



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

**MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA
NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO
ARROIO GRANDE, SANTA MARIA-RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Cícero Zorzi

Santa Maria, RS, Brasil.

2011

**MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA
NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO
ARROIO GRANDE, SANTA MARIA-RS**

Cícero Zorzi

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

Orientador: Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira

Santa Maria, RS, Brasil.

2011

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

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

**MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA
NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO
ARROIO GRANDE, SANTA MARIA-RS**

elaborada por
Cícero Zorzi

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Elódio Sebem (UFSM)

Prof. Dr. Enio Giotto (UFSM)

Santa Maria, 22 de Dezembro de 2011.

Dedico, as mulheres da minha vida, Aline e Heloísa, pelo amor, compreensão e apoio constante para superar os obstáculos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, ao Professor Doutor Rudiney Soares Pereira, pela oportunidade, estímulo, confiança e disponibilidade para me orientar no decorrer deste trabalho.

Aos meus pais, Alcides Zorzi (In Memoriam) e Claci Silvia Zorzi, que sempre me apoiaram e muitas vezes deixaram os seus interesses de lado para me ajudar.

Ao amor da minha vida, Aline, pelo amor, carinho, compreensão e incentivo, não só na elaboração dessa dissertação, como em todos os momentos da minha vida.

À minha irmã, Gabrielle, pela amizade e incentivo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geomática, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade, pela infraestrutura de apoio e conhecimento oferecidos, permitindo o meu aperfeiçoamento profissional.

Enfim, agradeço a todos aqueles que me apoiaram ou ajudaram de alguma forma.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO GRANDE, SANTA MARIA-RS

AUTOR: CÍCERO ZORZI

ORIENTADOR: PROF. DR. RUDINEY SOARES PEREIRA

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 22 de Dezembro de 2011.

As questões sobre mudanças de uso e cobertura da terra têm despertado interesse, dentro e fora do meio científico, devido ao acelerado processo e aos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos dessas alterações, as quais causam preocupações em várias escalas, desde a local até a global. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a evolução do uso da terra na Microbacia Hidrográfica do Arroio Grande no Município de Santa Maria-RS, entre os anos de 1987 a 2009 (período de vinte e três anos), considerando-se seis tipos de usos da terra (florestas, campos, agricultura, agricultura irrigada, solo exposto e lâminas d'água), tendo como base as imagens do satélite CBERS 2B, bandas 2; 3 e 4, órbita 160, ponto 133, e Landsat 5 e 7, órbita 233, ponto 080, bandas 3, 4 e 5. O Sistema de Informações Geográficas – SPRING 4.3.3 foi utilizado para as análises. As imagens de satélite CBERS 2B e Landsat 5 e 7 forneceram um excelente banco de dados para a classificação supervisionada resultando nos mapas temáticos de Uso e Cobertura da Terra de cada período. Os resultados obtidos dos diferentes usos do solo para cada período através da classificação supervisionada variaram bastante apresentando crescimentos e déficits em relação a cada uso de um período ao outro, tendo relação com a data da imagem utilizada. Além disso, esse estudo das mudanças de uso e cobertura da terra vem a contribuir no auxílio a gestores locais, como prefeitos, órgãos públicos locais e regionais, para o estabelecimento de políticas que visem a minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente, como por exemplo, desmatamentos, assim como a recuperação de algumas áreas, ou seja, utilizando a terra de forma mais sustentável possível através de um bom planejamento.

Palavras-chaves: Uso e Cobertura da terra. Sensoriamento Remoto. Sistema de Informações Geográficas. Dados Multitemporais. Microbacia.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Graduation Program in Geomatics
Universidade Federal de Santa Maria

CHANGE OF USE AND LAND COVER IN THE RIVER BASSINS OF THE ARROIO GRANDE, SANTA MARIA-RS

AUTHOR: Cicero Zorzi
ADVISER: PROF. DR. RUDINEY SOARES PEREIRA
Place and Date of Defense: Santa Maria, December 22, 2011.

The issues of land use changes and land covering have attracted interests, both inside and outside the scientific community, due to the accelerated process and potential environmental and socioeconomic impacts of these changes, which cause concerns at various scales from local to global. In this context, this study aims to evaluate the evolution of land use in the river basin of the Arroio Grande of Santa Maria-RS, between the years 1987 to 2009 (twenty-three years), considering six types of land use (forests, fields, agriculture, irrigated agriculture, bare soil and water depths), based on images from CBERS 2B, bands 2, 3 and 4, orbit 160, point 133, and Landsat 5 and 7 orbit 233, point 080, bands 3, 4 and 5. The Geographic Information System - SPRING 4.3.3 was used for analysis. The images of CBERS 2B and Landsat 5 and 7 provided an excellent database for the supervised classification resulting in thematic maps of Use and Land Covering of each period. The results of the different soil for each period by supervised classification varied widely showing growth deficits and for each use of one period to another, being associated with the image data used. Furthermore, this study of land use change and land covering has to contribute in assisting local managers, as mayors, local and regional government agencies, to establish policies to minimize negative impacts to the environment, for example, deforestation, and the recovery of some areas, in other words using the earth more sustainable possible through a good planning. Keywords: land use and covering, Remote Sensing, Geographic Information System, multitemporal data, Watershed.

Keywords: land use and cover. Remote Sensing. Geographic Information System. Multitemporal data. Watershed.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais características e aplicações das bandasTM do satélite Landsat	26
Tabela 2 – Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente Kappa ...	31
Tabela 3 – Imagens de satélites utilizadas	35
Tabela 4 – Cartas topográficas utilizadas	35
Tabela 5 – Usos da terra no ano de 1987	45
Tabela 6 – Usos da terra do ano de 1995	47
Tabela 7 – Usos da terra no ano de 2002	49
Tabela 8 – Usos da terra no ano de 2009	51
Tabela 9 – Usos da terra constatados nos anos de 1987 a 2009	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática de uma microbacia hidrográfica	22
Figura 2 – Localização da área de estudo	32
Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 1987	46
Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 1995	48
Figura 5 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 2002	50
Figura 6 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 2009	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (1987)	41
Quadro 2 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (1995)	42
Quadro 3 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (2002)	43
Quadro 4 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (2009)	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Mudanças de uso e cobertura da terra.....	16
3.2 Sensoriamento remoto aplicado à dinâmica da paisagem.....	17
3.3 Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográficas	18
3.4 Microbacia hidrográfica como unidade de estudo	21
3.5 Importância do levantamento do uso da terra.....	23
3.6 Programa LANDSAT.....	24
3.7 Características orbitais do satélite LANDSAT:.....	25
3.7 Programa CBERS	27
3.8 Classificação de imagens.....	29
3.9 Avaliação da classificação	30
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Localização da área de estudo.....	32
4.2 Caracterização da área de estudo	33
4.3 Material.....	35
4.4 Método.....	36
4.4.1 Elaboração da base de dados cartográficos	37
4.4.2 Processamento digital das imagens.....	38
4.4.2.1 Georreferenciamento das imagens	38
4.4.2.2 Segmentação das imagens	39
4.4.2.3 Reambulação temática.....	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Análise dos resultados das classificações.....	41
5.2 Uso e cobertura da terra	44
5.2.1 Uso e cobertura da terra do ano de 1987.....	45
5.2.2 Uso e Cobertura da Terra do ano de 1995.....	47
5.2.3 Uso e Cobertura da Terra do ano de 2002.....	49
5.2.4 Uso e cobertura da terra do ano de 2009.....	51
5.3 Análise multitemporal dos usos e cobertura da terra.....	53
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos os impactos da mudança de uso da terra assumiram significativamente proporções ameaçadoras. Sendo que, com poucas exceções, é importante ressaltar que é o homem e não a natureza quem provoca estas mudanças.

A magnitude das mudanças de uso da terra varia com o período do tempo que é examinado como também com a área geográfica, sendo que vários fatores podem causar esta mudança de uso.

E os impactos são sérios tanto em curto prazo como em longo prazo. Em curto prazo, na questão da alimentação, vulnerabilidade humana, saúde e segurança estão em jogo. Em longo prazo, está sendo ameaçada a viabilidade da terra.

Torna-se necessário rever alguns conceitos como o de cobertura e o de uso da terra. Segundo Turner *et al.* (1994), a cobertura seria o estado físico, químico e biológico da superfície da terra tendo como exemplos às florestas, gramíneas, áreas construídas, etc e é a área de interesse das ciências naturais. O uso se constitui no emprego da terra pelo homem (propósitos humanos), tendo como exemplos às reservas indígenas, pecuária, área residencial, etc e se constitui na área de interesse das ciências sociais.

Uma mesma cobertura pode corresponder a diferentes usos (floresta usada para extração de madeira e recreação). No geral, um sistema de uso corresponde a uma cobertura, mas pode combinar a manutenção de mais do que uma (sistema agrícola combinando culturas e pastagens melhoradas).

As mudanças de uso e cobertura da terra podem ser de dois tipos: de conversão e de modificação. Em relação à conversão pode haver a conversão de cobertura (desflorestamento, desertificação) e a conversão de uso (reserva florestal para agricultura para pecuária, cultura permanente para cultura anual). Já a modificação em termos de cobertura, pode provocar mudanças estruturais ou funcionais, causadas por fenômenos naturais e também por ações humanas (alterações na biomassa e na produtividade da vegetação). Em termos de uso, pode provocar intensificação ou mudanças nos seus atributos (intensificação,

extensificação, marginalização e abandono em áreas agrícolas e mudanças na área residencial de alta renda para baixa renda em áreas urbanas).

Também pode haver interações entre mudanças de cobertura e de uso. As mudanças de uso podem influenciar a cobertura de três maneiras: convertendo a cobertura; modificando a sua função, estrutura ou características, sem ocasionar uma mudança de tipo (intensificação); ou mantendo a cobertura contra agentes naturais de mudança.

Mudanças de cobertura ocasionadas por mudanças de uso não necessariamente implicam em degradação da terra. Para entender mudanças, somente classificação da cobertura não é suficiente; é necessário entender sua função (uso) e os agentes envolvidos.

Inicialmente, havia uma preocupação com essas mudanças. A preocupação era global, impulsionada pelos impactos provocados pelo desflorestamento, no ciclo do carbono e na perda da biodiversidade e em áreas urbanas, como apoio ao planejamento.

Atualmente, a preocupação se tornou maior, pois há a vulnerabilidade das pessoas e lugares a mudanças de uso e, em um nível mais amplo, às mudanças climáticas. Está sendo também um suporte para políticas públicas de mitigação e adaptação, assim como ordenamento territorial. A preocupação com as mudanças atingiu três níveis de escala: a escala global, a regional e a local.

As mudanças de uso e cobertura podem influenciar tanto no ciclo do carbono como no ciclo hidrológico provocando mudanças climáticas; na biodiversidade, na susceptibilidade ao fogo, nas populações e na perda de solos.

Por outro lado, o processo de mudanças climáticas poderá influenciar sistemas naturais e humanos (incluindo dinâmica de uso da terra) de diversas formas.

As mudanças de uso e cobertura no contexto das mudanças globais ocorrem através de um ciclo sendo que este ocorre da seguinte forma: as mudanças climáticas (aumento da temperatura, mudanças nos níveis de precipitação, aumento do nível do mar, variabilidade e eventos extremos) influenciam nos sistemas humanos e naturais (recursos terrestres e aquáticos, ecossistema e biodiversidade, áreas povoadas e infra-estrutura, sistemas agrícolas, saúde humana) que por sua vez influenciam através da vulnerabilidade e são influenciados através da adaptação, os caminhos de desenvolvimento econômico (mudanças demográficas,

crescimento econômico, tecnologia, políticas públicas e instituições) que influenciam as emissões e concentrações (gases do efeito estufa e aerossóis, provenientes, queima de combustíveis fósseis, mudanças de cobertura) que por sua vez, fechando o ciclo, influenciam nas mudanças climáticas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Como objetivo geral, pretende-se analisar uma série multitemporal de imagens de satélite da microbacia hidrográfica do Arroio Grande, a fim de detectar mudanças nos usos e na cobertura da terra, sua localização e também a sua quantificação.

