

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ANDRESSA DALLA VALLE

JUSSARA PEREIRA LISBOA

MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DO USO DO SOLO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRIA NO MUNICÍPIO
DE MEDIANEIRA – PR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2014

ANDRESSA DALLA VALLE

JUSSARA PEREIRA LISBOA

**MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DO USO DO SOLO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRIA NO MUNICÍPIO
DE MEDIANEIRA – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Leopold Magalhães.

MEDIANEIRA

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DO USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRIA NO MUNICÍPIO DE MEDIANEIRA – PR

Por

Andressa Dalla Valle

Jussara Pereira Lisboa

Este Trabalho de Conclusão de Curso(TCC) foi apresentado às 21:00 h do dia 25 de Novembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os (as) candidatos (as) foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho como aprovado.

Prof. Dr. Vanderlei Leopold Magalhães

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Orientador)

Prof. M.Sc. Anderson Sandro da Rocha

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Convidado)

Prof. M.Sc. Eduardo Borges Lied

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Convidado)

Prof. Dr. Larissa de Bortolli Chiamolera

Sabbi

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Responsável pelas atividades de TCC)

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar por nos conceder a vida, ponto de partida para inúmeras descobertas e aquisição de conhecimento e por nos guiar nos momentos de maior dificuldade ao longo de nossa graduação.

Aos nossos pais e irmãos por estar sempre nos apoiando, pelo entendimento de nossa ausência neste momento de nossa vida e por nos incentivarem a não desistir de nossos planos, e principalmente por nos propiciar a oportunidade de chegar até aqui.

Aos nossos amigos, colegas, namorados e pessoas que passaram por nós durante o período de graduação e não mediram esforços em nos ajudar, por sempre estarem ao nosso lado nos apoiando.

Ao nosso professor orientador, Doutor Vanderlei Leopold Magalhães, pelos ensinamentos e orientações fornecidos, pelo apoio e dedicação em nos ajudar sempre que precisamos e solicitamos, pela paciência e companheirismo no decorrer de nosso trabalho, sem você não seria possível consolidá-lo.

Aos professores da Banca Examinadora, Eduardo Borges Lied e Anderson Sandro da Rocha.

A escolha é nossa: formar uma aliança global para cuidar da Terra e uns dos outros, ou arriscar a nossa destruição e a da diversidade da vida.

(Trecho da carta da Terra 1992)

RESUMO

VALLE, Andressa Dalla; LISBOA, Jussara Pereira. **Mapeamento multitemporal do uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Alegria no município de Medianeira – Paraná.** 2014. 67 f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

A bacia hidrográfica do rio Alegria é o principal manancial do município de Medianeira, a qual é afetada diretamente por diversas atividades que contribuem com a degradação da mesma, sendo necessária a realização de estudos para gerar dados sobre a dinâmica da bacia. Com isso o Geoprocessamento de imagens de satélite de alta resolução trazem agilidade e eficiência no acompanhamento do uso e cobertura do solo, sendo uma ferramenta importante para a concretização de diversos estudos. Assim o objetivo deste estudo foi elaborar mapas temáticos do uso do solo desta bacia, com a utilização de imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8, dos anos 1993, 2003 e 2014 respectivamente, disponibilizadas pela NASA e importadas para o *software* Spring do INPE, onde foram classificadas através do classificador de Máxima Verossimilhança – Maxver –e, gerados os mapas temáticos, o que possibilitou realizar uma análise multitemporal entre este período em que as imagens foram capturadas. Através da análise multitemporal realizada com base nos três mapas de uso do solo gerados, os resultados evidenciaram que a maior parte do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Alegria é destinado para a agricultura, seja ela em estágio de cultivo ou sem cultivo, e também que grande parte da bacia possui percurso dentro da cidade, dificultando a preservação da mata ciliar no entorno do rio Alegria além de sua ocupação com moradias irregulares. Foi possível verificar o desempenho do classificador Maxver que gerou resultados quanto a classificação das classes determinadas, porém com razoável grau de confusão.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Landsat. Bacia hidrográfica. Spring. Classificação Maxver.

ABSTRACT

VALLE, Andressa Dalla; LISBOA, Jussara Pereira. **Multitemporal mapping of land use watershed of river Alegria at the municipality of Medianeira- Paraná.** 2014. 67 f. Completion of course work (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Federal Technology University - Parana. Medianeira, 2014.

