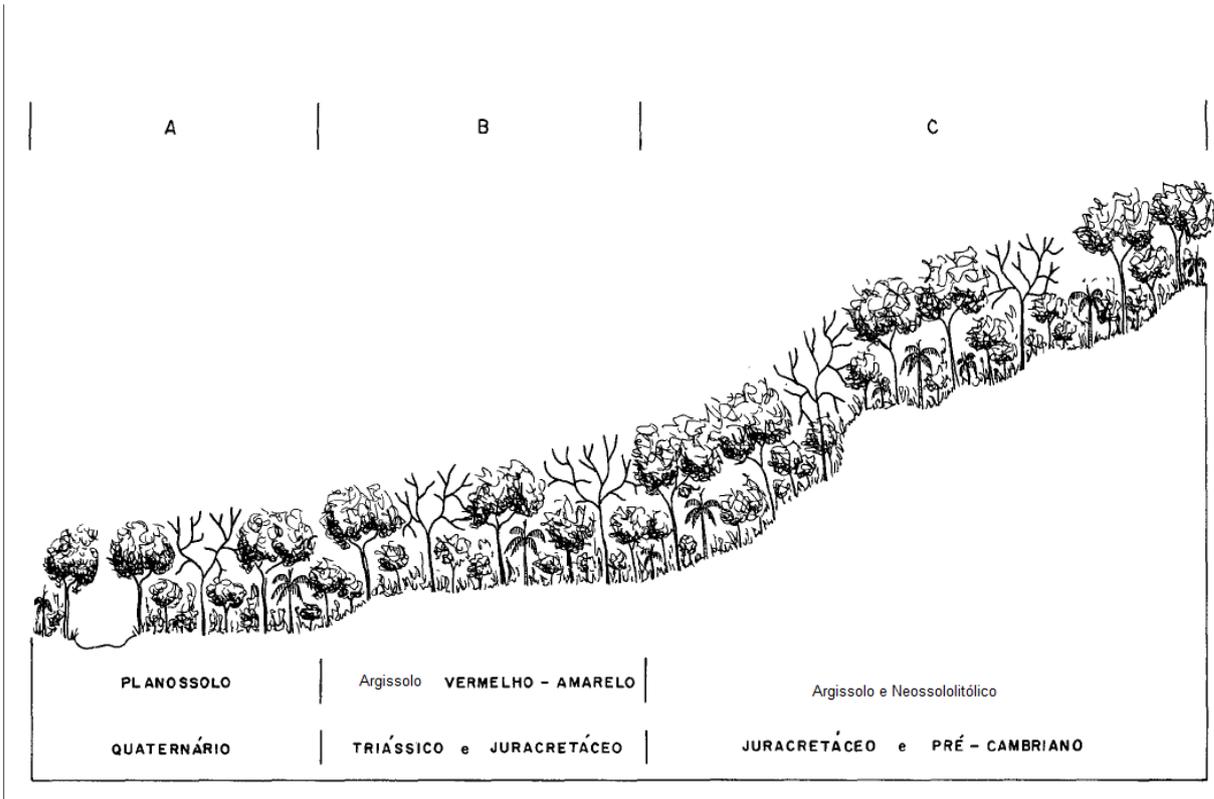


Figura 7: Perfil esquemático das áreas de Floresta Estacional Semidecidual. A - Floresta Aluvial; B - Floresta das Terras Baixas; C - Floresta Sub-montana.

Fonte: Projeto RADAMBRASIL, 1986

Adaptado por: Dadalt, Anderson 05/2011

2.5 Clima

A área estudada está inserida em uma região classificada como de Clima Temperado. Geralmente as características de regiões de clima temperado tendem possuir uma temperatura que varia regularmente ao longo do ano, com a média acima de 10° C, nos meses mais quentes e entre -3° e 18° C, nos meses frios. Possuindo quatro estações bem definidas: um verão relativamente quente, um outono com temperaturas gradativamente mais baixas com o passar dos dias, um inverno frio, e uma primavera, com temperaturas gradativamente mais altas com o passar dos dias. A umidade dependerá da localização e condições geográficas da região.

Embora o clima da região seja classificado como “Temperado”, existem

alternâncias que podem ser evidenciadas principalmente nos últimos anos. A temperatura média anual da região está representada pelo valor de 17,5°C, sendo que o máximo valor médio anual chega a 23,3°C, e a temperatura mínima média anual foram constatadas com sendo 12,5°C. O nível de precipitação também é característico da região, apresentando uma média de pluviosidade de 117 mm mensais. Uma das características da área de estudo é a umidade relativa do ar, que pode ser evidenciada com a medida de até 83% de umidade, média anual. (STEINMETZ, 2002, Laboratório de Agrometeorologia Embrapa).

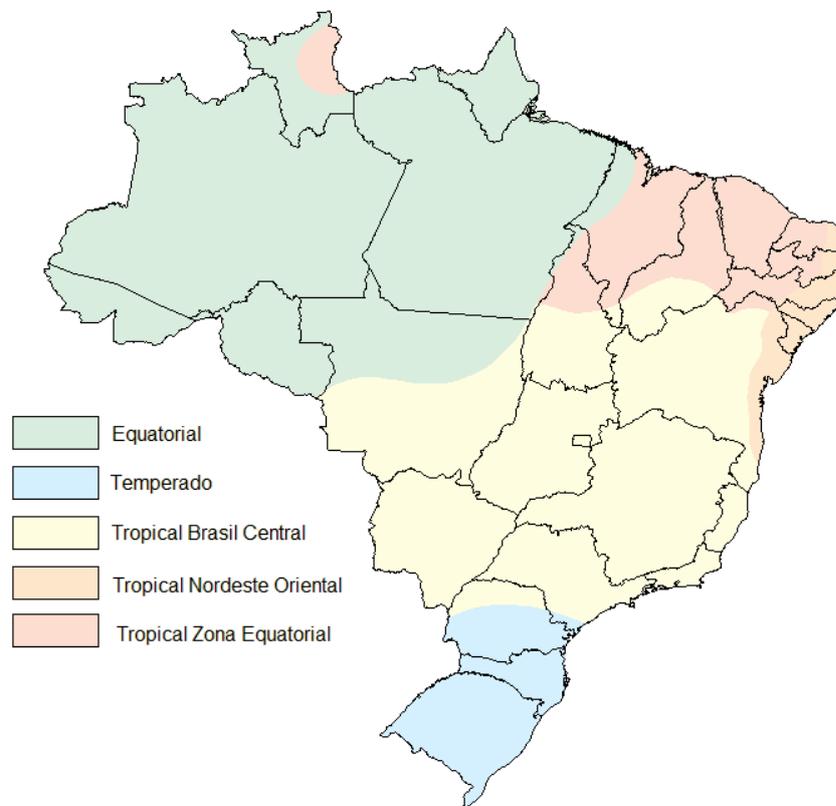


Figura 8: Mapa do Clima do Brasil
fonte: IBGE, 2007.

3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Este capítulo expõe os procedimentos utilizados nesta pesquisa, as quais tem início na classificação da ocupação territorial através de imagens de sensoriamento remoto (CROSTA, 1992). Os demais procedimentos utilizados nesta pesquisa também serão abordados no decorrer do capítulo, de maneira explicativa e gradativa conforme o andamento do texto.

3.1 Critérios de Escolha de Imagem

Primeiramente, para a realização de uma análise por sensoriamento remoto em um software, torna-se necessário saber escolher a imagem a qual irá trabalhar, seguindo alguns critérios os quais, podem variar conforme a necessidade de cada trabalho. Para esta pesquisa, os critérios seriam as datas (dando preferência para imagens captadas no verão), pois imagens captadas no verão apresentam menor índice de nuvens, principalmente para este tipo de metodologia (classificação de imagens por sensoriamento remoto). É imprescindível que não haja nuvens que coincidam sobre a área onde será realizado o estudo. Houve existência de nuvens na imagem trabalhada, entretanto, essa incidência não prejudicou a classificação porque as localizações dessas nuvens se apresentaram distantes da área pesquisada, conforme pode ser observado na figura 8.

Nuvens podem causar alguns problemas no momento em que o computador calcula o brilho de pixels, podendo confundir sua reflectância com outros tipos de terreno que também possuam alta reflectância, como por exemplo solos expostos rochosos (Neossolos). A diferenciação de uma imagem será dada pelas datas de sua coleta, sendo que, para nossa latitude, as melhores fotos corresponderão ao período denominado como verão (CHIARINI, 1973).



Figura 9: Imagem 221/82 dez 2003, apresentando incidência de nuvens, as quais localizam-se distantes da area de estudo (quadrado vermelho).
Elaborado por: Anderson M. Dadalt

3.2 Referenciamento da Imagem

Para que se possa trabalhar na imagem com o *software* escolhido, no caso deste trabalho o ER MAPPER 5.2 (licença Embrapa CPACT), é necessário que seja feita a realização do georeferenciamento da imagem. O referenciamento nada mais é do que acrescentar valores numéricos para cada pixel da imagem. Tais números representaram uma latitude e longitude correspondente do espaço verdadeiro, consistindo assim, em dar à imagem digital espacial uma representação terrestre verdadeira (Archela, 2001) definindo uma projeção de precisão cartográfica, podendo fazer localizações das entidades no espaço (casas, igrejas, cruzamentos de ruas, estradas, etc.). Este processo é fundamental para a interação de dados de diferentes origens que representam o mesmo espaço terrestre.

3.3 Tipos de Referenciamento

O referenciamento pode ser realizado por vários softwares (Eastman, 1998), de diferentes maneiras, dependendo assim da escolha do usuário. Pode-se realizar um referenciamento utilizando uma base cartográfica pré-disposta ou então fazer manualmente a referência utilizando uma carta do exército. A realização desses procedimentos foi feita com o programa ER MAPPER 5.2.

O primeiro procedimento é o mais simples, já que sendo quase automático, o usuário seleciona com o botão esquerdo do *mouse* em cima de uma área da imagem identificável, como em um vértice de estrada, por exemplo; identifica a mesma estrada na base cartográfica *Backdrop*, que é carta digital já referenciada e, com a função *add point* fixa as informações no ponto. O ideal é marcar o máximo de pontos possíveis, de preferência distribuídos pela imagem, para que a referência obtenha o mínimo de erros possível (fig. 9).

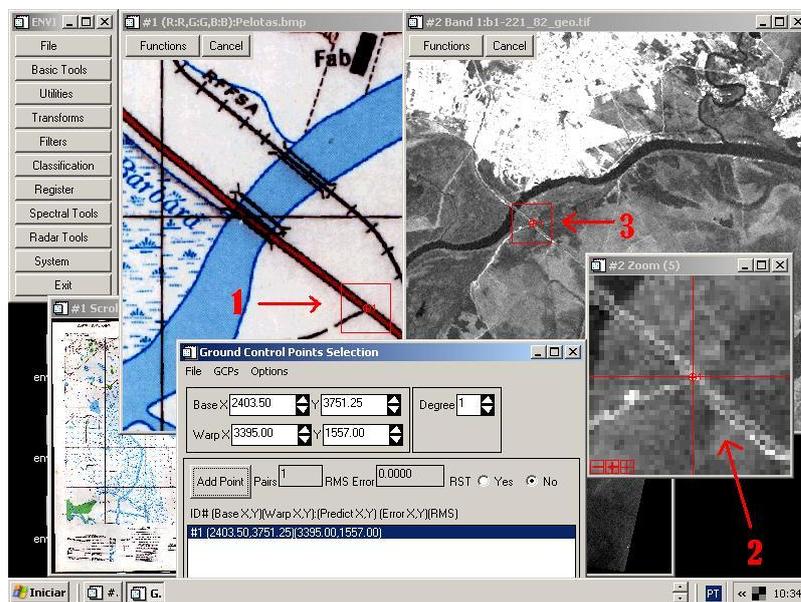


Figura 10: Exemplo *Software* ENVI 3.2. *Backdrop* (carta digital referenciada) com numeração 1 - Pelotas, área selecionada sobre a ponte para a cidade de Rio Grande. Na imagem a ser referenciada a representação é a seta número 2 e 3. Elaborado por: Anderson M. Dadalt, 11/2009.

No caso da referência manual, o procedimento assemelha-se ao primeiro, entretanto é um processo mais trabalhoso. Abre-se a imagem no software e escolhe-se a projeção, *datum* e fuso cartográfico e, com ajuda de

um escalímetro (utilizando a escala apropriada), calculam-se as latitudes e longitudes de uma carta topográfica pela grade de informações lat. Long. (latitude e longitude); sempre procurando pontos em comum entre a carta e a imagem digital.

Realizados os trabalhos de escolha de imagem e referenciamento da mesma, é possível trabalhar os dados desejados da área de estudo.