2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, estabeleceu-se:

- 1) Quantificar os tipos de usos da terra para todas as datas estudadas;
- 2) Entender as causas e mudanças de uso e cobertura da terra.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Mudanças de uso e cobertura da terra

Os conceitos de cobertura do solo e uso do solo são similares, podendo se confundir em alguns casos, mas não são equivalentes. De acordo com Turner *et al.* (1994), citado por Briassoulis (1999), cobertura do solo compreende a caracterização do estado físico, químico e biológico da superfície terrestre, por exemplo, floresta, gramínea, água, ou área construída. Já uso do solo se refere aos propósitos humanos associados àquela cobertura, por exemplo, pecuária, recreação, conservação, área residencial, etc.

Conforme Aguiar (2002), tem um grande valor à questão de mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo (aspectos naturais e humanos), pois ao que se refere a modelos ambientais, estes tem despertado interesse, dentro e fora do meio científico, devido ao acelerado processo de mudança das últimas décadas e aos possíveis impactos ambientais e sócio-econômicos que essas mudanças possam causar, desde o nível global até o local:

- Em termos globais, são questões de interesse o inter-relacionamento entre os padrões de uso/cobertura da terra e o aquecimento global, a diminuição na camada de ozônio e o aumento do nível do mar (como resultado do aquecimento global); os processos de desertificação, perda da biodiversidade e destruição de habitats. Em termos sócio-econômicos, são questões de interesse: a disponibilidade de alimentos e de água para a crescente população mundial, as migrações humanas, e as questões de segurança humana frente a alterações/acidentes causadas por fenômenos naturais ou mudanças tecnológicas;
- Em termos regionais, as questões ambientais relacionadas a mudanças no uso/cobertura do solo são bem conhecidas: poluição do ar e da água, degradação do solo, desertificação, eutrofização de corpos d'água, acidificação, assim como as questões de perda de biodiversidade;

- Em nível local, podem ser citados os problemas de erosão, sedimentação, contaminação e extinção de espécies. Em termos sócio-econômicos, as mudanças de uso do solo afetam as estruturas de emprego, produtividade da terra, qualidade de vida, etc.

Para Turner *et al.* (1995), as mudanças no uso do solo são fundamentais ao interesse da comunidade que pesquisa as mudanças ambientais globais. As mudanças no uso do solo influenciam as mudanças de clima, a perda de biodiversidade e as interações do homem com o meio ambiente, tais como: a produção de comida, a água, os recursos naturais e a saúde humana.

3.2 Sensoriamento remoto aplicado à dinâmica da paisagem

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um processo onde se é coletada uma informação a respeito de um objeto, área ou fenômeno, sem entrar em contato com ele.

Para Novo (1992), a técnica de Sensoriamento Remoto consiste na utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do Planeta Terra, em suas mais diversas manifestações.

Já o INPE (2010) [b], conceitua Sensoriamento Remoto como:

O conjunto de atividades que têm por objetivo determinar propriedades de alvos de detecção, registro e análise da radiação eletromagnética por eles refletida e/ou emitida.

Para a construção de um modelo de dinâmica da paisagem, o primeiro passo consiste no mapeamento dos padrões mutáveis de uso e cobertura do solo da área escolhida para o estudo. Sendo que, para tanto, são necessários métodos de levantamento que possibilitem identificar as mudanças na paisagem. Neste sentido, podem ser utilizados como fonte de dados: mapas previamente existentes, levantamentos de campo, fotografias aéreas, dados publicados por censos

demográficos e agrícolas e sensoriamento remoto orbital, sendo que este último, vem recebendo uma atenção especial, pelo desenvolvimento e aplicação de suas técnicas para o monitoramento de fenômenos e processos ambientais.

Pode-se dizer que, devido aos seus dados multiespectrais serem coletados de modo repetitivo, o sensoriamento remoto orbital oferece a oportunidade para a análise da dinâmica de vários fenômenos espaciais, em abordagens que variam de escalas locais a globais.

O sensoriamento remoto orbital possibilita categorizar os diferentes tipos de ocupação e uso do solo, através da análise da geometria, tamanho, localização e arranjo espacial das áreas. Como resultado, índices de estrutura de paisagem, obtidos de imagens de sensoriamento remoto orbital, poderão ser usados não só para se monitorar as grandes mudanças nas paisagens como também para se prever a evolução do padrão da paisagem.

3.3 Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográficas

A necessidade de obtenção de informações aumentou consideravelmente com o avanço e o desenvolvimento técnico-científico dos seres humanos, e a rapidez com que estas informações são necessárias inviabilizou os sistemas até então utilizados de sobreposição de mapas desenhados em folhas transparentes, onde cada mapa era feito de uma forma diferente apresentando um tipo de ocupação, seja natural ou antrópica. Os mapas eram colocados sob uma “mesa de luz”, onde se identificava, por exemplo, as áreas de possíveis problemas do uso da terra, que posteriormente compiladas para outro mapa calculava-se a área ou distância através de métodos que necessitavam de grande mão-de-obra e levavam muito tempo, além da falta de precisão, gerando assim um custo elevado na elaboração das informações.

Com a evolução tecnológica dos sensores remotos, processamento de dados eletrônicos e a popularização de equipamentos como o GPS (Sistema de Posicionamento Global), impressoras, scanners, computadores pessoais com grande capacidade de processamento e armazenamento de informações é que

resolveram então grande parte dos problemas de mão-de-obra, tempo e precisão relativos às informações geradas pelos mapas mencionados anteriormente.

Com toda esta tecnologia aliada às imagens de satélites, foi possível através da sua magnitude e abrangência de conhecimento, o desenvolvimento de novas técnicas de Geoprocessamento.

Para SILVA et all (1998), Geoprocessamento é um conjunto de procedimentos computacionais que, operando sobre um banco de dados geocodificados, executam análises e reformulações de dados ambientais tornando-se utilizáveis em um sistema de processamento automático.

Através da evolução dos computadores, como já foi comentado anteriormente, tanto em memória, aplicativos ou periféricos, favoreceu-se um aumento no número de informações, propiciando o desenvolvimento de sistemas de informações destinados ao processamento dos dados referenciados geograficamente, desde a sua aquisição até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos em meio magnético, etc, provendo ainda recursos para o seu armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise dos dados através do banco de dados. Este sistema é conhecido como SIG (Sistemas de Informações Geográficas) tendo sua nomenclatura original conhecida como GIS (Geographic Information System).

Para Calijuri e Röhm (1994), os Sistemas de Informações Geográficas é a tecnologia utilizada para realizar investigação de fenômenos diversos, relacionados com engenharia urbana, meio ambiente, pedologia, vegetação e bacias hidrográficas, dizendo ser um conjunto de tecnologias com procedimentos e equipamentos projetados para capturar, armazenar e gerenciar, informações referentes a características espaciais, de uma região, usando mapas, fotografias aéreas, imagens orbitais e informações de campo.

Segundo BURROUGH (1991), os Sistemas de Informações Geográficas, seriam aplicativos constituídos de cinco módulos. Cada módulo seria constituído por um subsistema que permitiria as operações de entrada e verificação de dados, armazenamento e gerenciamento de banco de dados, apresentação e saída de dados, transformação de dados e interação com o usuário.

Já NOGUEIRA (1996), afirma que o modelamento matemático em Sistemas de Informações Geográficas é uma ferramenta que permite, a partir de mapas georreferenciados e com valores de atributos conhecidos, manipular e realizar

operações com diferentes fatores ambientais controlando assim os recursos naturais de uma região.

Também para Câmara e Medeiros (1998), os Sistemas de Informações Geográficas são compostos pelos seguintes componentes: interface com usuário; entrada e integração de dados; consulta, análise espacial e processamento de imagens; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Com base nesses dados gerados, é possível realizar várias combinações de planos de informação, assim como a superposição dos temas sobre imagens de diferentes épocas, sendo possível com isso estudar vários fatores ambientais e efetuar o monitoramento da evolução do uso da terra em uma determinada área.

Conforme Costa (2000), as análises desenvolvidas no SIG podem ser simples como as realizadas no CAD (*Computer Aided Design*), contudo a capacidade do SIG é ampliada quando são utilizados os módulos de modelagem, como o cruzamento de mapas de forma analítica, "overlay". A modelagem é expressa por algoritmos ou fórmulas matemáticas de acordo com a aplicação.

Pelo exposto acima, observa-se que existe uma multiplicidade de usos e visões que apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. Como mencionado, os SIGs podem ser aplicados para uma vasta gama de atividades, que conforme Costa (2000), são:

- Integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro rural urbano, imagens de satélite, redes e modelos numéricos do terreno;
- Combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação e análise para gerar mapeamentos derivados, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados;
- Efetuar a superposição de informações temáticas dos mais variados temas;
- Estruturar dados geo-ambientais, políticos, sociais e econômicos;
- Realizar a análise qualitativa e quantitativa dos diferentes tipos de uso da terra.

3.4 Microbacia hidrográfica como unidade de estudo

A microbacia, segundo Moldan e Cerny (1994) apud Machado (2002), é a menor unidade da paisagem capaz de integrar todos os componentes relacionados com a qualidade e disponibilidade de água, tais como, atmosfera, vegetação natural, plantas cultivadas, solos, rochas subjacentes, corpos d'água e paisagem circundante. Para Lima (1999), a microbacia hidrográfica constitui a manifestação bem definida de um sistema natural aberto e pode ser vista como uma unidade ecossistêmica da paisagem, em termos de integração de ciclos naturais de energia, de nutrientes e, principalmente, da água.

De acordo com Rocha (1991), o conceito de microbacia é o mesmo de uma bacia hidrográfica, ou seja, está relacionado com aquelas áreas que são drenadas pelas águas de chuvas, as quais, por ravinas, canais e tributários, dirigem-se para um curso principal, com vazão afluyente convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago. A única diferença é a sua dimensão, que não deve ser maior que 10.000 hectares.

Também em relação ao fator área na distinção entre os termos bacia e microbacia hidrográfica, Lima e Zakia (2000) explicam que, sob o ponto de vista da hidrologia, a classificação das bacias hidrológicas em grandes e pequenas deve ser feita com base não somente na sua superfície total, mas também considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração de deflúvio.

Segundo os mesmos autores, as microbacias têm como características distintas uma grande sensibilidade tanto a chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal). Quer isso dizer que as alterações na quantidade e na qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no uso do solo, são detectadas com muito mais sensibilidade nas microbacias do que nas bacias grandes. Nestas últimas, o efeito de armazenamento da água pluvial ao longo dos canais é tão pronunciado que a bacia torna-se menos sensível àqueles dois fatores (chuvas intensas e mudança no uso e ou cobertura do solo).

Para Leonardo (2003), um conceito mais recente que vem a complementar o entendimento dessa diferença entre microbacias e bacias grandes é a noção de escalas de análise da sustentabilidade. A partir desta, obtém-se uma importante

contribuição para o monitoramento dos impactos ambientais de forma orientada: a identificação das causas desses impactos.

O importante, segundo Machado (2002), é que o conceito adotado para a delimitação da microbacia de drenagem deve garantir que a área escolhida seja integradora de todos os processos envolvidos no objetivo da análise e que apresente certo grau de homogeneidade de forma que estratégias, ações e conclusões gerais possam ser estabelecidas para toda a área delimitada.

Na Figura 1, pode-se observar a representação esquemática de uma microbacia hidrográfica. O rio aparece no fundo do vale principal, para onde as águas de toda a bacia convergem. A união de pontos mais altos com a foz do rio resulta na linha delimitadora da bacia que corresponde ao divisor de águas principal.