3.4 Redução de Dimensionalidade - Análise Espacial

O *software* permite fazer a análise tanto em 100% da imagem escolhida, quanto apenas em uma parcela. Existem vários *softwares* que nos possibilitam trabalhar com imagens “*raster*” (fig. 10 e 11), alguns deles possibilitam selecionar uma área retangular ou quadrada, ou a inserção de vetores (limites municipais) para o recorte da área.

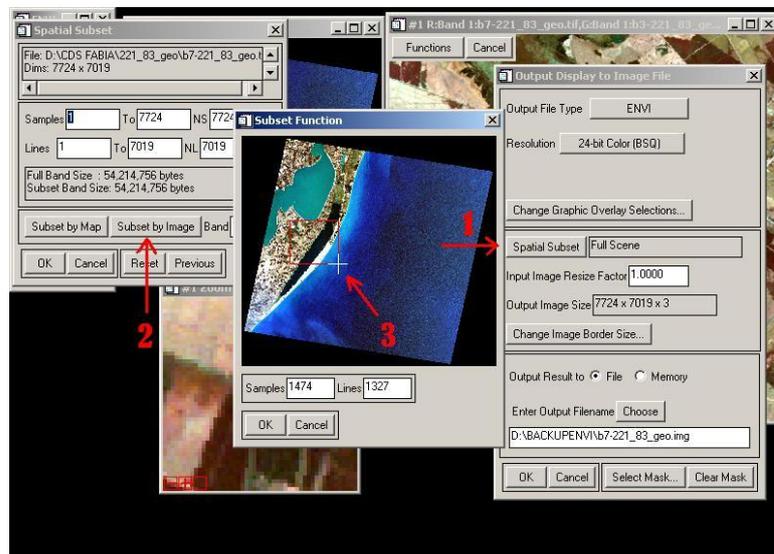


Figura 11: Software ENVI 3.2, interface do programa com uma imagem já referenciada pronta para realização de trabalhos. Faixa de imagem 221/83, bandas 7-3-1- RGB, campo do visível. Zona Agrícola. Elaborado por: Anderson M. Dadalt, 11/2009.

Clicando em um vértice da área vermelha (seta nº3 da figura nº9), pode-se redimensionar a seleção da imagem, criando outra imagem *raster* em vários formatos. A nova imagem redimensionada pelo usuário pode ou não ter

sua escala aumentada (fig. 10).



Figura 12: Imagem 221/83, bandas 7-3-1-RGB, área selecionada através do programa ENVI 3.2, utilização da função *Subset by image*.
Elaborado por: Anderson M. Dadalt, 11/2009.

Para uma análise mais adequada da área de estudo, ou seja, que se evidenciem apenas as informações que interessam, existe uma função que promove um recorte da área em estudo, isolando as informações que interessam ao usuário – esse procedimento chama-se Redução de Dimensionalidade, reduzindo assim o tamanho do arquivo e, conseqüentemente, o tempo de processamento computacional. Para que isso seja possível, é necessário o apoio de uma base cartográfica com os limites municipais (vetores).

Os vetores são entidades em forma de linhas, pontos, polígonos e textos, sendo a principal forma de dado espacial dentro de um sistema de informação geográfica, muito utilizados para trabalho integrado com banco de dados alfanuméricos e para processos espaciais.

Vetorial: Os mapas são abstrações gráficas nas quais linhas, sombras e símbolos são usados para representar as localizações de objetos do mundo real. Tecnicamente falando, os mapas são compostos de pontos, linhas e polígonos. Internamente, um SIG representa os pontos, linhas e áreas como conjunto e pares de coordenadas (X,Y) ou (longitude, Latitude). Os pontos são representados por apenas um par. Linhas e áreas são representadas por seqüências de pares de coordenadas, sendo que nas áreas o último par coincide exatamente com primeiro (EASTMAM, 1998).

Desta forma, são armazenadas e representadas no SIG as entidades do mundo real que são representáveis graficamente, no modelo vetorial. Esta forma de representação é também utilizada por softwares CAD e outros. No entanto, o SIG precisa ser capaz de extrair mais resultados destas informações. Deve ser capaz, por exemplo, de determinar se a edificação está totalmente contida no lote e de indicar qual é o lote que contém registro de água. De acordo com Rocha (2000) “os SIGs contam com um conjunto que lhes permitem analisar topologicamente as entidades espaciais”.

Antes de fazer um recorte da área de estudo dentro da imagem é recomendado fazer a classificação, entretanto, em alguns casos o melhor é fazer a redução dimensional preteritamente, para que “*a posteriori*” seja feito o recorte (caso deste trabalho) (INPE, 2007).

3.5 Propriedades de Comportamento Espectral dos Objetos Terrestres

Segundo Alves (2001), durante a classificação de dados digitais, os alvos do universo real recebem a denominação genérica de classes ou classes temáticas. Em outras palavras, na classificação procura-se rotular cada “pixel” da imagem segundo a ocupação do solo, semelhante o que faz na abordagem visual. Para tal utilizam-se programas apropriados, também denominados algoritmos de classificação ou simplesmente classificadores. A categorização dos valores dos níveis de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos de reconhecimento de padrões espectrais. Dependendo do algoritmo utilizado, neste procedimento, a classificação é dita supervisionada,

ou não-supervisionada. O procedimento de classificação envolve duas fases distintas, ou seja, o treinamento e a classificação propriamente dita (DISPERATI, 2003). A escolha das bandas na composição da imagem será de fundamental importância para a coleta de informações desejadas.

Tanto a água quanto a vegetação (KRONKA, 2005), tem um comportamento peculiar e estritamente diferenciado em relação a sua reflectância. A radiação que chega à superfície da Terra ao atingir a planta resulta em três frações: primeiramente 50% desta radiação é absorvida por pigmentos contidos na folha. Parte da radiação é refletida, denominando-se como fenômeno de Reflexão e finalmente ocorre o processo de Transmissão. As variâncias entre quantidades de energia absorvida, refletida ou transmitida diferem entre espécies. A grande importância neste processo de interação de radiação solar com a planta encontra-se na Reflexão, pois quantificando o nível da mesma podem-se extrair informações importantes das condições fitossanitárias de determinadas culturas (JACQUES, 2005).

No ambiente terrestre, a água pode ser encontrada em três estados físicos: Sólido, líquido e gasoso. Em cada um desses estados físicos, a absorção da radiação eletromagnética ocorre de maneiras diversas. A água líquida absorve toda a radiação eletromagnética abaixo de 380 nm e 700 nm, possuindo um reflectância igual a zero, ou seja, a absorção é total. Podemos encontrar interações entre água líquida e vegetação, nas folhas verdes a água contida nas células e nos espaços intracelulares apresenta picos de absorção em 1300, 1750 e 2100 nm. Sendo então o comportamento da água no interior das plantas semelhante à absorção de energia pela água nas formas sólidas e gasosas (LOCH, 2001). Em sua forma gasosa a água apresenta reflectância de 70% para radiações eletromagnéticas do espectro óptico (400 a 2500 nm). Desnecessário será abordar a água em estado sólido, pois a área em estudo não possui condições climáticas para formação de gelo ou neve.

3.6 Plataforma Orbital - Satélite

A idéia de desenvolver um sistema sensor, para registrar a radiação refletida e/ou emitida pelos alvos da superfície terrestre, a partir de plataformas orbitais (satélites), surgiu após a análise das primeiras fotografias tiradas da Terra, durante os programas *Mercury* e *Gemini* (duas das primeiras naves lançadas ao espaço). Para tanto, esses sistemas sensores deveriam ser capazes de produzir imagens instantâneas do terreno, desta maneira foi concebido o *RBV* (*Return Beam Vidicon*), semelhante a uma câmera de televisão que permitia o registro instantâneo de certa área do terreno. Após a concepção do *RBV*, muitos outros sistemas de sensores orbitais foram desenvolvidos, para fins de coleta de informações de recursos naturais. O sistema *MSS* foi concebido na mesma época do desenvolvimento do sistema *RBV*. O *RBV* e o *MSS* foram os primeiros sensores a serem colocados em órbita, no ano de 1972, com o objetivo de coletar dados sobre recursos naturais e renováveis e não-renováveis da superfície terrestre. Ao contrário do *RBV*, que fez parte apenas nos três primeiros satélites *Landsat*, o sistema *MSS* foi e ainda é um dos sensores continuíntes da carga útil de todos os satélites da série lançados até o momento (*Landsat* 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

A partir do ano de 1984, a *NASA* colocou em órbita o sensor *TM* (*Thematic Mapper*) com as mesmas características do *MSS*, porém com uma série de melhorias no que diz respeito às resoluções: Espectral, espacial, temporal e radiométrica.

O *AVHRR* faz parte dos satélites da série *NOAA* (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Possui uma resolução espacial nominal de 1,1 km x 1,1 km no nadir e 2,700 km x 6,9 km nos extremos de linha de varredura. Possuindo a vantagem da alta frequência de obtenção de imagens de um mesmo ponto da superfície terrestre.

O imageador *HRV* foi colocado em órbita em fevereiro do ano de 1986, a bordo do satélite francês *SPOT* (*Système Probatoire de Observation de la Terre*). Possui a propriedade de coletar imagens fora da posição perpendicular à linha de deslocamento do satélite, isso aumenta a resolução

temporal (tempo que o satélite gasta para passar novamente sobre uma mesma área) do sistema sobre uma área de interesse que deseje imagear.

A plataforma Orbital *Landsat* TM7, possui sete bandas espectrais, sendo que as três primeiras localizadas na faixa do visível e as demais na porção do infravermelho.

Tabela 1: Bandas espectrais do sensor *TM* (*Thematic Mapper*) do satélite *Landsat*. Fonte: Zampieri, 2000. Adaptado por: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Bandas	Faixa espectral (nm)	Cor	Principais Aplicações
1	0,45 - 0,52	azul	Mapeamento da Água, diferenciação entre solo e vegetação
2	0,52 - 0,60	verde	Estudo da Vegetação
3	0,63 - 0,68	vermelho	Separar Vegetação x Terras limpas
4	0,76 - 0,90	Infravermelho próximo	Estudo de Biomassa e corpos d'água
5	1,55 - 1,75	Infravermelho médio	Nível de umidade da vegetação
6	10,4 - 12,5	Infravermelho termal	Análise de stress vegetal
7	2,08 - 2,35	Infravermelho médio	Mapeamento de formações rochosas

O tratamento de imagens pode ser entendido como a rotulação (identificação) automática de todos os pixels, contidos numa determinada cena, em classes temáticas, segundo a ocupação do solo. As técnicas computacionais tentam simular a capacidade do sistema visual humano em reconhecer padrões espectrais nos dados remotamente sensoriados. A grande vantagem do uso do computador no reconhecimento de padrões, em relação à interpretação visual, reside no fato de que eles são capazes de processarem um grande volume de informações presentes na imagem, tarefa esta limitada ao ser humano (MOREIRA, 2001).

3.7. Processo de Classificação de Imagem

O processo de classificação de imagens dá-se como a extração de informações em imagens para reconhecer padrões e/ou objetos de considerável homogeneidade, podendo assim ser utilizados pelas técnicas de sensoriamento remoto para mapear áreas de interesse.

A informação espectral de uma determinada cena pode ser representada por uma imagem espectral, na qual cada um dos "pixels" tem coordenadas espaciais x , y (lat. Long.) e uma espectral L , que representa a radiância do alvo em todas as bandas espectrais. Isso evidencia que para cada uma das imagens de "N" bandas, existem "N" níveis de cinza associados para cada um dos "pixels", ou seja, atributos espectrais (MOREIRA, 2001).

A classificação pode ser dividida em "pixel a pixel" e "classificadores por regiões". No caso as primeiras utilizam apenas a informação espectral de cada pixel para achar regiões homogêneas. Tais classificadores podem ser separados em métodos estatísticos (utilizam regras da teoria de probabilidade) e determinísticos (não utilizam probabilidade). Já os classificadores por regiões utilizam, além de informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos (ROCHA, 2000). Procuram simular o comportamento de um foto-intérprete, reconhecendo áreas homogêneas de imagens, baseados nas propriedades espectrais e espaciais de imagens. A informação de borda é utilizada inicialmente para separar regiões e as propriedades espaciais e espectrais irão unir áreas com mesma textura (MOREIRA, 2001).

A classificação digital resultará em várias classes espectrais (áreas que possuem características espectrais semelhantes), uma vez que um alvo dificilmente é caracterizado por uma única assinatura espectral. As técnicas de classificação aplicadas apenas a um canal espectral (uma banda da imagem) são conhecidas como classificações unidimensionais. A classificação multiespectral se dá quando o critério de decisão depende da distribuição de níveis de cinza em vários canais espectrais.

Neste trabalho utilizaremos as técnicas em que algoritmos são utilizados para reconhecer as classes presentes na imagem, sendo assim classificado como não-supervisionado. Os *pixels* dentro de uma área de treinamento são submetidos a um algoritmo de agrupamento (*clustering*) que determina o agrupamento do dado, numa feição espacial de dimensão igual ao número de bandas presentes. Este algoritmo assume que cada grupo (*cluster*) representa a distribuição de probabilidade de uma classe.

3.8 Classificação da Ocupação Territorial dos Municípios

Para realizar a classificação da imagem 221/82, onde se localiza a área de estudo, com software ER MAPPER 5.2, utiliza-se do comando *Common Functions*, para que se selecione a imagem de satélite e que se possam trabalhar as bandas desejadas (fig. 13).

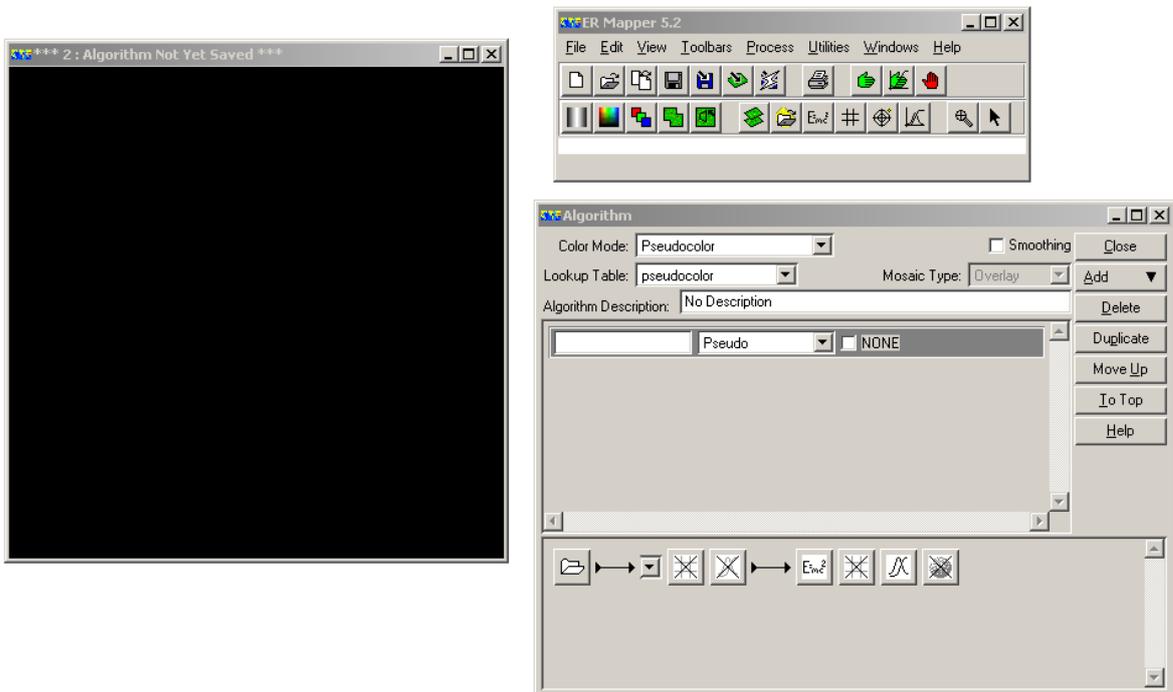


Figura 13: Interface do software ER MAPPER 5.2 depois de selecionada a função *Common Functions*.

Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Busca-se o caminho da imagem desejada na função *open*, dá-se o caminho através da janela *Raster Dataset* selecionando o volume a qual quer buscar a imagem. Com a imagem na tela é necessário fazer a composição desejada para o trabalho. Neste caso foram usadas as bandas 543-RGB, uma composição clássica, sendo que a vegetação (B4 – banda 4) aparece em verde, os solos são representados pela cor vermelha (B5) e a água pela tonalidade azul (B3). As composições concebidas com tais configurações representam uma imagem muito semelhante à tonalidade do “real”, mas é considerada falsa cor, devido ao tom mais esverdeado da vegetação. Para que se escolham as bandas, altera-se o *combo* (janela de opções) da função *Color Mode*, passando da função *Pseudocolor* para a função *red, green & blue*. Duplicam-se os *combos* das cenas abaixo e seleciona-se a sua banda correspondente, como pode ser observado na figura 14.

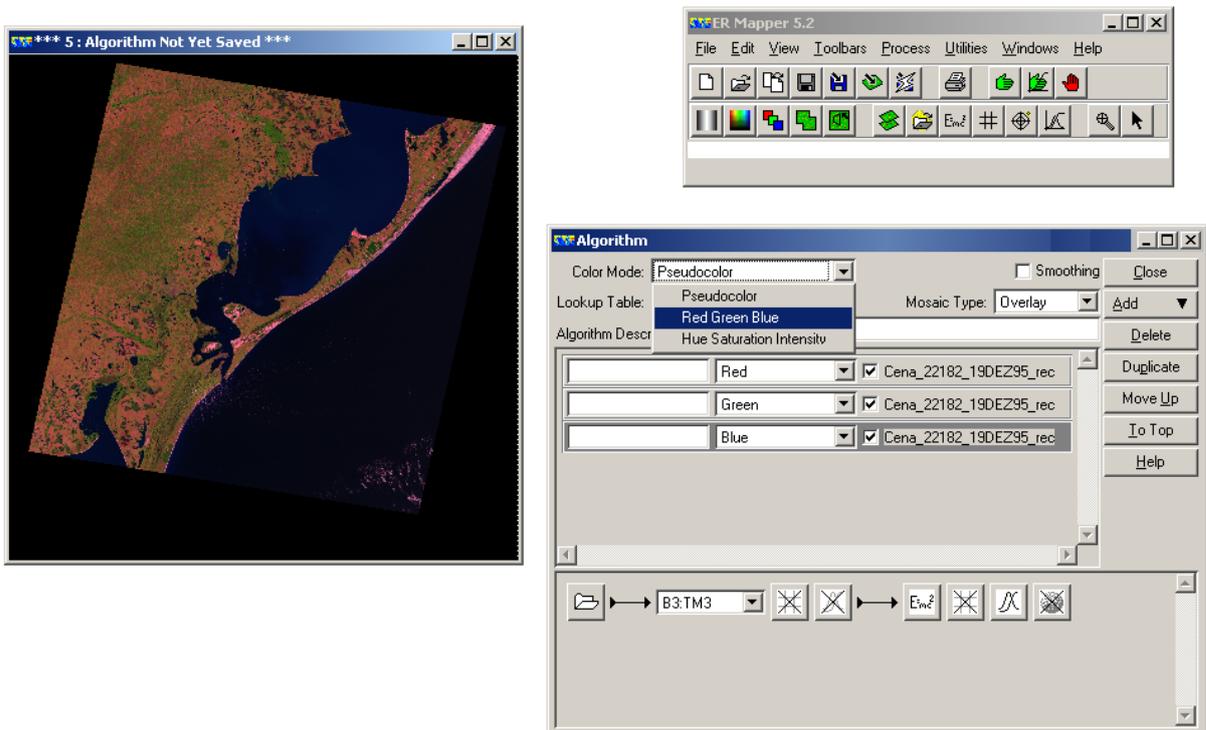


Figura 14: Procedimento de mudanças e escolha de bandas.
Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Em virtude da coloração da composição, a qual não é ideal aplica-se o procedimento de equalização, efetivado pela função “Process Diagram”. Com a equalização efetivada, é notória a diferença entre a primeira composição e a segunda, conforme mostra a figura 15.



Figura 15: Função *Process Diagram* e ao lado nova composição pós-equalização.
Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

O passo seguinte é inserir o *layer* (INPE, 2005), dos limites municipais na imagem e fazer o recorte da área em estudo. Essa ação foi executada pela função *Annotation/map Composition*. Novamente se dá o caminho de onde encontra-se a base cartográfica em forma de vetorial, escolhe-se o arquivo e insere-o na imagem (Figura.16).



Figura 16: Vetorial dos municípios de Morro Redondo, Pelotas e Arroio do Padre, unidos e inseridos na imagem 221/82.
Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Na função *Edit Create Regions*, na figura 17, salva-se a imagem *raster* juntamente com o vetor, para que assim possamos futuramente fazer o recorte. Posteriormente selecionamos o Vetor, o qual ficará com vários nós azuis (pontos azuis) e selecionamos a opção *Save as Anotation File*; onde aparecerá outra *interface* do programa mostrando várias opções de formatos para salvar o arquivo. Selecionamos *Raster Region*, nomeamos o arquivo e direcionamos a pasta onde será salvo. Finalizada esta parte, prossegue-se para a função *Edit Formula*. Onde se encontra inscrito *Input 1*, escreve-se uma fórmula da seguinte maneira: *IF INREGION (R1) THEN 11 ELSE NULL*. Essa é a maneira de estabelecer uma “máscara” da área de estudo (MOREIRA, 2001); a fórmula nada mais é do que uma linguagem ordinária utilizada pelo usuário, indicando para o computador que tudo que está dentro do “vetor” ou “região” será válido e o que estiver fora será nulo. Assim após dar “OK” o computador realiza os cálculos e a máscara é criada.

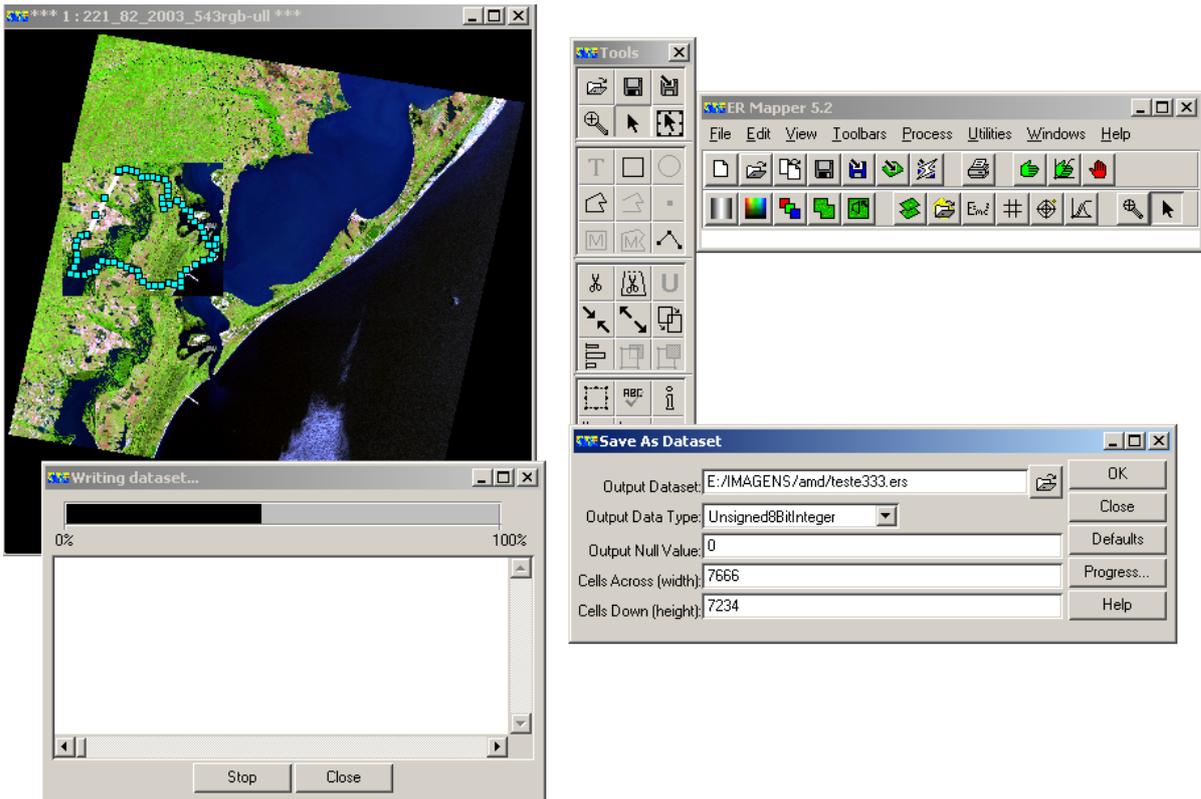


Figura 17: Seleção de região efetuada pela função Edit Create Regions.
Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Realizado o procedimento de criação de máscara o passo seguinte é fazer a classificação da imagem pela função *ISOCCLASS Unsupervised Classification*. Insere-se o arquivo desejado o qual se deseja classificar, escolhe-se o destino do mesmo e o número máximo de interações, neste caso “100” e o número máximo de classes “30 neste caso” (Figura 18).

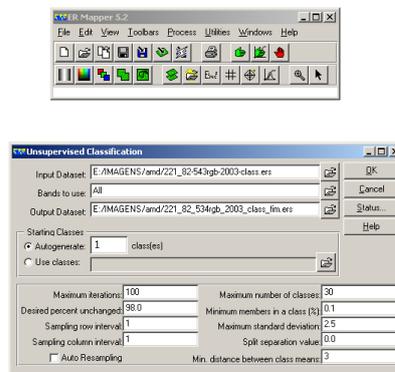


Figura 18: Função Unsupervised Classification.
Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Quando terminado o cálculo computacional, a imagem apresentada pelo computador é em tons de cinza e o usuário precisa comparar a imagem original com a nova utilizando-se por duas janelas. Pela comparação o usuário pode realizar a classificação inserindo cores e classes pela função *edit class/region color and name* (Figura 19).