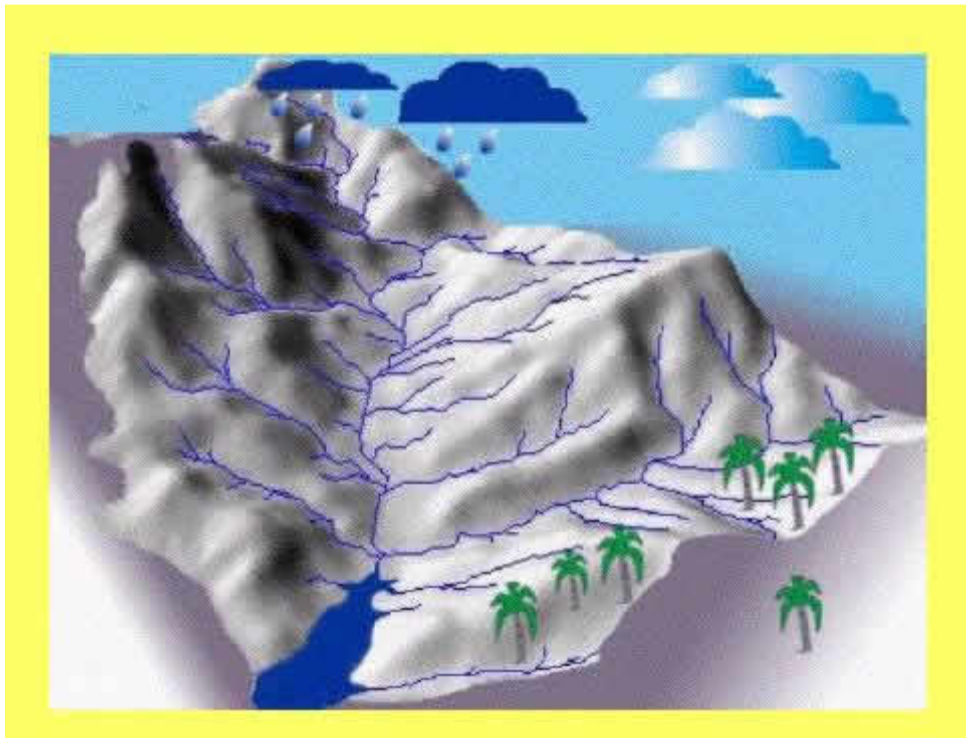


Figura 1 – Representação esquemática de uma microbacia hidrográfica

Fonte: <http://www.abagrp.org.br/monitoramento/areas/hidrografia.htm>. Acesso em 02 de Março de 2010.

De acordo com Leonardo (2003), os indicadores ambientais prestam-se, dentre outras finalidades, a avaliar e monitorar as intervenções humanas sobre os

recursos naturais, a elaboração e execução de planos de manejo, bem como de programas de monitoramento ambiental. A partir de uma mesma base conceitual, pode-se potencializar o entendimento das relações de causa e efeito entre as ações antrópicas (causas) e os seus impactos ambientais (efeitos). Os indicadores ambientais são, portanto, parte intrínseca à metodologia a ser empregada para tal finalidade. Com isso, as referidas escalas de análise ambiental prestam-se também como escalas de planejamento ambiental.

Segundo o mesmo autor, para se elaborar uma metodologia de avaliação que incorpore indicadores de sustentabilidade, visando orientar as ações humanas a partir das respostas obtidas com o monitoramento, torna-se imprescindível uma discussão sobre o significado de “sustentabilidade”. Maser et al. (1999) explica que uma das maiores dificuldades das metodologias de avaliação de sustentabilidade já propostas na literatura é precisamente o desenvolvimento de critérios e indicadores sem uma discussão adequada do conceito de sustentabilidade subjacente.

3.5 Importância do levantamento do uso da terra

De acordo com Loch (1984), a expressão “uso da terra” pode ser compreendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos de uso desordenado causam a deterioração do ambiente.

Ainda conforme o autor, o levantamento do uso da terra numa região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Qualquer que seja a aparência ou característica do uso da terra, raramente permanece inalterável. Desse modo, há necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que suas tendências possam ser analisadas.

Moreno (1971) apud Pereira (1986) menciona a importância do levantamento do uso da terra como subsídio básico de planejamento, já que possibilita a identificação de paisagens geográficas, a previsão de ampliação da área agrícola, seus respectivos problemas e soluções, determinando áreas prioritárias.

Conforme INPE (1980), as informações atualizadas sobre o uso da terra e a sua distribuição são essenciais para o manejo eficiente dos recursos agrícolas e florestais havendo a necessidade sempre crescente de constantes atualizações sobre os registros de uso da terra, para que suas tendências possam ser analisadas.

Para Giotto (1981), o monitoramento do uso da terra recebe importância redobrada, pois, além de permitir avaliar as alterações provocadas pela ação do homem, fornece informações essenciais para o manejo eficiente dos recursos naturais. Neste contexto, surgem medidas como: previsões de safras como suporte básico ao processo de comercialização; cobertura florestal e suas alterações; determinação de novas áreas de expansão agrícola e florestal.

Carneiro (1980) comenta que, com o problema de escassez de recursos naturais, alimentos, energia e outros, começa-se a sentir a necessidade real do conhecimento atualizado do que se tem e do que se terá em recursos naturais para se planejar e manejar as necessidades e produções futuras.

Rocha (1977) apud Fabrin (1995) comenta a necessidade de levantamentos para fins de planejamento da utilização dos recursos naturais renováveis, mostrando que tais planos são úteis para um desenvolvimento integrado do meio rural. Sugere, ainda, planos especiais de utilização da terra, dentre os quais o florestamento e o reflorestamento, salientando que é do conhecimento no meio técnico agrário brasileiro que uma das principais causas da baixa produtividade agropecuária/florestal é a implantação de exploração da pecuária de forma inadequada.

Também os trabalhos de Miranda et al. (1995) enfocam a necessidade e importância do levantamento do uso das terras, da avaliação e adequabilidade das mesmas e as dificuldades existentes nos métodos convencionais, sem o uso de imagens de satélite. A avaliação da adequabilidade, de forma circunstanciada e atual, depende do conhecimento do uso das terras de uma região.

3.6 Programa LANDSAT

De acordo com a Engesat (2011), no dia 23 de Julho de 1972, a NASA (National Aeronautics and Space Administration) lançou nos Estados Unidos um

primeiro satélite chamado ERTS 1 (*Earth Resources Technology Satellites*), no quadro do Programa Espacial " *Earth Resources Technology Satellite*". Este Programa Espacial e os satélites que o compõe foi em seguida rebatizado "Landsat" para melhor sugerir o enfoque do seu esforço sobre Sensoriamento Remoto de Recursos Naturais Terrestres.

Segundo Novaterra (2010), pode se afirmar que o Programa Landsat foi um dos principais precursores do largo uso que se dá hoje para imagens de satélites de sensoriamento remoto no mundo, tendo firmado conceitos como taxa de revisita, órbita-ponto fixa (path-row) e muitas outras.

Os sensores TM e ETM dos satélites LANDSAT 5 e 7 possuem sete (7) bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite, de acordo com o DGI (2011).

Segundo o mesmo autor, uma imagem inteira do satélite representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km. A resolução geométrica das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de 30 m (isto é, cada "pixel" da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha). Para a banda 6, a resolução é de 120 m (cada "pixel" representa 1,4ha).

3.7 Características orbitais do satélite LANDSAT:

Altitude = 705 km

Velocidade = 7,7 km/seg

Peso = 2 ton.

Tempo de obtenção de uma cena = 24 seg.

Segundo o DGI (2011), o mapeamento temático a partir de cada uma dessas bandas depende ainda das características da área em estudo (região plana ou acidentada); época do ano (inverno ou verão); ou de variações regionais (Nordeste, Sudeste, Sul, Amazônia, Pantanal). Os trabalhos de interpretação das imagens tornam-se mais fáceis quando o fotointérprete tem conhecimento de campo.

Tabela 1 – Principais características e aplicações das bandas TM do Satélite Landsat

Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas <i>TM</i> do satélite LANDSAT-5
1	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com <i>pinus</i> e <i>eucalipto</i> . Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.

Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas <i>TM</i> do satélite LANDSAT-5
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos

Fonte: Novaterra (2010)

3.7 Programa CBERS

De acordo com INPE (2010) [a], o Programa CBERS nasceu de uma parceria inédita entre Brasil e China no setor técnico-científico espacial. Com isto, o Brasil ingressou no seleto grupo de Países detentores da tecnologia de sensoriamento remoto. E desta forma, obteve uma poderosa ferramenta para monitorar seu imenso território com satélites próprios de sensoriamento remoto, buscando consolidar uma importante autonomia neste segmento.

Ainda segundo o mesmo autor, o satélite CBERS possui um conjunto de sensores ou instrumentos – WFI (Câmera de Amplo Campo de Visada), CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução), IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução), e HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução) com alto potencial de atender a múltiplos requisitos de aplicações. Porém, cada um desses sensores tem características próprias que os tornam mais adequados a certas categorias de aplicações.

O potencial de aplicação de um dado sensor é estabelecido em função de suas características de resolução espacial, resolução temporal, e características

espectrais e radiométricas. A fim de maximizar os resultados para melhor relação custo/benefício deve-se considerar o compromisso entre as necessidades da aplicação e as características dos sensores. A seguir são indicadas algumas aplicações da câmera CCD, entretanto o universo de aplicações é muito mais amplo, de acordo com INPE (2010) [a].

A **Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD)**, por possuir uma boa resolução espacial – 20 metros – em quatro bandas espectrais, mais uma pancromática, presta-se à observação de fenômenos ou objetos cujo detalhamento seja importante. Por possuir um campo de visada de 120 km, auxilia nos estudos municipais ou regionais. Dada a sua frequência temporal de 26 dias, pode servir de suporte na análise de fenômenos que tenham duração compatível com esta resolução temporal. Essa resolução temporal pode ser melhorada, pois a CCD tem capacidade de visada lateral. Suas bandas estão situadas na faixa espectral do visível e do infravermelho próximo, o que permite bons contrastes entre vegetação e outros tipos de objetos. Destacam-se como aplicações potenciais da CCD:

Vegetação: identificação de áreas de florestas, alterações florestais em parques, reservas, florestas nativas ou implantadas, quantificações de áreas, sinais de queimadas recentes.

Agricultura: identificação de campos agrícolas, quantificação de áreas, monitoramento do desenvolvimento e da expansão agrícola, quantificação de pivôs centrais, auxílio em previsão de safras, fiscalizações diversas.

Meio ambiente: identificação de anomalias antrópicas ao longo de cursos d'água, reservatórios, florestas, cercanias urbanas, estradas; análise de eventos episódicos naturais compatíveis com a resolução da Câmera, mapeamento de uso do solo, expansões urbanas.

Água: identificação de limites continente-água, estudos e gerenciamento costeiros, monitoramento de reservatórios.

Cartografia: dada a sua característica de permitir visadas laterais de até 32° a leste e a oeste, em pequenos passos, possibilita a obtenção de pares estereoscópicos e a conseqüente análise cartográfica. Essa característica também permite a obtenção de imagens de uma certa área no terreno em intervalos mais curtos, o que é útil para efeitos de monitoramento de fenômenos dinâmicos.

Geologia e solos: apoio a levantamentos de solos e geológicos.

Educação: geração de material de apoio a atividades educacionais em geografia, meio ambiente, e outras disciplinas.

3.8 Classificação de imagens

A técnica de classificação de imagens consiste na associação de cada píxel a uma parte ou a um todo de um objeto do mundo real, tratando-se de um problema de reconhecimento em que os valores numéricos presentes em uma imagem devem estar associados à identificação de um tipo de cobertura da terra, sendo que o usuário do sistema deve esperar que o processo de classificação seja automatizado, executando a associação dos valores numéricos com a característica de reflectância espectral de cada uma das classes existentes na superfície (INPE, 2010).