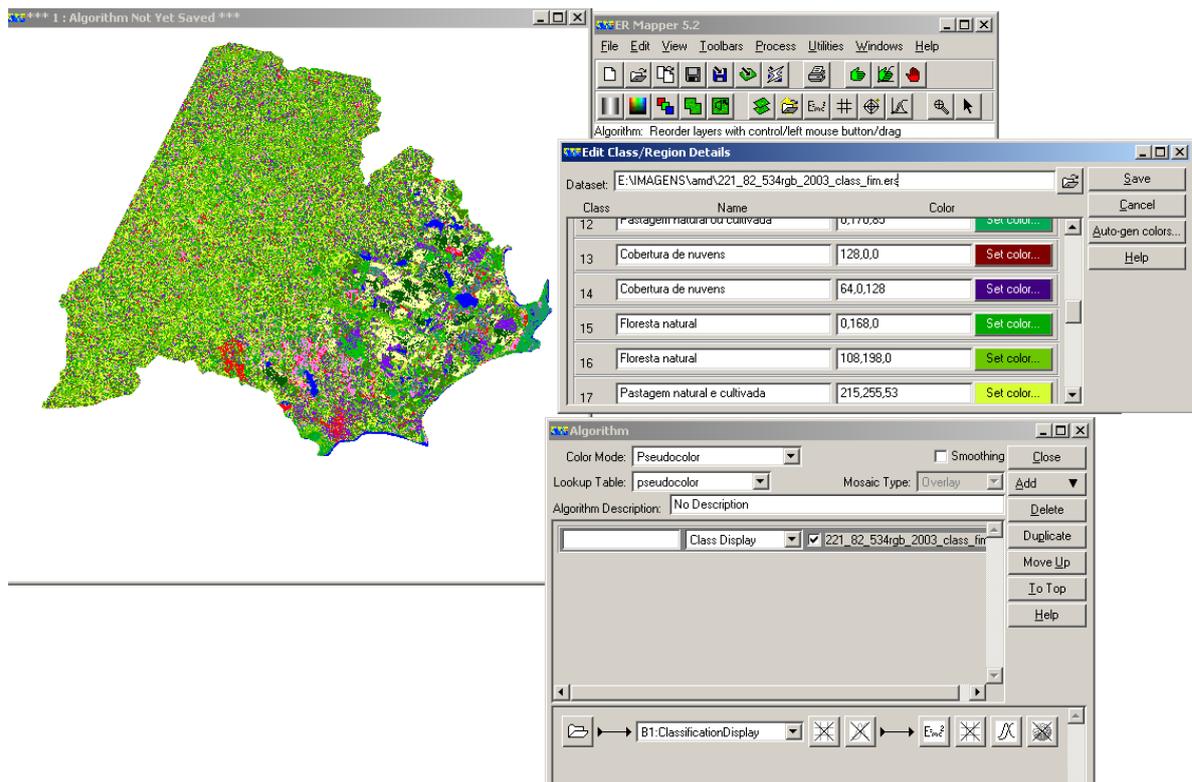


Figura 19: Edição da classificação.
Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Conforme o usuário a imagem e, dependendo da perícia do mesmo, a classificação vai afinando (melhorando os dados) cada vez mais, principalmente se essa classificação puder ser supervisionada, qual não é o caso, pois demanda muito tempo e recursos (PISSARA, 2005).

Depois de realizada a edição de classificação, é necessário quantificar as áreas das classes do trabalho (PONTES, 2005). Para este procedimento utilizamos a ferramenta *Calculate statistics*. Esta ferramenta nos possibilitará quantificar as classes tanto em quilômetros quadrados quanto em hectares.

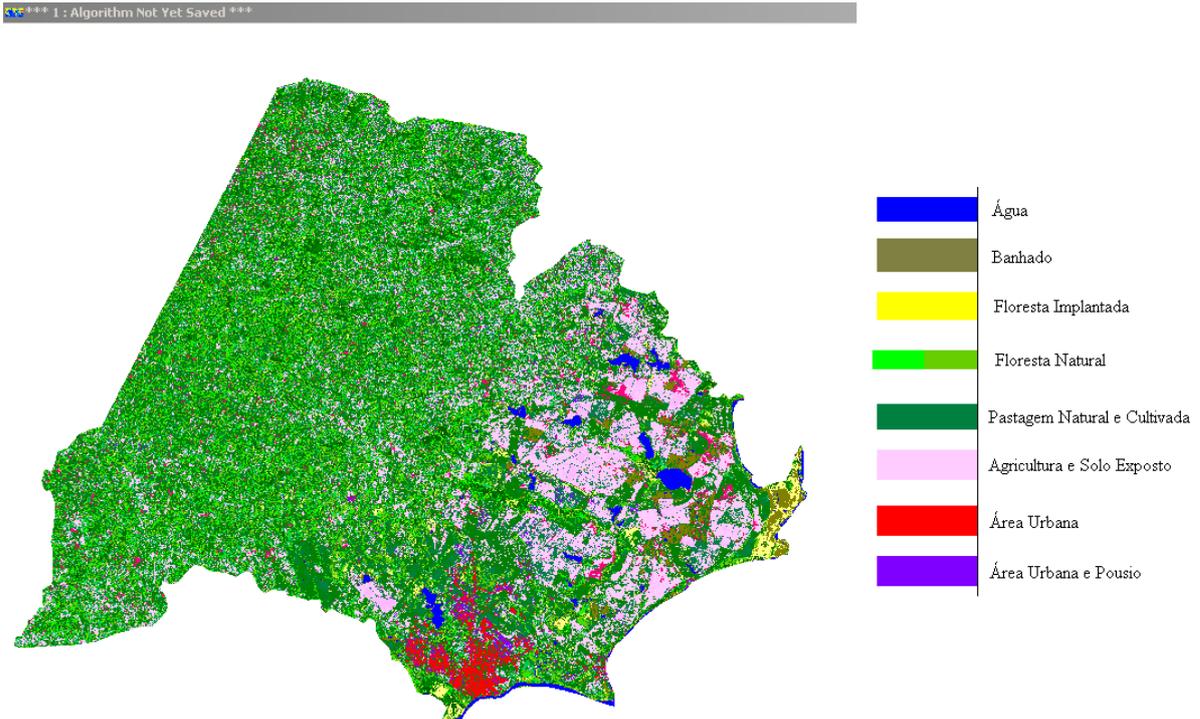


Figura 20: Classificação da Imagem Landsat TM7 ano 2003, com os limites interseccionados de Pelotas, Morro Redondo e Arroio do Padre, formando uma única área de estudo e pronto para o cálculo de suas áreas.
Organização: Anderson M. Dadalt, 08/2010.

Foram geradas três classificações, que correspondem às imagens Landsat TM7 ano 2000, Landsat TM7 ano 2003 e Landsat TM5 ano 2007. A ordem destas classificações não segue expressamente o ano correspondente, ou a ordem cronológica, por exemplo: Classificação Landsat ano 2000, classificação Landsat 2003 e Landsat 2007. A primeira classificação realizada foi a da imagem Landsat TM5 2003.

Na primeira imagem classificada, do ano de 2003, o vetor construído a partir da ferramenta *Poly Line*, acabou gerando um pequeno erro na área do município de Pelotas. Este erro acabou aumentando em alguns km² de água e também de área da região em estudo. O erro de aumento se deu em decorrência da escala utilizada para re-vetorização do limite, pós-inserido na imagem. Um procedimento comum para que o vetor possua os limites

externos corretos, mas que não apareçam os limites internos, inapropriados para o decorrente trabalho.

Já a classificação das imagens Landsat TM5 2007 e Landsat TM5 2000, não possuem o erro detectado na primeira classificação. Tomou-se o cuidado de afinar a vetorização deixando o vetor o mais correto possível, através de uma grande escala (fig. 21).



Figura 21: Imagem do vetor “afinado” em alta escala, proporcionando maior precisão. Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Com a vetorização ajustada, a segunda classificação (Landsat TM5 2007) mostrou-se de forma muito interessante quanto às classes apresentadas. Para as cores das classes, deu-se preferência para tons impactantes para solos expostos ou pousios, como o rosa claro. Para Floresta Implantada como Eucaliptos e Pinos, procurou-se apresentar com cores primárias e vivas para grande destaque – utilizou-se logo o amarelo. Pastagem natural ou cultivada, banhado e floresta natural foram utilizadas cores ocre com tons de verde. Agricultura foi representada com a cor laranja para destaque na imagem. Enfim a água foi destacada com o azul e a área urbana com a cor roxa (Figura 22).

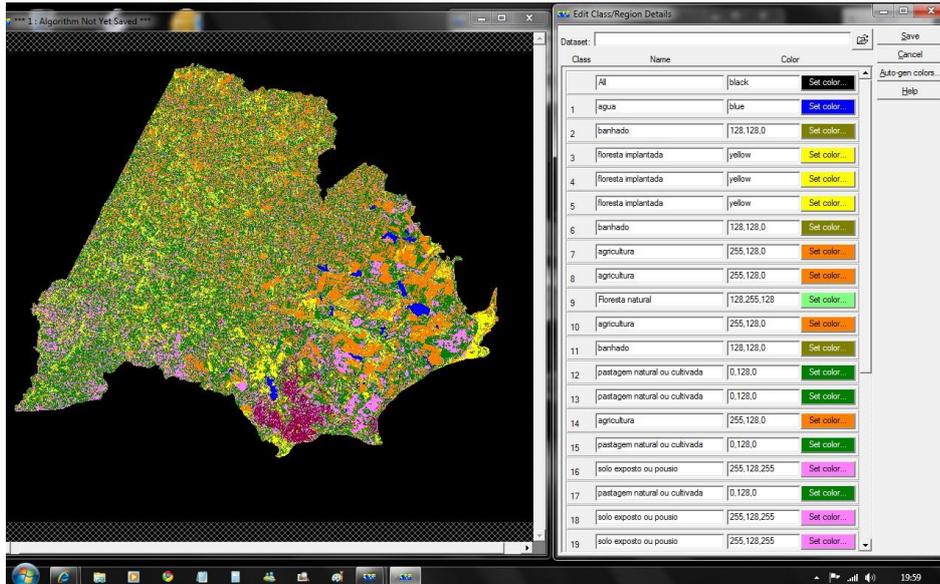


Figura 22: Segunda classificação, imagem Landsat TM5 ano 2007.
Organização: Anderson M. Dadalt, 05/2010.

Destacam-se diferenças entre uma classificação e outra (relação entre primeira e segunda classificação), principalmente pela escolha das cores das classes, diferentes para cada classe correspondente (Figura 22). Seria melhor ter utilizado um padrão para as cores da classificação, entretanto isso não seria possível, já que a primeira classificação foi realizada em período anterior considerável, e não houve uma preocupação com relação a essa questão. Entretanto, a segunda e a terceira classificações possuirão um padrão na escolha das cores de classes. Contudo alguns pontos em comum podem ser identificados nas imagens como, por exemplo, as áreas de água e mancha urbana (CARNEIRO, 1981).