Moreira (2003) destaca que 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 píxel da imagem segundo a ocupação do solo, semelhante o que se faz na abordagem visual. Para tal, utilizam-se programas apropriados, também denominados algoritmos de classificação ou simplesmente classificadores. A categorização (rotulação) dos valores de 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, envolvendo duas fases distintas: o treinamento e a classificação propriamente dita.

Segundo Novo (1992), a classificação supervisionada, que será utilizada nessa pesquisa para agrupar os padrões de imagens semelhantes em classes de uso da terra, o classificador orienta sua busca de classes a partir de amostras de treinamento feitas anteriormente com as classes de interesse da cena. Na classificação não supervisionada, o classificador separa classes espectralmente semelhantes pertinentes à cena, sendo essa técnica chamada de segmentação de imagens.

3.9 Avaliação da classificação

Segundo Congalton e Green (1999), os mapas ajudam a medir a extensão e distribuição dos recursos, analisar interações, identificar locais apropriados para ações específicas (por exemplo, intervenção ou preservação de um local) e planos para eventos futuros. No entanto, decisões efetivas requerem mapas de conhecimento acurado.

Um dos parâmetros mais utilizados e eficientes para quantificar a exatidão de levantamentos de uso da terra é o índice Kappa, que é obtido mediante a adoção de uma referência para comparação dos mapeamentos produzidos. Nesse caso, a análise da exatidão dos mapeamentos é obtida através de matrizes de confusão ou matrizes de erro, que apresentam a distribuição de percentagem de pixels classificados corretamente e incorretamente, sendo posteriormente calculado o índice Kappa de concordância. A confiabilidade da matriz de erros depende de amostragem, registro e conhecimento, sendo importante que a amostra de treinamento seja bem homogênea e representativa da classe de interesse (Congalton e Green, 1999).

Congalton (1992) destaca que o índice Kappa é um coeficiente baseado na diferença entre concordância observada (diagonal principal da matriz de confusão com a concordância entre a classificação e os dados de referência) e a chance de concordância entre os dados de referência de uma classificação aleatória (produto entre os totais marginais da matriz). A equação que fornece o valor de Kappa é apresentada a seguir:

$$\hat{k} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}}$$

Onde: r= Número de Classes; x_{ij}= Números de elementos classificados corretamente; x_{i+} = Total de elementos classificados para uma categoria i; x_{+i} =

Total de elementos de referência amostrados para uma categoria i ; N = Número total de amostras.

O valor do coeficiente de Kappa (K) varia entre 0 e 1, em que o valor 1 representa uma completa concordância entre a imagem classificada com o dado de referência. O valor K pode ser comparado com os valores e conceitos contidos na Tabela 2, desenvolvidos por Landis et al. (apud ESTEVAM, 2006), e dessa forma, avaliar o mapa temático obtido da classificação da imagem.

Tabela 2 – Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente Kappa

Valor do Kappa	Qualidade da Classificação
< 0,00	Péssima
0,0 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis et al. (apud ESTEVAM, 2006, p. 52).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da área de estudo

A Microbacia Hidrográfica do Arroio Grande encontra-se localizada entre as seguintes coordenadas geográficas: 29°29'20" e 29°43'25" S e 53°33'47" e 53°48'12" W, na região central do Estado do Rio Grande do Sul, na microrregião geográfica de Santa Maria.

A mesma possui uma área de 35.326,75 ha, localizados nos municípios de Santa Maria, Silveira Martins e Itaara.

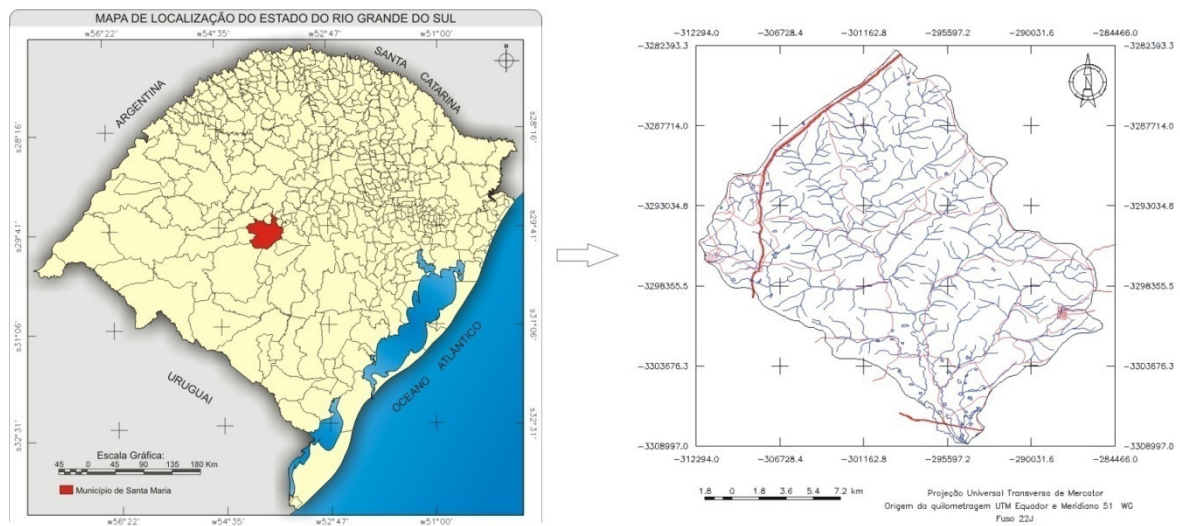


Figura 2 – Localização da área de estudo.

Fonte: O autor.

4.2 Caracterização da área de estudo

O clima é subtropical úmido, do tipo “Cfa”, segundo a classificação de Köppen (Moreno, 1961), caracterizado por temperatura média anual entre 17,9° e 19,2°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano sendo que a precipitação média anual fica em torno de 1400 a 1760 mm.

Para Brena e Longhi (2002), a vegetação da área constitui-se de Floresta Estacional Decidual. Esta é caracterizada por uma grande densidade de indivíduos, com estratos que variam desde espécies herbáceas até espécies com mais de 30 metros de altura. As florestas são tipicamente ombrófilas, que avançaram sobre os campos, resquícios de um clima árido e frio, e sobre as matas de araucárias. Também ocorrem na área espécies comuns das formações secundárias, especializadas na formação de clareiras.

Conforme Reitz *et al.* (1988), a espécie responsável pela fitofisionomia da Floresta Estacional Decidual da Depressão Central do Estado é a grápia (*Apuleia leiocarpa*), uma vez que a mesma dominava o estrato emergente juntamente com o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), a cabreúva (*Myrcarpus frondosus*) e a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*). No estrato denso são muito comuns a guajuvira (*Patagonula americana*), o marmeleiro do mato (*Ruprechtia laxiflora*) e a batinga-vermelha (*Eugenia rostrifolia*).

São encontrados seis tipos de solo na microbacia, de acordo com a classificação de solos do Rio Grande do Sul proposta por Streck *et al.* (2002) em conformidade com as normas estabelecidas pela EMBRAPA: Argissolo vermelho-amarelo alumínico (PVAa3), Argissolo vermelho distrófico arênico (PVd2), Alissolo hipocrônico argilúvico (APt2), Planossolo hidromórfico (SGe1), associação de Chernossolo férrico com Neossolo litólico eutrófico chernossólico (MTf – Rle1).

Os Argissolos são solos geralmente profundos a muito profundos e bem drenados, apresentando um perfil com uma seqüência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C.

Os Alissolos são solos medianamente profundos, apresentando um perfil com uma seqüência de horizontes A-B-C, onde o horizonte B pode ser do tipo B textural ou B nítico.

Já os Planossolos são solos imperfeitamente ou mal drenados, encontrados em área de várzea, com relevo plano a suave ondulado. Apresentam perfis com seqüências de horizontes A-E-Bt-C, com o horizonte A geralmente de cor escura e o horizonte E de cor clara.

Os Chernossolos são solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma seqüência de horizontes A-B-C. Esses solos se caracterizam por apresentar razoáveis teores de material orgânico, o que confere cores escuras ao horizonte superficial que é do tipo A chernozêmico.

E os Neossolos são solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma seqüência de horizontes AR, ou A-C-R, ou O-R, ou H-C. São solos de formação muito recente e encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem (Streck *et al.* 2002).

Na microbacia, são encontradas as seguintes formações geológicas: Formação Aluvionar, Formação Rosário do Sul, Formação Basalto Serra Geral, Formação Arenito Botucatu e Formação Riólito Serra Geral.

Segundo o IBGE (1986), a Formação Aluvionar é formada por areias e cascalheiras em planícies de inundação e terraços da rede hidrográfica atual e sub-atual. Já a Formação Rosário do Sul apresenta características de deposição em ambiente fluvial, constituindo em arenitos bastante finos, de baixa permeabilidade, o que acaba proporcionando uma maior proteção aos solos.

Já Maciel Filho (1990), salienta que a Formação Arenito Botucatu apresenta solos residuais e arenosos, com permeabilidade alta e processos erosivos intensos em solos residuais e baixos em solos litificados. A Formação Basalto Serra Geral apresenta solos litólicos constituídos por fragmentos basálticos, de baixa estabilidade nos taludes e com intensos movimentos de massas, apresentando permeabilidade fissural. Já a Formação Riólito Serra Geral possui comportamento semelhante ao basalto Serra Geral, segundo o mesmo autor.

4.3 Material

Para a realização deste trabalho, foi elaborado um banco de dados com imagens digitais da área de interesse. Estas imagens foram obtidas através da plataforma do Satélite LANDSAT, sensores TM e ETM+ e do satélite CBERS 2B.

Tabela 3 – Imagens de satélites utilizadas

SATÉLITE	SENSOR	ÓRBITA-PONTO	DATA
LANDSAT 5	TM (Thematic Mapper)	233-080	15/03/1987
LANDSAT 5	TM (Thematic Mapper)	233-080	23/10/1995
LANDSAT 7	ETM+ (Enhanced Thematic Mapper)	233-080	15/03/2002
CBERS 2B	CCD (Charge Couple Device)	160-133	04/04/2009

Fonte: NASA e INPE

Os demais materiais usados foram:

- Cartas topográficas, usadas como mapas base para localização e georreferenciamento das imagens:

Tabela 4 – Cartas Topográficas utilizadas:

Nome	Código	Escala
Camobi	FOLHA SH 22-V-C-IV-2, MI – 2965/2	1:50.000
Santa Maria	FOLHA SH 22-V-C-IV-1, MI – 2965/1	1:50.000
Val de Serra	FOLHA SH 22-V-C-I-4, MI – 2948/4	1:50.000

Fonte: DSG (Exército Brasileiro)

- Softwares para o processamento digital das imagens, elaboração dos modelos, análise e interpretação dos dados, armazenamento dos dados e elaboração de mapas.

Os aplicativos operacionais utilizados foram os seguintes:

- **SPRING 4.3.3:** O Spring (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas) foi utilizado para o registro, georreferenciamento, contraste, composição, segmentação, para a classificação das imagens e para o cruzamento dos planos de informação;
- **IMPIMA 4.3.3:** é o aplicativo que acompanha o SPRING e serve para a conversão de formatos de imagens, como também para os processos de recorte de imagem e alteração de tamanho (resolução);
- **SCARTA 4.3.3:** programa acessório do SPRING, utilizado para confeccionar os mapas a partir das imagens classificadas no SPRING;
- **IPLOT 4.3.3:** programa acessório do SPRING, utilizado para modificar o formato do arquivo gerado no SCARTA.

- GPS:

Para localizar e fazer a georreferência das imagens foi utilizado o GPS Garmin (Etrex). Foram coletados alguns pontos de controle que apresentavam temas bem característicos, a fim de ser feita a reambulação temática, ou seja, conferir se os temas encontrados nas imagens vão ao encontro com os encontrados a campo.