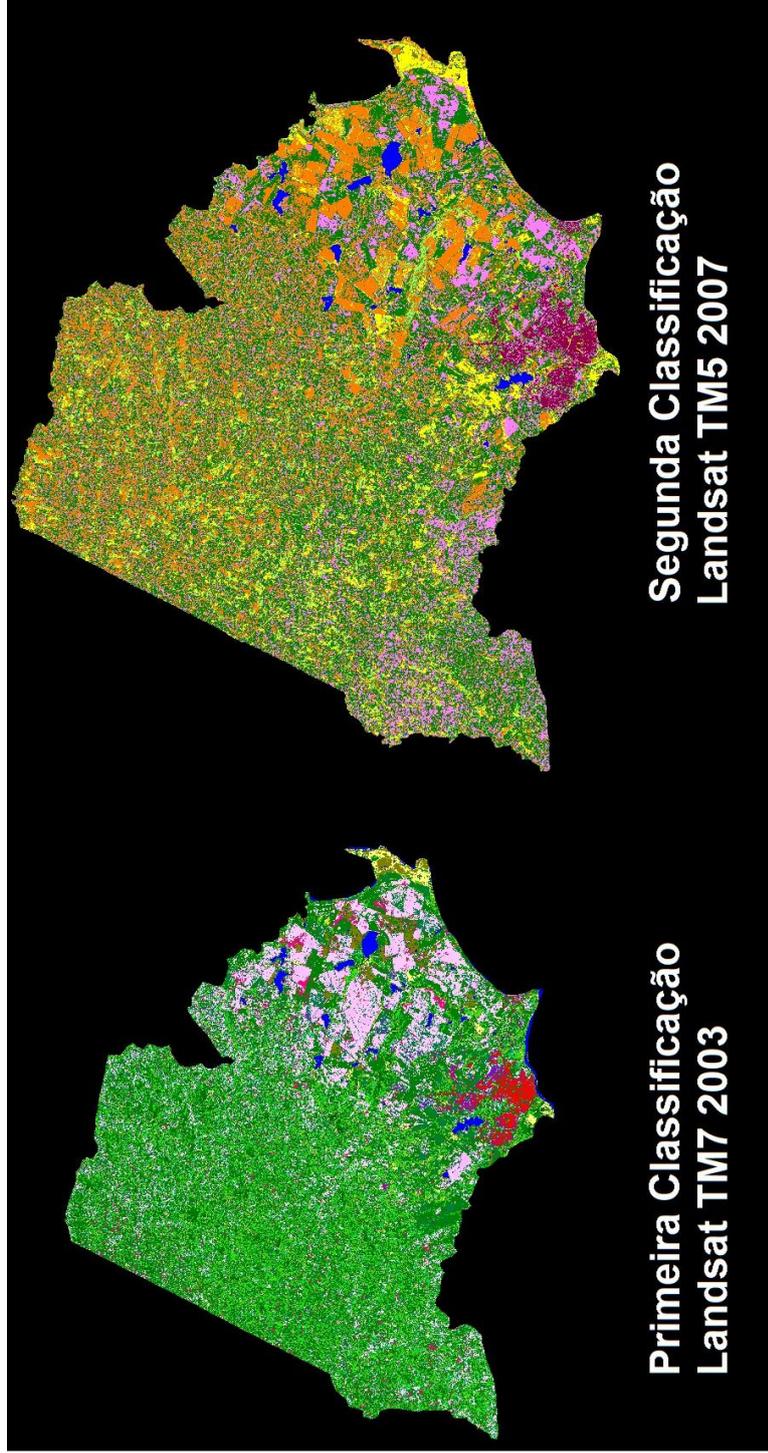


Figura 23: Classificações elaboradas no período 2003 e 2007.
Organização: Anderson M. Dalt, 05/2010.

3.9. Resultados Parciais

O processo de classificação descrito acima gerou uma tabela informativa (Tabela 2), qual quantifica as áreas das classes segundo a função *Calculate statistics*. Existe uma repetição de classes, qual é compreendida pelas tênues diferenças de tonalidades entre as classes na classificação. O Usuário deve somar as classes correspondentes para encontrar a quantificação desejada. Visualizamos abaixo (Tab. 2 - abaixo), os dados referentes à primeira classificação (Landsat TM5 ano 2003). O Mesmo procedimento foi realizado com todas as classificações.

Tabela 2: Resultado da Classificação da área estudada.

Classes	Hec	km²	Acre s	Milh as	Km²
Agricultura e Solo Exposto	8.789. 130	87891	-----	33.935	88
Agricultura e Solo Exposto	9.704. 700	97047	-----	37.470	97
Agricultura e Solo Exposto	3.902. 130	39021	9.642. 374	15.066	39
Agricultura e Solo Exposto	4.424. 310	44243	-----	17.082	44
Agricultura e Solo Exposto	3.851. 640	38516	9.517. 610	14.871	39
Agricultura e Solo Exposto	3.125. 250	31252	7.722. 662	12.067	31
Agricultura e Solo Exposto	2.512. 710	25127	6.209. 042	9.702	25
Agricultura e Solo Exposto	1.681. 830	16818	4.155. 893	6.494	17
Água	2.430. 630	24.30 6	6.006. 218	9.385	24
Área urbana	2.726. 550	27265	6.737. 452	10.527	27

Segundo a tabela 2, os registros quantitativos de área de cada classe em km² foram somados para que resultassem em um valor total, facilitando assim a comparação com trabalhos já realizados preteritamente. A porcentagem das áreas também foi acrescentada para uma melhor visualização de contraste (Tab. 3). Os dados foram comparados com um trabalho de ocupação das terras e banco de dados geográficos ALBA (et. al., 2001).

Tabela 3: Resultados da soma de km² e porcentagem das áreas das classes.

Classes	km ² /2003	%/2003
Pastagem Natural e Cultivada	856	45,2
Agricultura e Solo Exposto	380	20,1
Água	24	1,3
Área urbana ou Solo Exposto	45	2,4
Banhado	33	1,7
Floresta Implantada	33	1,8
Floresta Natural	520	27,5
Total	1891	100%

Organização: Anderson M. Dadalt, 07/2010.

Os dados da segunda classificação referentes à imagem Landsat TM5 ano 2007, foram gerados e dispostos da seguinte maneira (Tabela 4):

Tabela 4: Dados quantificados da imagem Landsat TM5 – 2007 (números percentuais com desvio para mais, devido o arredondamento).

CLASSES	Hectares/2007	Km ² /2007	%/2007
Água	1726.470	17.2647	1
Banhado	19953.72	199.5372	10.5
Floresta Implantada	22427.203	224.272	12
Agricultura	39551.58	395.5158	21
Floresta Natural	10081.890	100.8189	5.3
Pastagem Natural ou Cultivada	68052.15	680.5215	36
Solo Exposto ou Pousio	32046.3	320.463	17
Área Urbana	3769.65	37.6965	2
Área total	189031.860	1890.319	100

Organização: Anderson M. Dadalt, 07/2010.

Como última parcela de cálculos estatísticos, os dados gerados referentes à última classificação foram gerados e estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Dados quantificados da imagem Landsat TM5 – 2000 (números percentuais com desvio para mais, devido o arredondamento).

CLASSES	Hectares/2000	Km ² /2000	%/2000
Água	1420.200	14.202	1
Banhado	2380.86	23.8086	1.2
Floresta Implantada	10541.16	105.4116	12
Agricultura	15921.27	159.2127	8.5
Floresta Natural	16488.45	164.8845	8.6
Pastagem Nat. ou Cult.	92144.88	921.4488	49
Solo Exposto ou Pousio	45948.24	459.4824	24
Área Urbana	4190.04	41.9004	%/2000
Área Total	189031.860	1890.319	100

Organização: Anderson M. Dadalt, 07/2010.

Tabela 6: Dados quantificados da imagem Landsat TM5 – 2011 (números percentuais com desvio para mais, devido o arredondamento).

CLASSES	Hectares/2011	Km ² /2011	%/2011
Água	1698	20	1
Banhado	2686	27	1,4
Floresta Implantada	14.956	117	6,1
Agricultura	34.421	48	2,5
Floresta Natural	34.469	380	20,1
Pastagem Nat. ou Cult.	80.435	182	9,6
Solo Exposto ou Pousio	10.790	787	41,6
Área Urbana	5.284	329	17,4
Área Total	1890	1.890	100

Organização: Anderson M. Dadalt, 07/2010.

Serão através destes dados quantitativos, representados em tabelas e calculados pelo computador, que poderemos fazer uma análise das classificações que foram realizadas neste trabalho. Para uma melhor visualização, evidenciando contrastes, outra tabela foi trabalhada colocando os dados do ano 2000, 2003, 2007 e 2011 lado a lado (Tab. 6). O ano de 2003 também fora inserido, mas deve-se ressaltar que existem duas classes que não são repetidas nas duas últimas classificações (Agricultura e Solo Exposto / Área urbana ou Solo Exposto).

Tabela 7: Tabela final, com os dados das quatro classificações.

CLASSES	Km ² /2000	%/2000	Km ² /2003	%/2003	Km ² /2007	%/2007	Km ² /2011	%/2011
Água	14.202	1	24	1,3	172.647	1	20	1
Banhado	238.086	1.2	33	1.7	1.995.372	10.5	27	1,4
Floresta Implantada	1.054.116	5	33	1.8	224.272	12	117	6,1
Agricultura	1.592.127	8.5	380	20,1	3.955.158	21	48	2,5
Floresta Natural	1.648.845	8.6	520	27.5	1.008.189	5.3	380	20,1
Pastagem Natural ou Cultivada	9.214.488	49	856	45	6.805.215	36	182	9,6
Solo Exposto ou Pousio	4.594.824	24	-	-	320.463	17	787	41,6
Área Urbana	419.004	2.1	45	2.4	376.965	2	329	17,4
Área total	1.890	100	1891	100	1.890	100	1.890	100

Organização: Anderson M.Dadalt, 07/2011.

Abaixo foi elaborado um gráfico das classes e os anos analisados com base nas informações contidas na tabela 7, permitindo assim uma visualização e análise parcial das mudanças na organização espacial da área de estudo.

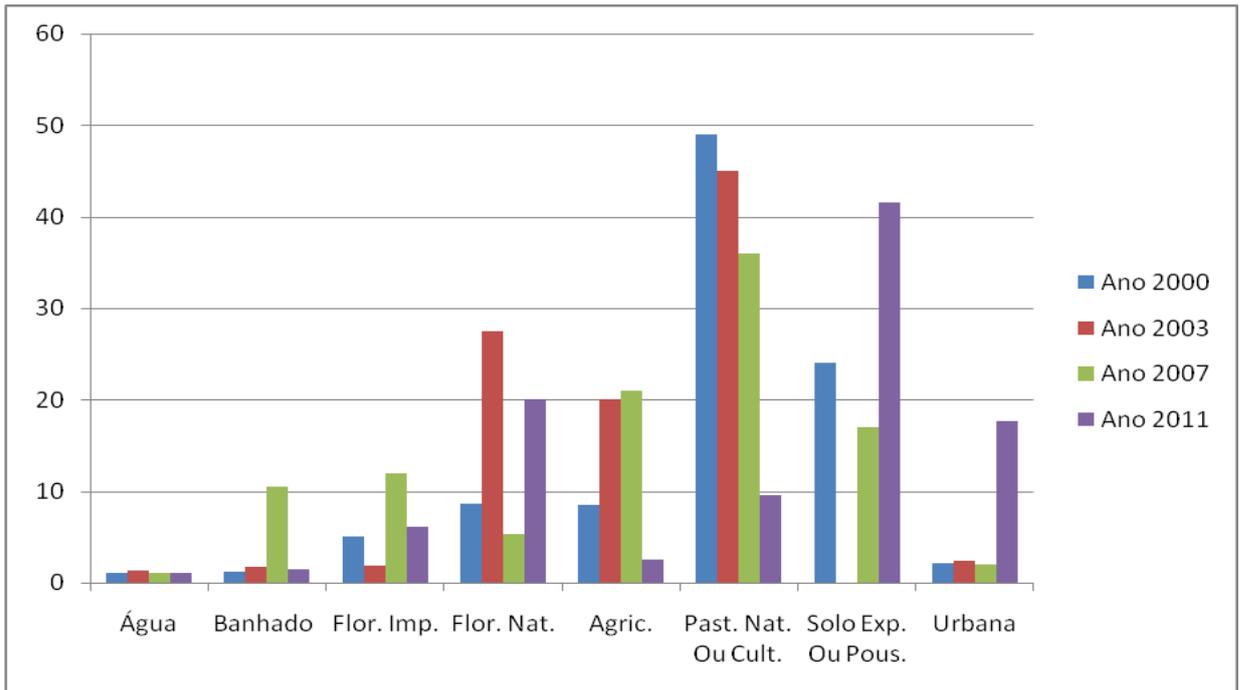


Gráfico 1: Gráfico geral da tabela acima:
Organização: Anderson M. Dadalt 07/2011.