4.4 Método

Numa primeira etapa do trabalho será construída uma base de dados cartográficos digitais a partir de um levantamento histórico de imagens orbitais representativas da microbacia. E numa segunda etapa o processamento digital das imagens.

Será feita uma análise como um todo das mudanças de uso e cobertura da terra usando dados de satélites de sensoriamento remoto, mapas temáticos e mapas

de uso da terra válidos para a microbacia. As mudanças de uso e cobertura da terra serão avaliadas a partir de imagens dos sensores TM e ETM *Plus* do Satélite LANDSAT e do sensor CCD do Satélite CBERS 2B, através de imagens multitemporais, datadas entre 1987 e 2009.

Para cada época distinta, serão quantificadas através do processamento digital de imagens as áreas relativas a cada tipo de uso e cobertura da terra. A partir desta etapa do trabalho serão gerados planos de informação contendo a localização e a quantificação destes usos e coberturas.

4.4.1 Elaboração da base de dados cartográficos

Inicialmente, as cartas topográficas (em meio digital) foram importadas pelo programa Adobe Photoshop, para mosaicagem e gravação em formato TIFF.

No programa Impima 4.3.3, o mosaico das cartas foi salvo em formato GRIB, a fim de poder ser importado pelo SPRING 4.3.3. Antes de se importar o mosaico no SPRING, criou-se um banco de dados e um projeto com projeção CYLINDRICAL/WGS84.

Então, o mosaico foi georreferenciado (registro), de modo que os pontos de controle foram obtidos dos cruzamentos de coordenadas UTM que existem nas cartas topográficas. Fez-se a importação do mosaico através da separação das bandas nos canais RGB, a fim de poderem ser desenhadas com várias composições no SPRING.

Em seguida, foram digitalizadas as entidades geográficas: o polígono máscara do limite da microbacia, a rede viária, a rede de drenagem. Cada entidade foi digitalizada como sendo um plano de informação individual, formando, assim, uma camada de informação distinta.

Foram criadas várias categorias que continham os planos de informação: imagem, com as bandas e composições em RGB das imagens LANDSAT e CBERS; drenagem, com toda a rede de drenagem; estradas, com rodovias, ferrovias e caminhos; limites, com o limite da microbacia; uso da terra, com as imagens classificadas nos temas pré-estabelecidos e cruzamentos, com as imagens

classificadas e cruzadas em programação LEGAL a fim de serem detectadas mudanças na área de estudo.

4.4.2 Processamento digital das imagens

Inicialmente, a imagem (órbita/ponto) inteira foi importada pelo Impima 4.3.3 no formato TIFF. Cada banda foi salva separadamente, tanto as do LANDSAT 5, como LANDSAT 7 e CBERS 2. Após cada banda ser recortada (área da microbacia) e salva em formato GRIB, foi trabalhada no SPRING.

4.4.2.1 Georreferenciamento das imagens

A georreferencia é de fundamental importância para o desenvolvimento de projetos baseados em SIGs, uma vez que o espaço geográfico é constituído por um conjunto de diferentes planos de informação que devem possuir o mesmo sistema de referência para que possam ser sobrepostos.

O procedimento de georreferenciamento (registro) das imagens foi obtido da seguinte forma:

- 1) A carta topográfica foi desenhada na tela no SPRING com as coordenadas planas ativas e a imagem falsa-cor foi desenhada na tela 5, a fim de se fazer o georreferenciamento;

- 2) Foram escolhidos pontos de controle visíveis na composição falsa-cor e na carta topográfica tais como cruzamentos de rodovias, ferrovias, trevos urbanos e rios;

- 3) Foram adquiridas as coordenadas dos pontos de controle, identificados como X,Y , representando o mesmo lugar, na imagem processada e na carta topográfica;

- 4) Gerou-se arquivo em formato ASCII, com os pares de coordenadas, sendo a primeira linha utilizada para especificar o número de pares de coordenadas finais

do arquivo; em seqüência, os pontos X,Y da imagem; e as coordenadas obtidas na carta topográfica.

Finalmente, com o arquivo de referência gerado, o passo seguinte foi realizado automaticamente pelo aplicativo, sendo empregada uma operação matemática baseada no método do vizinho mais próximo, descrevendo a relação entre os dois sistemas de coordenadas, de modo que todos os pontos-imagem são calculados e convertidos para o novo sistema de referência estipulado.

As bandas da imagem já georreferenciada foram então importadas pelo SPRING, no qual se aplicou contraste, a fim de melhorar a visualização das feições na imagem. Então, foram feitas as composições com as bandas nos canais RGB para melhorar a identificação dos temas a serem classificados.

4.4.2.2 Segmentação das imagens

Através desse procedimento, a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, em que algumas dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador.

Os processos utilizados para dividir as imagens em regiões espectralmente homogêneas, implementados no SPRING, são três: o crescimento de regiões, a detecção de bordas e a combinação desses dois. Neste estudo, utilizou-se o crescimento de regiões.

O limiar de similaridade é o valor mínimo abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região, enquanto que o limiar de área define o número mínimo de pixels necessários para que uma área seja individualizada. Neste estudo, adotou-se 10 para similaridade e 20 para área, respectivamente, por se tratarem de valores já utilizados por outros pesquisadores, como Ruhoff (2004).

A classificação digital foi conseguida pelo algoritmo classificador de regiões Bhattacharya (algoritmo de classificação supervisionada, que requer a seleção de áreas de treinamento, podendo utilizar as regiões separadas durante o processo de segmentação ou polígonos representativos das regiões a serem classificadas) com uma aceitação de 100% para as amostras em cada classe criada. A medida de

distância de Bhattacharya foi utilizada neste classificador por regiões para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais.

4.4.2.3 Reambulação temática

Esta etapa foi realizada visando à confirmação a campo dos padrões da imagem que apresentavam dúvidas quanto ao tema. Isto foi possível com a coleta de informações no campo, com base no material cartográfico elaborado e do GPS, utilizado para coletar as coordenadas do local amostrado como um padrão, e a posterior comparação desses pontos com a imagem classificada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise dos resultados das classificações

Para realizar uma análise dos resultados das classificações dos períodos estudados, é preciso primeiramente analisar a confiabilidade das classificações realizadas.

A avaliação da confiabilidade de classificação das imagens de satélite dos períodos de 1987, 1995, 2002 e 2009 foi realizada por meio da aplicação do índice Kappa, que, como visto anteriormente, é um dos melhores testes estatísticos de análise de confiança na classificação digital supervisionada.

A matriz de confusão encontrada nas áreas de treinamento do período de 1987 está representada no Quadro 1.

MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO								
(colunas: dados de referencia)								
	Florestas	Agricultur	Campos	Solos_Expo	Lamina_Agu	Agricultura irrigada	Abstencao	Soma lin.
Florestas	49512 34.57%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	49512
Agricultur	0 0.00%	11315 7.90%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	11315
Campos	0 0.00%	0 0.00%	61232 42.75%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	61232
Solos_Expo	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6077 4.24%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6077
Lamina_Agu	862 0.60%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2453 1.71%	0 0.00%	0 0.00%	3315
Agricultura irrigada	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	11771 8.22%	0 0.00%	11771
Soma col.	50374	11315	61232	6077	2453	11771	0	143222

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
Florestas	98.29%	100.00%
Agricultur	100.00%	100.00%
Campos	100.00%	100.00%
Solos_Expo	100.00%	100.00%
Lamina_Agu	100.00%	74.00%
Agricultur	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 99.40 %
 Confusao media : 0.60 %
 Abstencao media : 0.00 %
 Estistica KHAT : 99.12 %
 Variância KHAT : 8.987e-008
 Estistica TAU : 99.28 %

Quadro 1 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (1987). Elaboração: o Autor.

O valor encontrado para quantificar a precisão da classificação segundo o índice Kappa está na escala proposta por LANDIS et al. (apud ESTEVAM, 2006), no intervalo da faixa de 0,80 1,0, faixa considerada pelos autores como sendo de excelente qualidade para uma classificação supervisionada.

Logo abaixo, no Quadro 2, está apresentada a matriz de confusão encontrada nas áreas de treinamento no período de 1995.

MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO								
(colunas: dados de referencia)								
	Floresta	Campo	Agricultur	Agricultura irrigada	Solo_expos	Lamina_d'á	Abstencao	Soma lin.
Floresta	2957 39.12%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2957
Campo	0 0.00%	1633 21.60%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1633
Agricultur	0 0.00%	0 0.00%	858 11.35%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	858
Agricultura irrigada	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	182 2.41%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	182
Solo_expos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1323 17.50%	0 0.00%	0 0.00%	1323
Lamina_d'á	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	606 8.02%	0 0.00%	606
Soma col.	2957	1633	858	182	1323	606	0	7559

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
Floresta	100.00%	100.00%
Campo	100.00%	100.00%
Agricultur	100.00%	100.00%
Agricultur	100.00%	100.00%
Solo_expos	100.00%	100.00%
Lamina_d'á	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 100.00 %
 Confusao media : 0.00 %
 Abstencao media : 0.00 %
 Estistica KHAT : 100.00 %
 Variancia KHAT : 0.000e+000
 Estistica TAU : 100.00 %

Quadro 2 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (1995). Elaboração: o Autor.

Assim como o resultado do índice Kappa do período de 1987, o de 1995 também é considerado excelente, pois está na faixa de 0,8 – 1,0. O Quadro 3 apresenta a matriz de confusão do período de 2002.

MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO								
(colunas: dados de referencia)								
	Agricultura irrigada	Agricultur	Florestas	Lamina_Agu	Campos	SoLos_Expo	Abstencao	Soma lin.
Agricultura irrigada	22609 13.47%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	22609
Agricultura	0 0.00%	11634 6.93%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	11634
Florestas	0 0.00%	0 0.00%	95493 56.91%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	95493
Lamina_Agu	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6926 4.13%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6926
Campos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	24394 14.54%	0 0.00%	0 0.00%	24394
SoLos_Expo	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6744 4.02%	0 0.00%	6744
Soma col.	22609	11634	95493	6926	24394	6744	0	167800

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
Agricultur	100.00%	100.00%
Agricultur	100.00%	100.00%
Florestas	100.00%	100.00%
Lamina_Agu	100.00%	100.00%
Campos	100.00%	100.00%
SoLos_Expo	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 100.00 %
 Confusao media : 0.00 %
 Abstencao media : 0.00 %
 Estistica KHAT : 100.00 %
 Variancia KHAT : 0.000e+000
 Estistica TAU : 100.00 %

Quadro 3 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (2002). Elaboração: o Autor.

Já o resultado do índice Kappa do período de 2002 também é considerado excelente por estar na faixa de 0,80 – 1,0. A seguir o Quadro 4, apresentando a matriz de confusão do último período de análise, 2009.

MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO								
(colunas: dados de referencia)								
	florestas	campos	agricultur	agricultura irrigada	solo_expos	lamina_agu	Abstencao	Soma lin.
florestas	1929 40.70%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1929
campos	0 0.00%	252 5.32%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	252
agricultura	0 0.00%	0 0.00%	743 15.68%	37 0.78%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	780
agricultura irrigada	0 0.00%	3 0.06%	68 1.43%	679 14.33%	1 0.02%	0 0.00%	0 0.00%	751
solo_expos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	334 7.05%	0 0.00%	0 0.00%	334
lamina_agu	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2 0.04%	0 0.00%	691 14.58%	0 0.00%	693
Soma col.	1929	255	811	718	335	691	0	4739

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
florestas	100.00%	100.00%
campos	98.82%	100.00%
agricultura	91.62%	95.26%
agricultura irrigada	94.57%	90.41%
solo_expos	99.70%	100.00%
lamina_agu	100.00%	99.71%

Desempenho geral: 97.66 %
 Confusao media : 2.34 %
 Abstencao media : 0.00 %
 Estatistica KHAT : 96.89 %
 Variancia KHAT : 8.444e-006
 Estatistica TAU : 97.19 %

Quadro 4 – Matriz de confusão do algoritmo Bhattacharya (2009). Elaboração: o Autor.

Neste último período, também, o valor encontrado para quantificar a precisão da classificação segundo o índice Kappa está na escala proposta por LANDIS et al. (apud ESTEVAM, 2006), no intervalo da faixa de 0,80 1,0, faixa considerada pelos autores como sendo de excelente qualidade para uma classificação supervisionada.

5.2 Uso e cobertura da terra

Através da classificação digital das imagens pode-se estabelecer os usos da terra para cada data pesquisada, sendo que estes foram denominados de floresta, campo, agricultura, agricultura irrigada, solo exposto e lâmina d'água.

5.2.1 Uso e cobertura da terra do ano de 1987

A tabela 5 apresenta a quantificação dos diversos usos da terra presentes na Microbacia Hidrográfica do Arroio Grande no mês de Março do ano de 1987.

Tabela 5 – Usos da terra no ano de 1987.

Uso da Terra no Mês de Março de 1987	
Uso	Área (ha)
Floresta	14.135,42
Campo	12.990,80
Agricultura	2.034,61
Agricultura Irrigada	1.920,16
Solo Exposto	4.107,60
Lâmina D'água	138,16
Total	35.326,75

Fonte: O autor.

No ano de 1987 podemos constatar que as florestas ocupavam uma área considerável da Microbacia Hidrográfica do Arroio Grande, principalmente nas áreas de alta declividade. Porém, nas áreas mais planas, já havia a supressão quase que total da mata ciliar para dar lugar principalmente ao cultivo do arroz.

As áreas de campo são encontradas tanto nas áreas de planalto como nas de planície, apresentando uma grande área dentro da microbacia (12.990,80 ha). Já as áreas de agricultura predominavam principalmente nas áreas de planalto enquanto que as áreas de agricultura irrigada na depressão, ou seja, nas áreas mais planas. Áreas de solo exposto eram encontradas em vários lugares da microbacia, pois se tratavam de solos que estavam sendo preparados para o plantio.

A seguir a Figura 3 mostra o Mapa de Uso e Cobertura da Terra do ano de 1987 ilustrando o cenário daquele período.

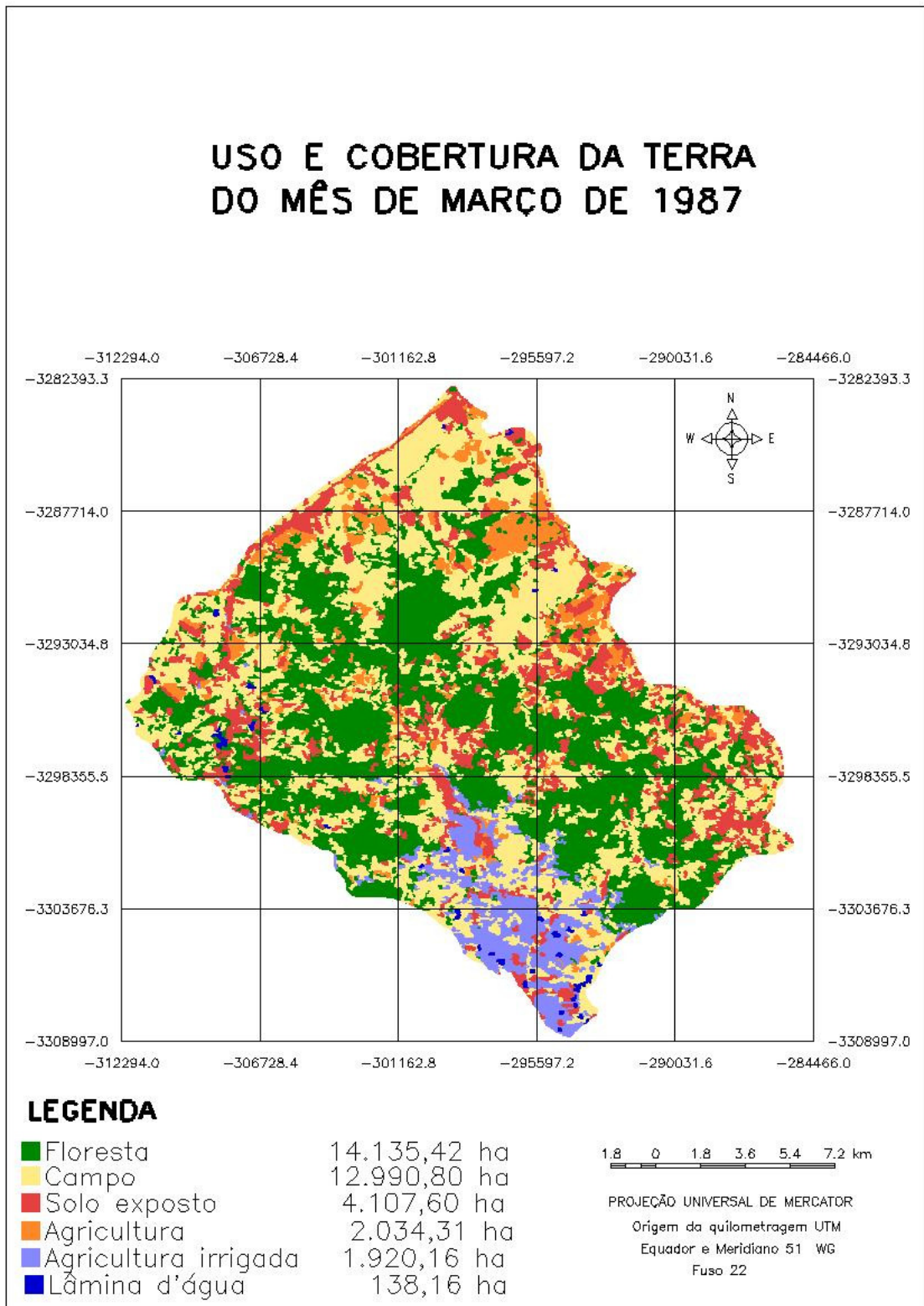


Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 1987

Fonte: O autor.

5.2.2 Uso e cobertura da terra do ano de 1995

A Tabela 6 apresenta o resultado das áreas referentes aos usos e cobertura da terra para o ano de 1995.

Tabela 6 – Usos da terra do ano de 1995.

Uso da Terra no Mês de Outubro de 1995	
Uso	Área (ha)
Floresta	14.800,77
Campo	14.069,30
Agricultura	3.398,12
Agricultura Irrigada	77,94
Solo Exposto	2.806,74
Lâmina D'água	173,88
Total	35.326,75

Fonte: O autor.

Em relação aos valores de áreas encontrados para o ano de 1995, constatou-se um aumento das áreas dos usos de floresta, campo, agricultura e lâmina d'água e uma diminuição nas áreas de agricultura irrigada e solo exposto.

As áreas de floresta aumentaram relativamente pouco neste período. Já as áreas de campo aumentaram um pouco mais, principalmente no planalto, devido, principalmente, ao abandono de algumas áreas de lavoura e a derrubada de pequenas áreas florestadas para serem usadas como potreiro para criação de gado. A área de agricultura teve seu acréscimo principalmente nas encostas e no planalto. Já as áreas de lâmina d'água tiveram seu aumento justificado pela construção de novos açudes e barragens para a irrigação.

Com relação as áreas de agricultura irrigada (arroz), estas apresentaram um decréscimo considerável que pode ser entendido pelo fato de que nesta época do ano (mês de Outubro) as terras estavam sendo preparadas para o plantio. Já as áreas de solo exposto também diminuíram podendo-se presumir que teriam se convertido em áreas de campo.

A seguir a Figura 4 mostra o Mapa de Uso e Cobertura da Terra no ano de 1995 ilustrando o cenário daquele período.

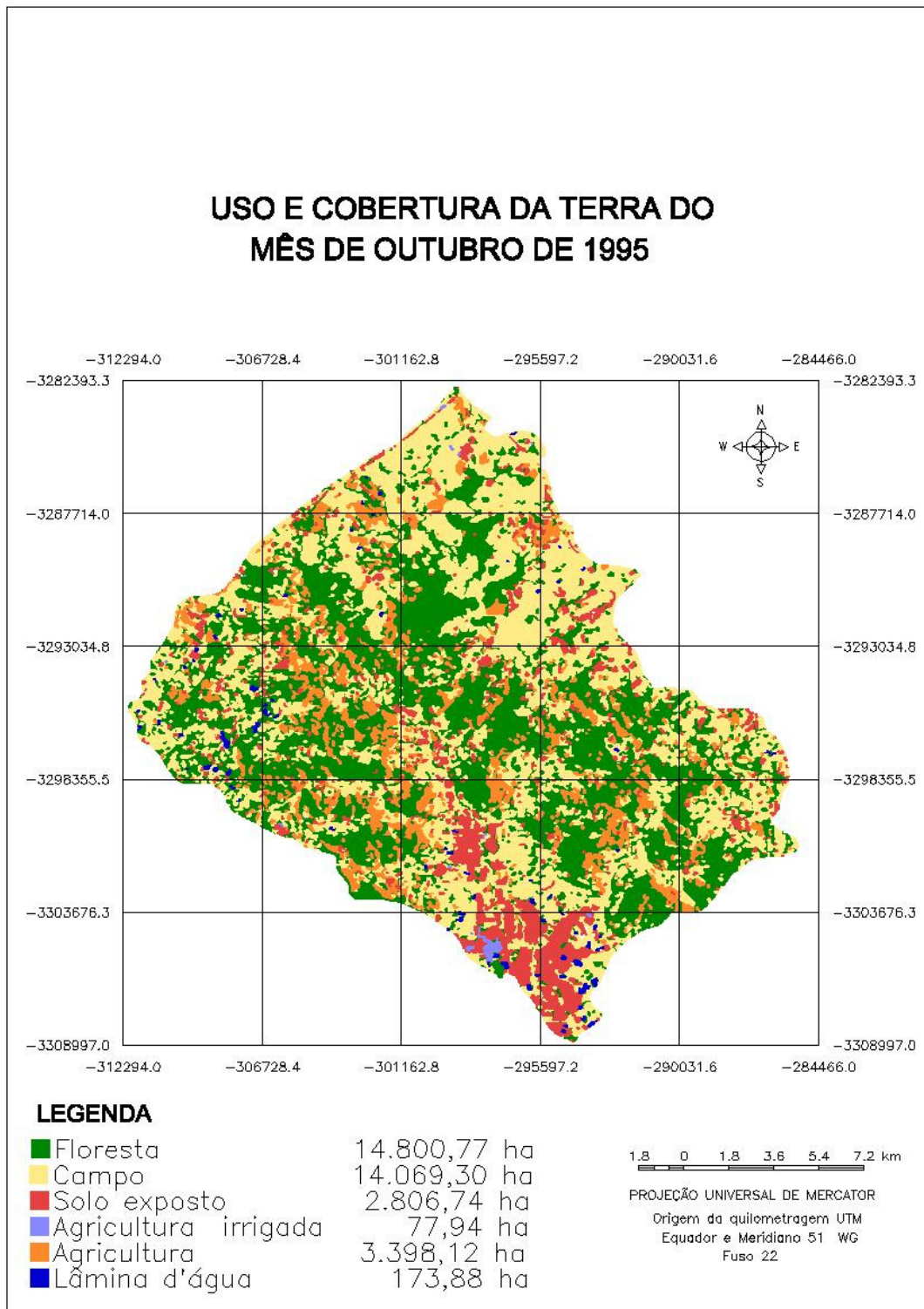


Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 1995.

Fonte: O autor.

5.2.3 Uso e cobertura da terra do ano de 2002

A Tabela 7 apresenta a quantificação dos diversos usos da terra para o mês de Março do ano de 2002 presentes na área de estudo.