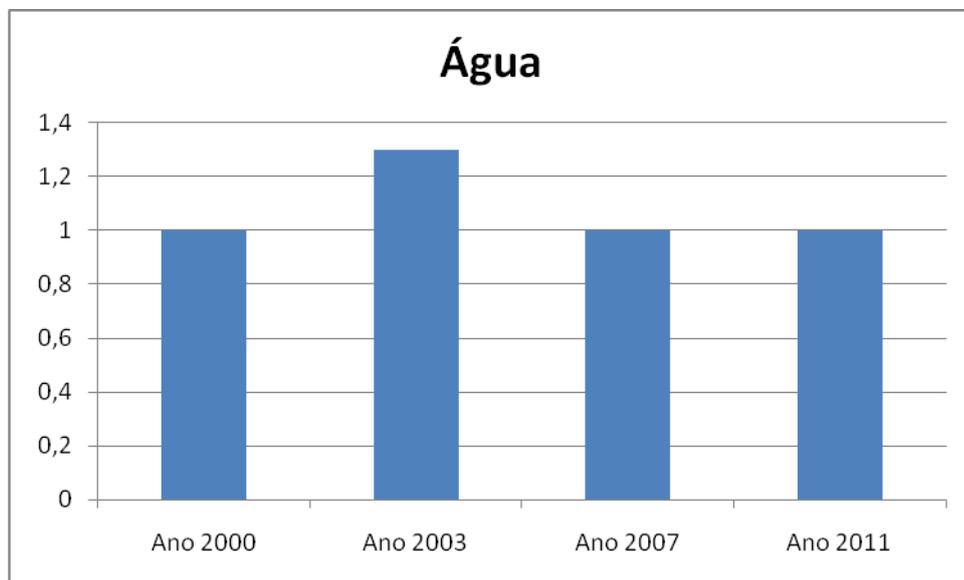


Gráfico 2: Representação de quantidade de água entre os anos – números em porcentagem.
Organização: Anderson M. Dadalt

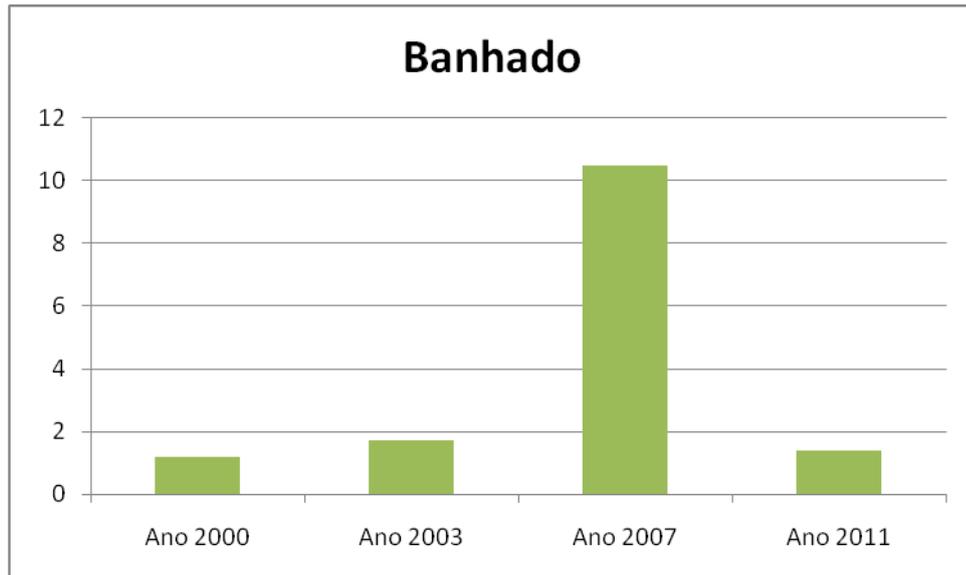


Gráfico 3: Representação de quantidade de Banhado entre os anos – números em porcentagem.
Organização: Anderson M. Dadalt

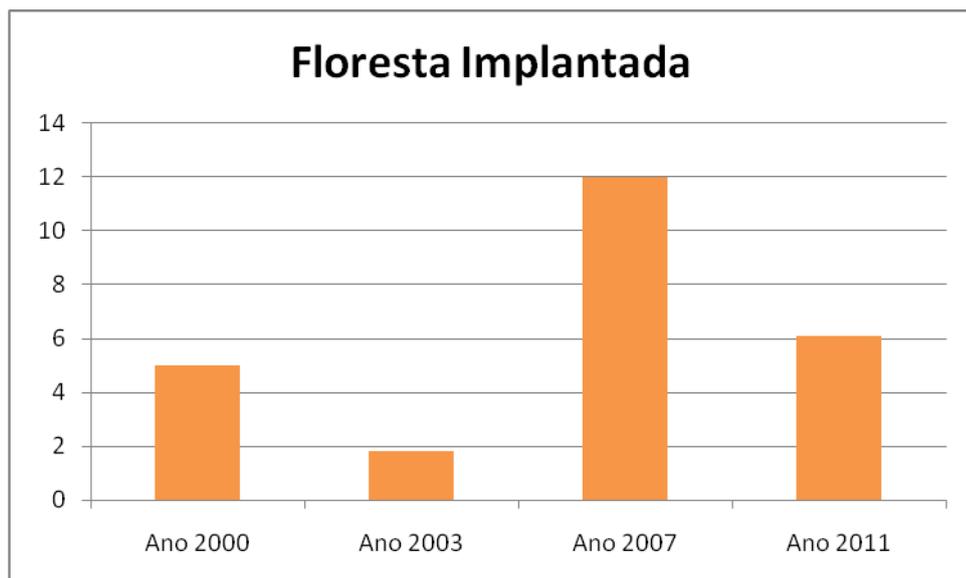


Gráfico 4: Representação de quantidade de floresta Implantada entre os anos – números em porcentagem.
Organização: Anderson M. Dadalt

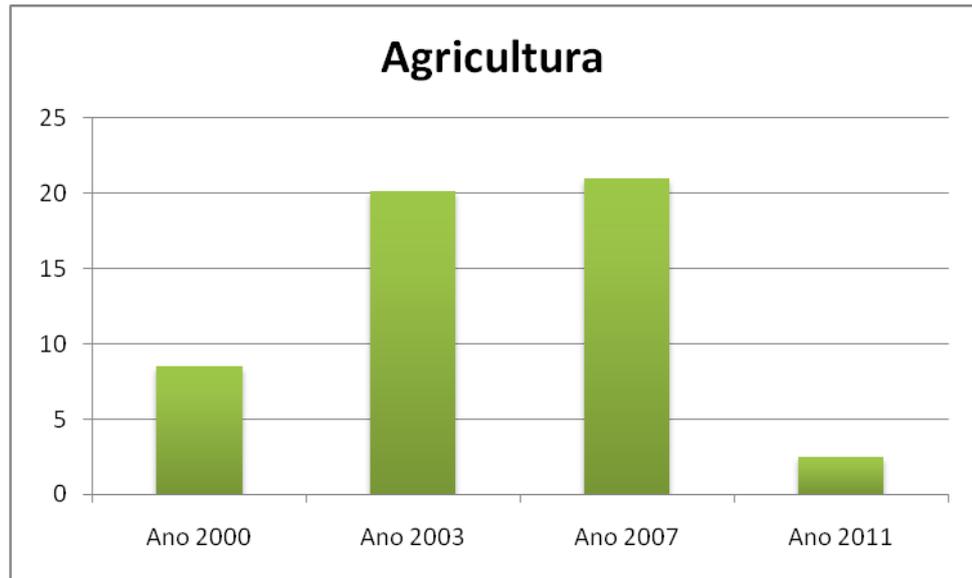


Gráfico 5: Representação de quantidade de Agricultura Implantada entre os anos – números em porcentagem.

Organização: Anderson M. Dadalt

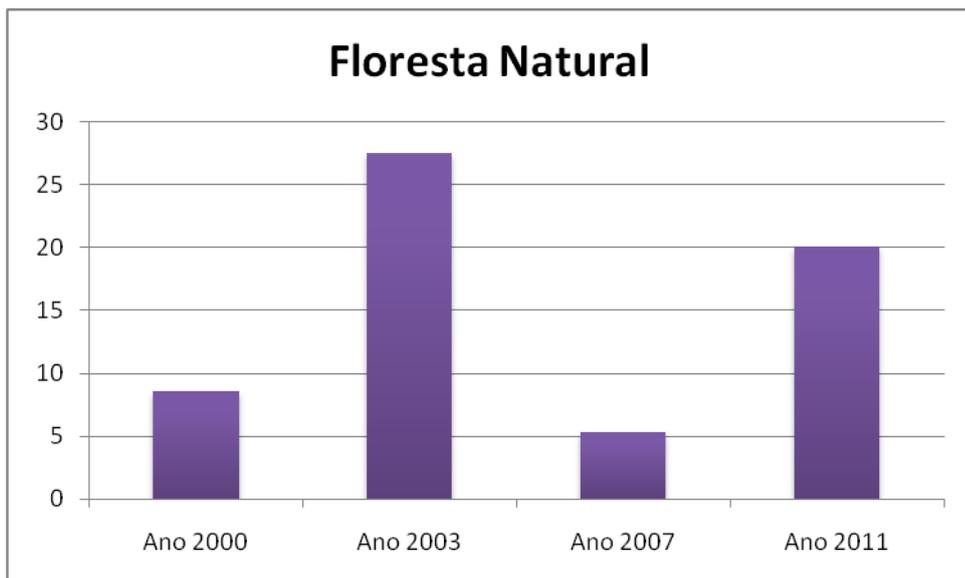


Gráfico 6: Representação de quantidade de Floresta Natural entre os anos anos – números em porcentagem.

Organização: Anderson M. Dadalt

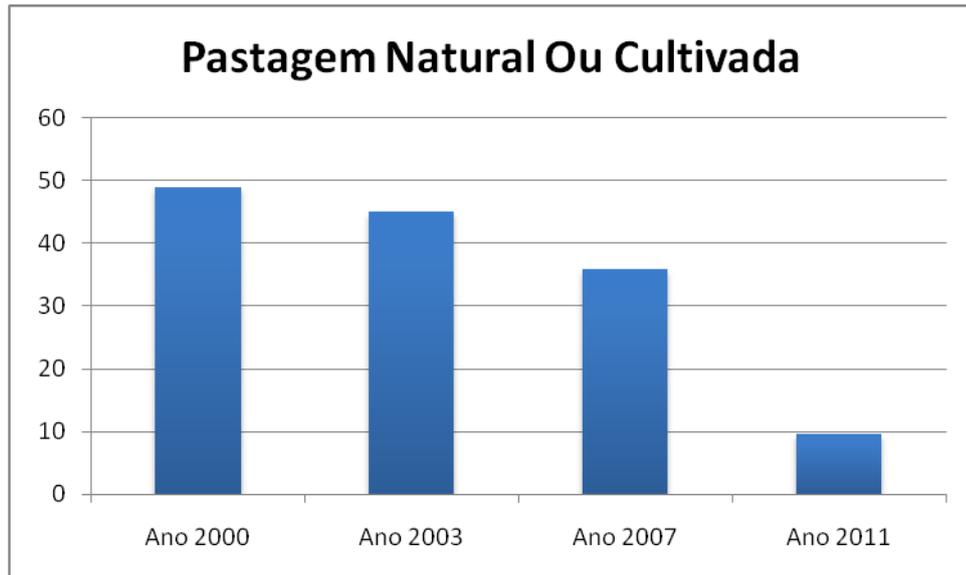


Gráfico 7: Representação de quantidade de Pastagem Natural Ou Cultivada entre os anos – números em porcentagem.

Organização: Anderson M. Dadalt

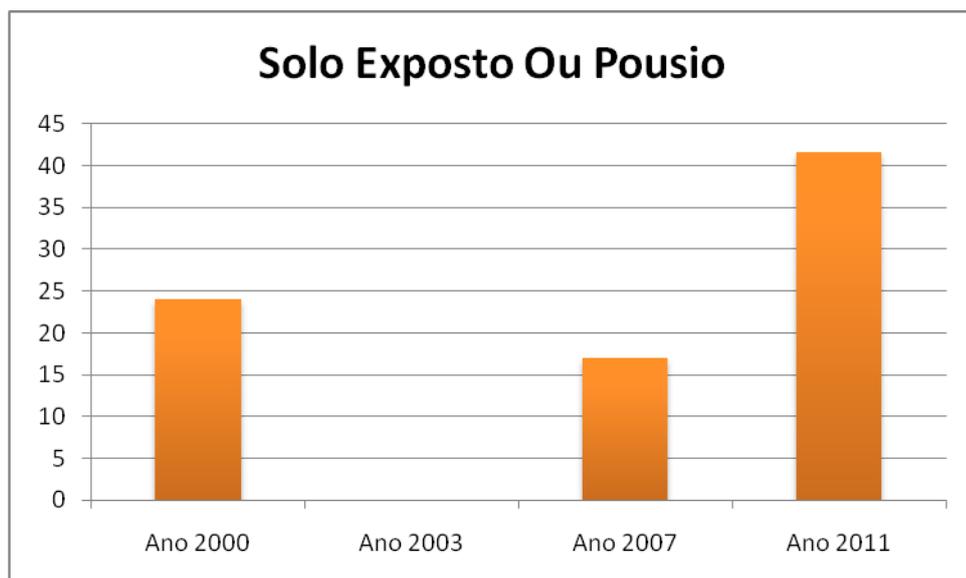


Gráfico 8: Representação de quantidade de Solo exposto ou pousio entre os anos – números em porcentagem.