Tabela 7 – Usos da terra no ano de 2002

Uso da Terra no Mês de Março de 2002	
Uso	Área (ha)
Floresta	15720,62
Campo	12103,62
Agricultura	3689,89
Agricultura Irrigada	1735,56
Solo Exposto	1903,75
Lâmina D'água	173,31
Total	35.326,75

Fonte: O autor.

Neste período (março de 2002), as áreas de floresta cresceram novamente, aparecendo alguns focos também na planície. A agricultura teve um leve crescimento, diminuindo nas encostas, mas aumentando significativamente no planalto. Já a agricultura irrigada teve também um pequeno aumento justificado pelo fato de que no mês de março o cultivo do arroz está no auge.

Com relação às áreas de campo, as mesmas apresentaram uma pequena queda, sendo que estas áreas podem ter sido convertidas em áreas de agricultura no planalto. As áreas de solo exposto também continuaram a diminuir sendo convertidas em áreas de agricultura e campo. Já as áreas de lâmina d'água permaneceram quase que com a mesma área de um período para outro.

É importante salientar que as áreas de agricultura, agricultura irrigada e solo exposto estão intimamente ligadas, pois tratam-se de áreas utilizadas para o mesmo fim. Então, pode haver grandes variações em relação a esses três temas dependendo é claro, da época do ano e de fatores climáticos (cheias, secas, etc.).

A seguir, a Figura 5 mostra o cenário do Uso e Cobertura da Terra para o ano de 2002.

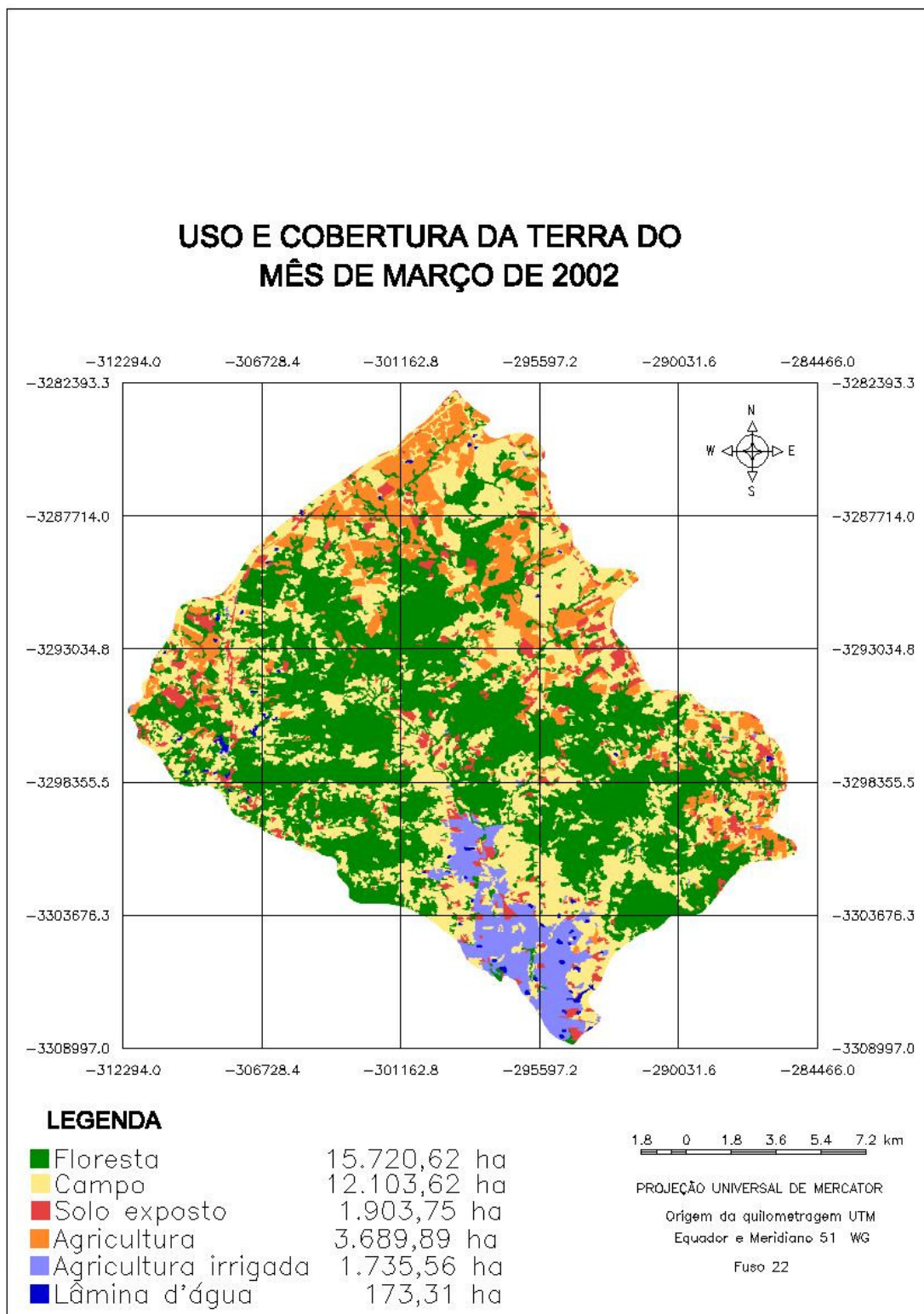


Figura 5 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 2002.

Fonte: O autor.

5.2.4 Uso e cobertura da terra do ano de 2009.

A Tabela 8 nos mostra a mensuração das áreas dos Usos da Terra do mês de Abril de 2009 da Microbacia Hidrográfica do Arroio Grande.

Tabela 8 – Usos da terra no ano de 2009.

Uso da Terra no Mês de Abril de 2009	
Uso	Área (ha)
Floresta	12821,6
Campo	15168,6
Agricultura	2753,16
Agricultura Irrigada	3745,99
Solo Exposto	815
Lâmina D'água	22,4
Total	35.326,75

Fonte: O autor.

Neste período (mês de Abril de 2009), houve um decréscimo das áreas consideradas como floresta. Já as áreas de campo tiveram um aumento significativo. As áreas de agricultura também apresentaram uma pequena queda em relação a sua área de um período para o outro.

A agricultura irrigada apresentou um aumento considerável neste período aparecendo também em áreas do planalto. As áreas de solo exposto voltaram a diminuir, sendo convertidas em áreas de campo ou agricultura irrigada. Já as áreas consideradas como lâminas d'água diminuíram drasticamente.

Devemos considerar que para esse período houve uma seca muito grande no nosso Estado, o que pode explicar por exemplo, o fato da diminuição das áreas de solo exposto que devido a ocasião pode ser que as terras nem tenham sido preparadas para o cultivo. Ou a quase inexistência das áreas de lâmina d'água que pode ser explicado pela seca que se abateu ou pela utilização das águas para o consumo e para a utilização na agricultura irrigada.

A seguir, a Figura 6 mostra o Mapa de Uso da Terra do ano de 2009 ilustrando o cenário do período.

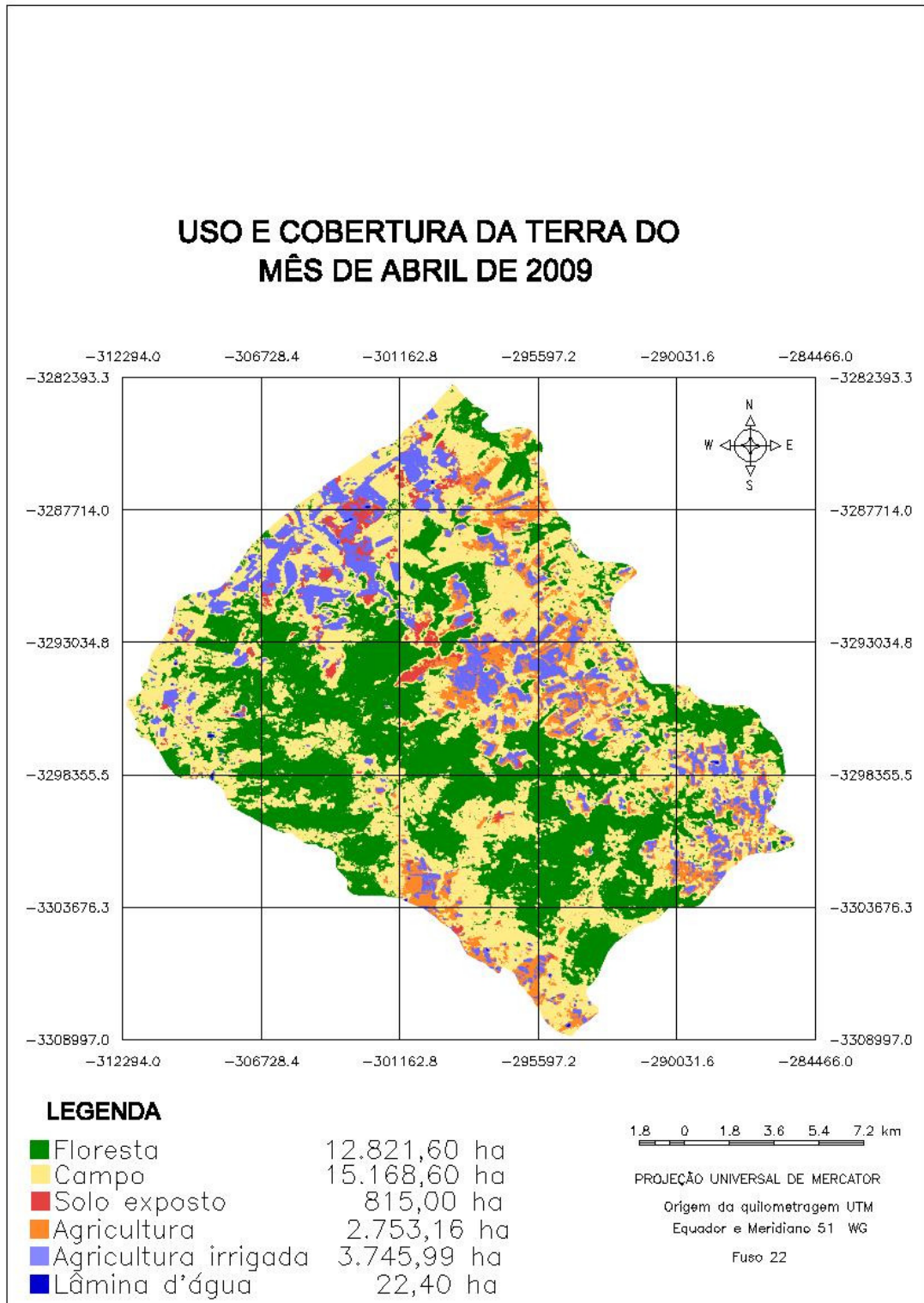


Figura 6 – Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 2009.

Fonte: O autor.

Outro fator importante a ser considerado é o da utilização de outro tipo de imagem de satélite para a classificação digital do uso da terra da área de estudo. A imagem do satélite CBERS 2B, sensor CCD, possui uma resolução espacial de 20 metros, enquanto que as imagens do satélite Landsat 5 e 7, dos sensores TM e ETM+, apresentam uma resolução espacial de 30 metros, ou seja, cada píxel na imagem corresponde a 30 metros no terreno.

5.3 Análise multitemporal dos usos e cobertura da terra

A seguir, a Tabela 9 mostra uma análise multitemporal dos Usos e Cobertura da Terra da Microbacia Hidrográfica do Arroio Grande de todos os períodos estudados.

Tabela 9 – Usos da terra constatados nos anos de 1987 a 2009.