Organização: Anderson M. Dadalt

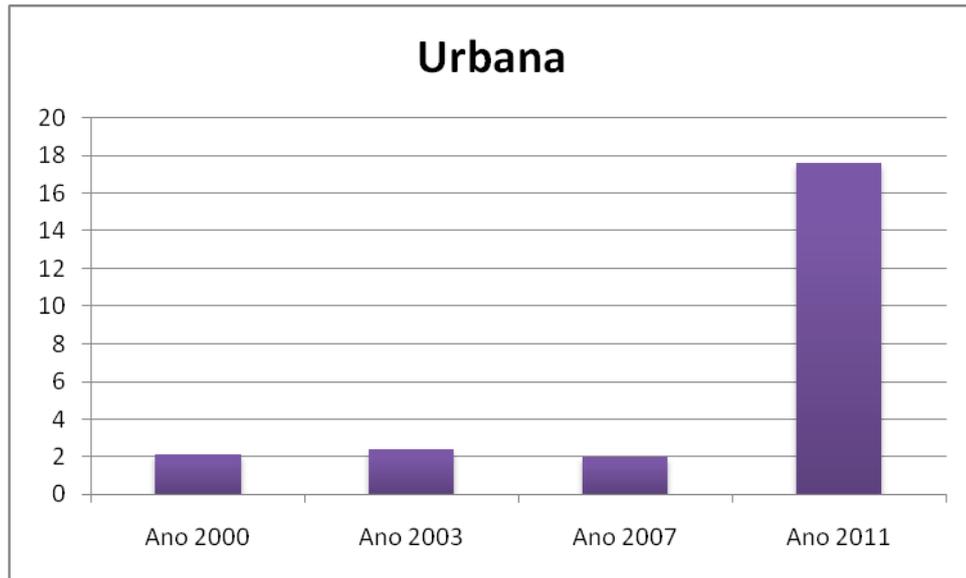


Gráfico 9: Representação de quantidade de Área Urbana entre os anos anos – números em porcentagem.

Organização: Anderson M. Dadalt

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Podemos notar uma relativa diferença dentro dos padrões quantitativos de áreas em quilômetros quadrados de cada uma das classes, para cada um dos anos abordados. Primeiramente, podemos observar que existem diferenças, o que é perfeitamente aceitável já que a metodologia proposta era de “classificação não supervisionada”, ou seja, era esperada uma margem de erro devido a não validação de campo.

Interessante colocar que um trabalho anterior de Filippini Alba, 2001 avaliou a ocupação territorial do município de Pelotas utilizando imagens orbitais do sensor temático do satélite *Landsat TM5*, classificando nove classes de ocupação da terra: Água, Banhado, Floresta implantada, Floresta natural, Lavouras, Litossolo, Pastagens, Solo argiloso, e área urbana.

Os resultados do estudo (Filippini Alba, 2001), representaram uma aplicação da metodologia de classificação de imagens satelitais em escala municipal, mostrando-se promissora para fins de monitoramento ambiental. Pelo agrupamento de semelhança de resposta espectral, notou-se uma tendência de aglutinamento de *píxeis* representantes de lavouras e florestas na porção Oriental do Município de Pelotas, sendo estas principalmente de arroz e florestas de eucaliptos. No setor Ocidental do município, os píxeis mostram predominância de solos pedregosos ou afloramentos rochosos e florestas naturais, sendo que, também apresentava lavouras de menor porte, predominando outros cultivos, como fumo, aspargo, entre outros.

Foi possível quantificar as áreas de diferentes classes, sendo: 4900 ha de área cultivada (principalmente arroz), 4.600 ha solos argilosos, 49.000 ha de área de pastagem e 11000 a 7500 ha correspondem a áreas de cultivo. Os números em relação à área do município também são quantificados pelo estudo, sendo: 39% terras cultiváveis (cultivos + pastagens + solos argilosos), 35% Florestas, 13% Litossolos, 7% Locais urbanos, 3% áreas cobertas por água permanentes ou temporais.

Filippini Alba e Siqueira (2001) relatam problemas na discriminação de

litossolos e padrão urbano, os quais poderiam ocorrer devido à ocorrência de pixels transicionais, que apresentam resposta espectral intermediária entre duas classes, resultado da composição variada do terreno. Entretanto, este estudo avaliou primariamente o uso da terra do município Pelotense, observando um forte potencial agropecuário, em função da existência de aproximadamente 70.000 ha de terras cultiváveis. Filippini Alba e Siqueira (2001) relatam que os ajustes desses valores, visando definições mais precisas dependerão da realização de avaliações temporais, complementadas com validações de campo.

Os resultados obtidos através da presente pesquisa encontram-se no parágrafo abaixo com algumas discussões e hipóteses:

Pastagem Natural e Cultivada: Esta classe apresenta um padrão de diminuição constante ao passar dos anos. Em 2000 representava 49% da área de estudo total, em 2003 representava 45%, em 2007 diminuíra para 36% e, em 2011, 9,6%. Alguns aspectos podem ser discutidos em relação a essa expressiva diminuição de Pastagem. O primeiro aspecto é que Pastagem Natural e Cultivada são áreas que podem ser confundidas com campos ralos de pastagem, campos de pousio e áreas agrícolas em estágio de germinação aflorada. Pode existir alguma relação entre o excessivo aumento de solo exposto a diminuição de áreas de pastagem. Estima-se que 4% da área provavelmente seja agricultura. Observa-se que os dados apontam uma ocupação média de 30,1% ao ano desta classe. *Solo Exposto ou pousio:* Os dados de 2003 desta classe não estão presentes. A análise realizada compreende os anos de 2000, 2007 e 2011. Nota-se que entre o ano 2000 e 2007 houve uma pequena diminuição de área desta classe, entretanto a partir de 2007 houve um grande crescimento, representando 41,6%. O crescimento desta classe não é um dado alarmante, pois o tempo de espera para nova semeadura inclui-se dentro desta classe. Possivelmente boa parte destes dados é área agrícola em espera de semeadura. Estima-se que em 2000, 7% da área seja agricultura, no ano de 2011, 20%. Os dados do período analisado indicam uma ocupação média de 20% ao ano desta classe. *A classe Água,* apesar de existir uma pequena diferença nos resultados, esses podem ser considerados mínimos. Os dados de 2000

evidenciam uma área de lâmina d'água de 14 km², enquanto 2003 apresentam um resultado de 24 km², no ano de 2007 17 Km² e, por final, em 2011 uma área de 20 Km². Esta diferença pode ser compreendida como aceitável, pois a periodicidade de precipitação pode sofrer variações durante os anos, principalmente com influência dos fenômenos El Niño e La Niña. Os dados do presente período em análise indicam uma ocupação média de 1,075% ao ano desta classe. *Ao analisarmos a classe Área Urbana, torna-se evidente uma margem de erro dentro do padrão de área urbana analisada na imagem de 2007, pois a involução de área urbanizada não se explica dentro da área de estudo. Não é aceitável um resultado que mostre a involução da mancha urbana de uma cidade que está em expansão. Provavelmente alguns pixels sofreram alguma confusão com solos expostos, o que ocasionou perda de área urbana. Entre 2000 e 2003 a área apresentou um pequeno crescimento, de aproximadamente 0,1% ao ano, crescendo de 2.1 para 2.4%. Mas em 2011 a área urbana obteve largo crescimento chegando a 17,4%. Isso se explica devido à interpretação dos pixels pelo computador. No momento de criar classes houve a inserção de aproximadamente 20% de solo exposto, o que diminui o número de área urbana em 2011, que era de 17,4% para aproximadamente 6%. Mesmo assim, se compararmos os dados de 2000 e 2011 o crescimento foi de 3,9%, alto, mas não fora do comum, representando uma média de crescimento de 0,3% ao ano. Os dados do período analisado indicam uma ocupação média de 6% ao ano desta classe. As áreas de Banhado identificadas dentro da área de estudo, concentram-se quase que exclusivamente na região nordeste e sul do município de Pelotas. Podem-se estabelecer uma relação com o trabalho de ALBA (2001), que apresentou valores que demonstraram uma área de 27 km² de banhado (o que representa 1,4%). No presente estudo a área de banhado obteve os seguintes resultados: em 2000 uma área de 1,2%, ano de 2003 uma área de 1,7%, no ano de 2007 uma área de 10,5% e, ano de 2011 uma área de 1,4%. Se analisarmos o único ano que foge do padrão é 2007. Nesta classe o índice pluviométrico dentro da área de estudo influencia diretamente, pois áreas alagadiças e úmidas podem ser confundidas com banhado, aumentando-se assim a quantidade da área da classe. Os dados do período em análise indicam uma ocupação média de 3,4% ao ano desta classe. *Floresta**

Implantada: Evidencia-se entre os anos de 2000 e 2003 uma diminuição gradual na quantidade de área desta classe. Floresta Implantada são aquelas culturas arbóreas não-nativas, como Eucalipto, Acácia e Pinus Heliot. Segundo ALBA (2001), somente no município de Pelotas no ano de 2001 existia uma área de 144 km². Os dados levantados pelo atual trabalho foram de no ano 2000 uma área de 105 Km², em 2003 uma área de 33 Km², em 2007 uma área de 224 Km² e em 2011 uma área de 117 Km². Provavelmente a diminuição entre os períodos de 2000 à 2003 representem números de corte deste tipo de vegetação, em detrimento do período específico de plantio de cada área agrícola. Os altos valores de 2007 provavelmente são uma má interpretação dos pixels pelo computador, que não raramente confunde esta classe com a classe floresta natural. Estima-se que em 2007, 2% da área seja floresta natural. Os dados de 2011 demonstram a normalização destas culturas na área de estudo, em uma ocupação média de 5,7% de área por ano de Floresta Implantada. Os dados obtidos da classe Floresta Natural no ano 2000 correspondem a uma área total de 8,6%, um aumento significativo no ano de 2003 para 27,5%, uma diminuição significativa no ano de 2007 para 5,3%, e no ano de 2011 novo crescimento para 20,1%. Existe muita quantidade de área de mata nativa na região de estudo, principalmente acompanhando os mananciais hídricos, rios e córregos da área. Possivelmente a análise de 2000 e 2007 possa certa confusão de pixels pois, tanto computador quanto analista facilmente confundem Floresta natural com Floresta Implantada. Os dados do período em análise indicam uma ocupação média de 15,3% ao ano desta classe.

Os resultados obtidos referentes à classe Agricultura foram: No ano 2000 uma área de 8,5%, em 2003 uma área de 20,1%, em 2007 uma área de 21% e no ano 2011 uma área de 2,5%. ALBA (2001), fez um levantamento desta classe denominando-a de “terras cultiváveis”, que seriam cultivos evidentes + pastagens + solos argilosos (ou solos expostos). Esta classe é sazonal, pois passa por períodos de larga exposição às bandas espectrais do satélite por ocupar imensas áreas em determinados períodos de tempo; tempo esse, de cultura. Logo como as imagens de satélite avaliadas não são dos mesmos meses (um problema de logística), distorções nos resultados quantitativos podem ocorrer. Outro fator que altera diretamente os dados é

que a classe “Agricultura”, assim como ALBA (2001) o definiu, pode ser confundida ou interpretada como cultivos, pastagens e solos expostos. Por outro lado, desvios de quantificações ocorrem de maneira natural a qualquer área de agricultura que recebe índices pluviométricos altos, o que provoca o encharcamento superficial do solo; isso permite confusões com área de banhado. Agricultura pode também ser confundida com Solos Expostos, porque se por algum motivo a superfície do solo fica exposta o comportamento espectral do pixel responderá como responderia a uma área arenosa e/ou pedregosa. As Pastagens também se confundem com áreas Agrícolas, pois podem ser *cultivadas ou não*. Software e Hardware não sabem discernir entre um e outro, cabendo ao intérprete fazer esta separação, contudo nem sempre é possível, pois ambos vêm agrupadas em uma só classe espectral. O intérprete deve escolher classificá-la da melhor forma possível.

Ao analisarmos os dados obtidos por este trabalho, a classe Agricultura obteve um baixo índice de área (8%). Mas este índice aumenta consideravelmente três anos depois chegando a 20,1%. Quatro anos depois chega a 21%, para em 2011 decrescer à apenas 2,5%. Mas como já foi abordado, períodos de imagem e confusão de interpretação dos pixels com outras classes promovem esta diferença de resultados. Mas com base nas análises e interpretações extra-computacionais, uma margem de 20% de solos expostos interpretados no período de 2011 é considerado agricultura; logo o índice da área cresce para 22,5%, voltando a manter uma regularidade. Para a análise de 2000, outra margem de interpretação extra-computacional é avaliada, sendo 7% de Solo exposto ou Pousio e 3% para Pastagem Natural ou Cultivada, contabilizando 10% a mais para Agricultura no ano 2000, totalizando 18,5% de área. Os dados do período analisado indicam uma ocupação média de 20,5% ao ano desta classe.

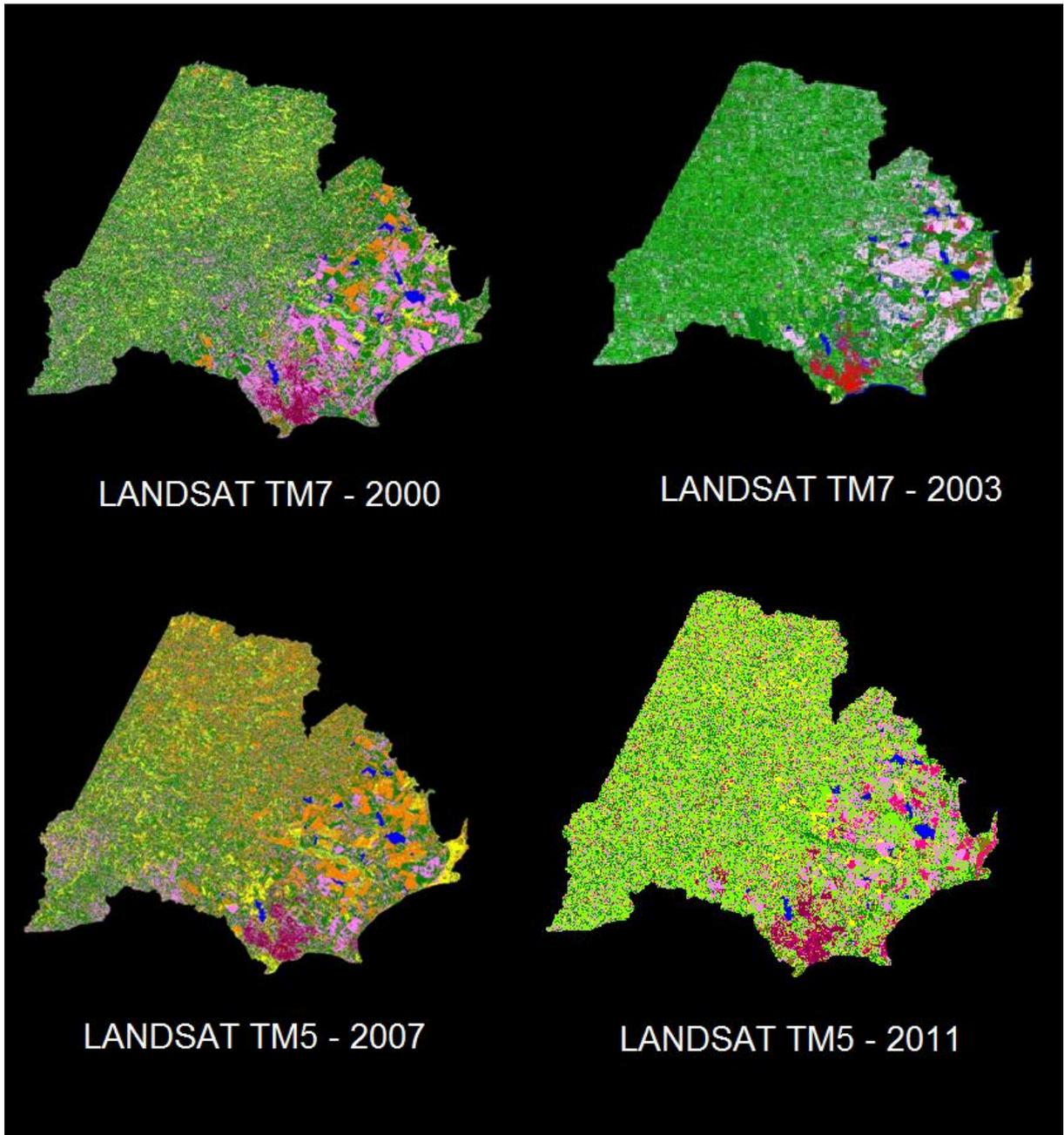


Figura 24: Sequência das classificações por ordem cronológica
Organização por Anderson M. Dadalt

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela avaliação da dinâmica do uso da terra nos municípios de Pelotas, Arroio do Padre e Morro Redondo foram satisfatórios. Embora haja diferenças entre os resultados, que se alternam entre consideráveis ou não, ou seja, alguns números apresentam diferenças muito pequenas enquanto outros apresentam diferenças que exigem uma justificativa. Dessa forma apresentou-se uma avaliação da dinâmica da ocupação da terra dentro dos municípios de Pelotas, Arroio do Padre e Morro Redondo, onde foram definidos os seguintes padrões de ocupação das terras (média anual – relativa às imagens de satélite utilizadas): Pastagem Natural ou Cultivada 30,1%; Solo Exposto ou Pousio 20%; Água 1%; área urbana 6% com crescimento anual de 0,3% ao ano; banhado 3,4%; floresta implantada 5,7%; floresta natural 15,3% e Agricultura 20,5% (gráfico 10). Margem de erro de 2% para mais ou para menos

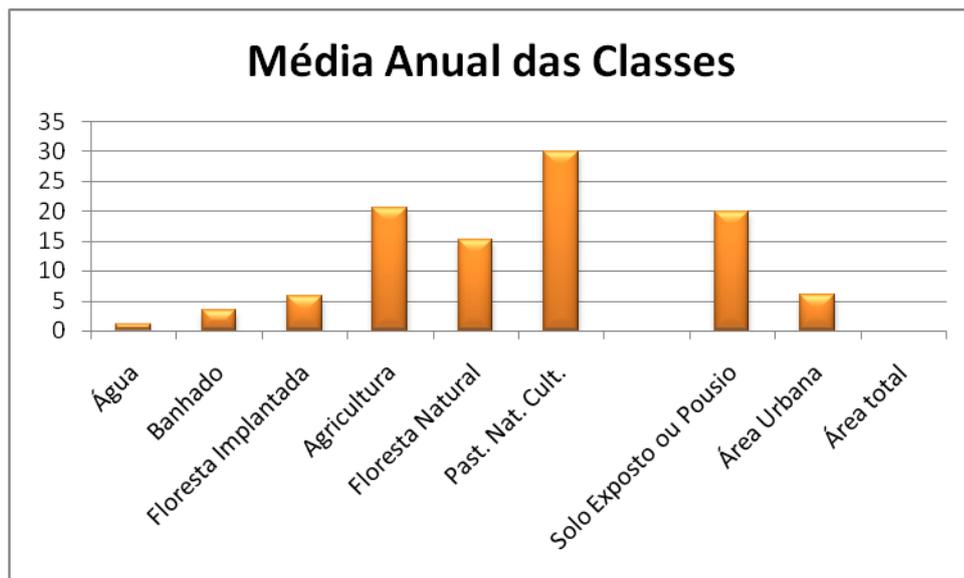


Gráfico 10: Média anual das áreas das classes anos – números em porcentagem.

Mesmo com tais alternâncias, torna-se notório o padrão de quantificação numérico entre os resultados obtidos tanto por ALBA (2001), quanto os realizados por este trabalho. A comparação com um banco de dados ajuda a perceber a eficácia desta metodologia, que embora seja considerada uma metodologia de baixa precisão, por ser “não-supervisionada”, ou seja, não haver validação de campo, pode-se sim, obter quantificações de expressões razoáveis (não descartáveis, pois possuem números coerentes com levantamentos mais precisos).

A experiência do pesquisador ao interpretar os dados processados, a aparelhagem utilizada, os *softwares*, as imagens de satélite, as metodologias utilizadas, influenciaram no aprimoramento e desempenho de uma boa classificação digital. O desenvolvimento dessas tecnologias realça a potencialidade da técnica para aplicações no contexto de produções tanto agrícolas quanto de levantamentos de recursos naturais. Ainda que não seja possível uma interpretação mais conclusiva, os resultados apresentados na tabela 7 reforçam a necessidade de se investir em mais estudos para qualificar o levantamento de informações sobre a ocupação da terra, setor de vital importância para o país e carente de melhor suporte para a tomada de decisão.

BIBLIOGRAFIA

- ALBA, Filippini José Maria; SIQUEIRA, Otávio João Wachholz de. **Geoprocessamento Aplicado à Análise da Evolução da Ocupação Urbana em algumas cidades**. Vetor: v. 11, p 7-16. Rio Grande, 2001.
- ALVES, D.S.; PEREIRA, J.L.G.; SOUZA, C.L.de, et al. **Análise comparativa de técnicas de classificação de imagens do sensor Landsat/TM para caracterização de áreas desflorestadas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos, SP. Anais... Santos : INPE, 1998. Publicado em CD-ROM
- ARCHELA, S. R. **Novas Tecnologias**. - Londrina: Ed. UEL. 148p. 2001.
- BELTRAME, V. A. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. - Florianópolis. 111p. 1994.
- CARNEIRO, C.M.R. **Importância das técnicas de sensoriamento remoto para a ciência florestal**. Brasília: Ministério da Agricultura – IBDF. Série Técnica nº 1. 1981.
- CHIARINI, J.V. & Donzeli, P.L. **Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo**. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas. V.3. 1973.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Revista GEOGRAFIA. Associação de Geografia Teorética**. Rio Claro. 18 (1): -22, abril. ISSN, 0100 – 7912. São Paulo, SP – Brasil. 1993.
- CROSTA, A. P. **Sensoriamento Remoto. 2. Processamento Digital de imagens-Técnicas digitais**. Campinas, SP.1170p. 1992.
- CROSTA, Álvaro Penteado. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ed: rev. UNICAMP. Campinas, SP, 1993.
- DISPERATI, A.A. **Análise temporal da cobertura florestal do município de Irati-PR, utilizando imagens satelitárias Landsat**. Irati. 2003.
- EASTMAN, R. J. **Manual do Usuário. Idrisi for Windows versão 2**. - Porto Alegre. 235p. 1998.

INPE. **Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br>.

JACQUES, P. D. **Análise Temporal do Uso da Terra e Cobertura Vegetal de Uma Parte da Bacia do Rio Araranguá e Suas Implicações nos Recursos Hídricos da Região**. Paraná. 2005.

KOFFLER, Natalio Felipe. **Revista GEOGRAFIA. Associação de Geografia Teorética**. Rio Claro. 18 (1): -22. ISSN, 0100 – 7912. São Paulo, SP – Brasil. 1993.

KRONKA, F. J. N. **Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo**. Instituto Florestal / Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo – SP. 2005.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**.- Florianópolis: Ed. da UFSC. 118p. 2001.

Microbacias Hidrográficas Utilizando Sistemas de Informação Geográfica. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p. 2331-2337. Abril 2005.

MOTTA, J.L.G.; FONTANA, D.C.; WEBER, E. **Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. Anais. Foz do Iguaçu/PR. 2001.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2001.

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento remoto, princípios e aplicações**. São Paulo : Blucher. 308p. 1992.

PARKER, D.; MANSON, S.; JANSSEN, M.; HOFFMANN, M.; DEADMAN, P. **Multi-gent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review**. *Annals of the Association of American Geographers*. Miami, n. 93, p. 314–337, 2003.

PEREIRA, R.S.; MADRUGA, P.R. de A.; HASENACK, H. **Geoprocessamento aplicado ao planejamento de uso de recursos naturais - Curso**. Santa Maria : UFSM-CCR-FATEC. 40p. 1995.

PIROLI, Edson Luis. BECKER, Elsbeth Léia Spode. BOLFE, Edson Luis. PEREIRA, Rudiney Soares. **Análise do Uso da Terra na Microbacia do Arroio do Meio – Santa Maria – RS, por Sistema de Informações Geográficas e Imagem de Satélite**. Santa Maria – RS. 2002.

PISSARA, T. C. **Avaliação por Fotointerpretação do Uso/Ocupação do Solo e Erosão Acelerada**. 2005.

PONTES, P. P. B. **Análise temporal de índices de vegetação como subsídio à previsão de safras de cana-de-açúcar**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 217-224. 2005.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento:Tecnologia Transdisciplinar** - Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Edufu. 117p. 1995.

SANTOS, M. V.; WEBER, E. J.; CROSSETTI, M. L. **Utilização de imagens de satélite Landsat TM na estimativa de áreas cultivadas com arroz irrigado**. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 8. Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. Porto Alegre/RS. 1993.

SIMON, Adriano Luís Heck. **A Dinâmica do Uso da Terra e sua Interferência na Morfohidrografia da Bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS)**. São Paulo: UNESP/SP, Dissertação de Mestrado em Geografia – Organização do Espaço. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil, 2007.

SIQUEIRA, W. O. J. de. **Caracterização da Ocupação das Terras em Escala Municipal, Através do Processamento de Imagens Landsat**. Pelotas – RS. 1995.

TEIXEIRA, A.L.de A.; MORETI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro : ed. do Autor, 80p. 1992.

VIEIRA, T. G. C. **Uso de Geotecnologias na Avaliação Espaço-Temporal das Principais Regiões Cafeeiras de Minas Gerais**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 313-320. 2005.

WEBER, Eliseu. **Uso do Sensoriamento Remoto em Estatísticas Agropecuárias: Cooperação CONAB-UFRGS no Rio Grande do Sul. II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais**. Porto Alegre – RS. 2006.

WEBER, E. J.; FONTANA, D. C.; DUCATI, J. R.; DA SILVA, T. R., SARAIVA, T. S.; FREITAS, L. A. S. **Comparação entre resultados de classificação de imagens Landsat e CBERS para estimativa de área cultivada com soja no planalto do Rio Grande do Sul**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. Anais. Goiânia, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 321-328. 2005.

ZAMPIERI, <http://WWW.geodesia.ufsc.br> – acesso em 2008.