Classes de Usos da Terra	Área em relação a Microbacia Hidrográfica							
	1987		1995		2002		2009	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Floresta	14.135,42	40,01	14.800,77	41,89	15.720,62	44,5	12.821,60	36,29
Campo	12.990,80	36,77	14.069,30	39,83	12.103,62	34,26	15.168,60	42,94
Agricultura	2.034,61	5,76	3.398,12	9,62	3.689,89	10,44	2.753,16	7,79
Agricultura Irrigada	1.920,16	5,44	77,94	0,22	1.735,56	4,91	3.745,99	10,6
Solo Exposto	4.107,60	11,63	2.806,74	7,95	1.903,75	5,39	815,00	2,31
Lâmina D'água	138,16	0,39	173,88	0,49	173,31	0,5	22,40	0,07
Total	35.326,75	100	35.326,75	100	35.326,75	100	35.326,75	100

Fonte: O autor.

Pode-se constatar que em relação às áreas de Florestas houve um aumento gradativo de 1987 até o ano de 2002, depois disso, uma redução de 8,21% de 2002 para o período de 2009. No ano de 2002 a Microbacia apresentava uma área de 15.720,62 ha de Florestas e no ano de 2009 12.821,60 ha. Para as áreas de

Florestas foram consideradas as matas nativas e exóticas, ou seja, toda vegetação arbustiva.

Já as áreas denominadas de Campos, variaram bastante nos períodos estudados. No primeiro período representavam 36,77% da área de estudo, depois sofreram um aumento de 3,06% passando a ter 39,83% de área no ano de 1995. Em relação ao período seguinte (2002) houve uma redução de 5,57% na área. E por fim, as áreas de campo no último período estudado sofreram um aumento de 8,68%, pois no ano de 2002 apresentavam uma área de 12.103,62 ha (34,26%) e passaram a ter no ano de 2009 15.168,60 ha, ou seja, 42,94%. As áreas de campos foram consideradas como sendo aquelas que apresentam uma vegetação rasteira, por exemplo, uma área de pastagem.

Em relação às áreas de Agricultura constatou-se um aumento até o ano de 2002, após uma redução na área. De 1987 até 1995 houve um aumento de 3,86% da área agricultável. Após, no ano de 1995 até 2002 o acréscimo foi de 0,82%. No período seguinte ocorreu uma redução de 2,65%, sendo que em 2002 a área agricultável possuía 3.689,89 ha e no ano de 2009 reduziu para 2.753,16 ha.

Já as áreas de Agricultura Irrigada primeiramente apresentaram um decréscimo de 5,22% com relação ao período de 1987 a 1995. Em 1987 apresentavam uma área de 1920,16 ha (5,44%) e em 1995 uma área de 77,94 ha (0,22%). No período seguinte (2002), houve um aumento de 4,69% em relação à área de agricultura irrigada. No ano de 2002 possuía uma área de 1.735,56 ha e no ano de 2009 uma área de 3.745,99 ha apresentando um aumento de 5,69% para o último período estudado. Essas áreas de agricultura irrigada são utilizadas para o cultivo do arroz.

As áreas classificadas como sendo de Solo Exposto, tiveram uma redução gradativa durante os períodos estudados. No ano de 1987 possuía 4.107,60 ha (11,63%) de área e no ano de 1995 2.806,74 ha (7,95%), uma redução de 3,68%. No período seguinte mais um decréscimo de área de cerca de 2,56%. No ano de 2002 havia uma área de 1.903,75 ha e no ano de 2009 815 ha, totalizando mais uma redução de 3,08%. Estas áreas foram classificadas como sendo solo exposto, pois o mesmo não apresenta nenhum tipo de cobertura vegetal.

E as áreas classificadas como Lâmina d'água apresentou no ano de 1987 uma área de 138,16 ha (0,39%). No ano de 1995 houve um aumento de 0,10% com relação ao período anterior. Já no ano de 2002 a área se manteve constante com

relação ao ano de 1995. Para o ano de 2009 houve uma redução de 0,43%, possuíam 173,31 ha no ano de 2002 e no ano de 2009 apenas 22,4 ha.

Um problema associado com os dados históricos (multitemporais) de sensoriamento remoto para a detecção de mudanças é que estes não são da mesma data (dia/mês), apresentando variação entre os ângulos de incidência solar, nas condições atmosféricas e umidade do solo. Idealmente, dados de sensoriamento multitemporais devem ser normalizados (equalizados) para que estes efeitos sejam minimizados ou eliminados (JENSEN, 1996).

Para Carvalho Júnior et al. (2005), os trabalhos que abordam a análise multitemporal, cada vez mais se intensificam, considerando as características espectrais das imagens de satélite. Esses procedimentos permitem monitorar e auxiliar os trabalhos de extensão agrícola, como também avaliar a evolução dos desmatamentos e o crescimento urbano.

6 CONCLUSÃO

Através dos resultados apresentados, podemos dizer que as imagens por serem de satélites e datas diferentes, podem apresentar uma variação nos resultados obtidos. As imagens do satélite Landsat 7 apresentam uma resolução espacial de 30 metros enquanto que as imagens do satélite CBERS 2B possuem uma resolução espacial de 20 metros, o que pode ocasionar uma diferença nas comparações de classificação entre as duas imagens.

Com as informações obtidas através deste trabalho podemos quantificar as áreas dos diferentes usos e cobertura da terra na Microbacia Hidrográfica do Arroio Grande dentro de um período de 23 anos (de 1987 a 2009).

Além disso, esse estudo das mudanças de uso e cobertura da terra vem a contribuir no auxílio a gestores locais, como prefeitos, órgãos públicos locais e regionais, para o estabelecimento de políticas que visem a minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente, como por exemplo, desmatamentos, assim como a recuperação de algumas áreas, ou seja, utilizando a terra de forma mais sustentável possível através de um bom planejamento.

Fica aqui a intenção da utilização do banco de dados criado para a elaboração de um modelo capaz de simular a dinâmica do uso e cobertura da terra na área pesquisada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAG RP. **Associação Brasileira do Agronegócio da Região de Ribeirão Preto**. Disponível em: <<http://www.abagrp.org.br/monitoramento/areas/hidrografia.htm>>. Acesso em 02 de Março de 2010.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Amazônia**: Questões Gerais. Capítulo 4, 2002. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_LUCC.pdf. Acesso em: 20 de Junho de 2004.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Inventário Florestal da Quarta Colônia. In: ITAQUI, J, **Quarta Colônia – Inventário Técnico da Flora e da Fauna**. Santa Maria: Condesus. Quarta Colônia, 2002. 256p.

BRIASSOULIS, H., **Analysis of Land Use Change**: Theoretical and Modeling Approaches, Livro on-line <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/>, Regional Research Institute, West Virginia University, 1999.

BURROUGH, P. **Dynamic Modelling And Geocomputation. Geocomputation: A Primer**. P. Longley, M. Batty and R. McDonnel. London, John Wiley & Sons.1991.

CALIJURI, M. L.; Röhm, S. A. **Sistemas de Informações Geográficas**. 2ª Ed. Viçosa - MG. Imprensa Universitária. 1994. 34 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. de. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de Informações Geográficas**: aplicações na agricultura. 2 ed. Brasília: EMBRAPA. 1998. p. 3-11.

CARNEIRO, C. M. R. **Curso básico de sensoriamento remoto**. Brasília: IBDF, Projeto de Desenvolvimento Florestal, 1980. 198p.

CONGALTON, R. G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Bethesda. 54, 1669-1671, 1992.

CONGALTON, R. G., GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 136 p.

COSTA, F.A. DA **Aplicação de geoprocessamento na análise e modelagem ambiental da microbacia Arroio Passo Pilão**: estudo de adequação de uso da terra relacionado aos sistemas agrícolas. Santa Maria: 2000, 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

DGI - INPE. **Satélite LANDSAT**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em 18 de Maio de 2011.

ENGESAT. **Satélite LANDSAT**. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/?system=news&action=read&id=528>>. Acesso em 18 de Maio de 2011.

ESTEVAM, Eliane A. **Classificação de áreas de favelas a partir de imagens Ikonos: Viabilidade de uso de uma abordagem orientada a objetos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

FABRIN, E. O. **Monitoramento florestal em microbacias hidrográficas na carta Santa Maria**: análise de um sistema de informações geográficas. Santa Maria: 1995. 63p. Monografia (Especialização em Interpretação de imagens orbitais e suborbitais) - Universidade Federal de Santa Maria, 1995.

GIOTTO, E. **Aplicabilidade de Imagens RBV do Landsat 3 em levantamento do uso da terra no município de Tapera - RS**. Santa Maria: 1981, 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 1981.

IBGE. **Levantamento de recursos naturais**: folha SH-22 Porto Alegre e partes das folhas SH-21 Uruguaiana e SI-22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: FIBGE, vol 33, 1986.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Curso de treinamento**: Introdução às técnicas de Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, SP: INPE. 1980. (Relatório INPE – 1969 – MO/004).

INPE [a]. **Satélite CBERS**. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/?content=aplicacoes>>. Acesso em 18 de Maio de 2010.

INPE [b]. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://www.inpe.br> >. Acesso em 18 de Maio de 2010.

JENKINS, A; PETERS, N. E.; RODHE, A. Hidrology. In: MOLDAN, B.; CERNY, J. **Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research** chichester: John Wiley, 1994. cap 2. p. 31-54.

LEONARDO, H. C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do estado do Paraná**. Piracicaba: 2003, 131p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Luiz de Queiroz, 2003.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. P. Hidrologia de matas ciliares In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo Fapesp, 2000. p. 33-44.

LOCH, C. **Noções básicas para a interpretação de imagens aéreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1984. 92p.

MACHADO, E. R. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. Piracicaba: 2002, 166p. Tese (Doutorado) – Escola Superior Luiz de Queiroz, 2002.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria: UFSM, 1990. 28p.

MASERA, O.; ASTIER, M.; RIDAURA, S. L. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación**. (MEMIS). México: Mundi-Prensa, 1999. 107p.

MIRANDA, E. E. de; DORADO, A. J.; GUIMARÃES, M.; MANGABEIRA, J. A.; MIRANDA, J. R. **Sistema de informaciones geograficas como instrumento complementario para la evaluacion de sistema de producción sostenibles: informe final**. Campinas: ECOFUERZA Investigación y Desarrollo/UNICAMPNUCATE/ Embrapa-NMA, 1995. 220 p., il.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2003. 299p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

NOGUEIRA, R. N. **Modelamento Matemático em Sistemas de Informações Geográficas aplicado ao levantamento preliminar de solos**. Pelotas: DS/FAEM/UFPel, 1996, 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Pelotas, 1996.

NOVATERRA GEOPROCESSAMENTO. **Satélite LANDSAT**. Disponível em: <<http://www.novaterageo.com.br/?system=news&eid=40>>. Acesso em 18 de Maio de 2010.

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

PEDROSA, B. M. **Ambiente Computacional para Modelagem Dinâmica Espacial**, Tese de Doutorado. INPE, São José dos Campos, 2003.

PEREIRA, R. S. **Quantificação e distribuição espacial do uso da terra com imagem TM do Landsat 5 no município de Guaíba – RS em 1984**. Santa Maria: 1986. 209p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 1986.

REITZ, R., KLEIN, R. M., REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SUDESUL, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Herbário Barbosa Rodrigues, 1988.

ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1991. 181p.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de Recursos Hídricos: Modelagem Ambiental com a Simulação de Cenários Preservacionistas**. Santa Maria: 2004. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SILVA, E. M. et all. **A Pesquisa Operacional: Programação Linear, simulação**. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 1998, 184 p.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. Tese de doutorado. Escola Politécnica. São Paulo, Universidade de São Paulo. 1998;

STRECK, E.V; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHENEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 64p.

TURNER II, B. L.; MEYER, W. B.; SKOLE, D. Global land-use/landcover change: Towards an integrated study. **Ambio**, v. 25, n. 1, p.91-95, 1994.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Estrutura e apresentação de Monografias, Dissertações e Teses - MDT**. 7ª Ed. Santa Maria, 2010..