The Alegria's Watershed is the main source of the city of Medianeira, which is directly affected by various activities that contribute to the degradation of the same, conducting studies being required to generate data on the dynamics of the basin. With this, the Geoprocessing satellite imagery of high resolution brings agility and efficiency in monitoring the use and land cover, being an important tool for the achievement of several studies. The aim of this study was to produce thematic maps of land use of the basin, with the use of images from Landsat 5, 7 and 8, the years 1993, 2003 and 2014 respectively, provided by NASA and imported into the Spring program of INPE where were classified using the Maximum Likelihood classifier - Maxver - and generated thematic maps, which allowed performing a multitemporal analysis of this period in which the images were captured. Through multitemporal analysis based on the three land use maps generated, the results showed that most part of land use of the Alegria's Watershed is destined for agriculture, whether in farming or stage without cultivation, and also that much basin has route within the city, hampering the preservation of riparian vegetation in the vicinity of the Alegria beyond his occupation with irregular housing river. It was possible to check the performance of Maxver that generated good results regarding the classification of certain classes, but with a reasonable degree of confusion.

Key- Words: Geoprocessing. Landsat. Watershed. Spring. Maxver Classification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de Sistema de Informações Geográficas.....	23
Figura 2: Unidades Hidrográficas com destaque ao município de Medianeira	39
Figura 3: Percurso do rio Alegria na cidade de Medianeira.....	40
Figura 4: Modelo numérico do terreno com isolinhas e limite da bacia do rio Alegria.....	42
Figura 5: Histograma para correção de contraste no SPRING 5.2.6.....	43
Figura 6: Equalização de Histograma para correção de contraste no SPRING 5.2.6.....	44
Figura 7: Recorte do Plano de Informação da bacia do Alegria.....	46
Figura 8: Janela de treinamento do classificador de imagens Maxver.....	46
Figura 9: Janela de mapeamento de classes de imagens Maxver.....	47
Figura 10: Mapa de declividade da bacia do rio Alegria.....	49
Figura 11: Mapa da hipsometria da Bacia do Rio Alegria.....	51
Figura 12: Mapa de Uso do solo classificado pelo Maxver. Landsat 8 – Agosto de 2014.....	53
Figura 13: Mapa de Uso do solo classificado pelo Maxver. Landsat 7 – Maio de 2003.....	54
Figura 14: Mapa de Uso do solo classificado pelo Maxver. Landsat 5 – Maio de 1993.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comportamento da vegetação ao longo dos anos de 1993 à 2014.....	57
Gráfico 2: Comportamento da área agrícola ao longo dos anos de 1993 à 2014.....	57
Gráfico 3: Comportamento da área urbana ao longo dos anos de 1993 à 2014.....	58
Gráfico 4: Comportamento da área de solo exposto ao longo dos anos de 1993 à 2014.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais faixas do espectro eletromagnético.....	27
Quadro 2: Características dos Satélites Landsat.....	30
Quadro 3: Características e aplicações das bandas TM e ETM dos satélites L5 e L7.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Bandas do Landsat 8 e respectivos comprimentos de onda e resolução espacial.....	32
Tabela 2: Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Alegria.....	49
Tabela 3: Área da bacia hidrográfica do rio Alegria em cada classe altimétrica.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE	16
2.2	GEOPROCESSAMENTO	18
2.3	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	22
2.4	SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS- SPRING.....	24
2.5	SENSORIAMENTO REMOTO	25
2.6	<i>LAND REMOTE SENSING SATELLITE - LANDSAT</i>	29
2.7	CLASSIFICADOR MAXVER	33
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
3.1	BACIA DO ALEGRIA	38
4	MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1	MATERIAIS	41
4.2	MÉTODOS	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

O crescimento tecnológico atingiu grandes proporções nas últimas décadas, e reflete diretamente no dia-a-dia, seja no trabalho, na faculdade ou qualquer outro ambiente, tudo isso impulsionado graças à facilidade de acesso ao conhecimento obtido por meio de pesquisas, estudos e trabalhos desenvolvidos na área da tecnologia. E além da facilidade de acesso, ressalta-se também a gratuidade de obtenção das informações que podem ser adquiridas diretamente da *Internet*, permitindo a difusão do conhecimento e geração de estudos contínuos sobre o espaço geográfico.

Uma das áreas em grande destaque e interesse que tem tomado o foco de importantes discussões é o Meio Ambiente. Em virtude dos desastres naturais resultantes do desequilíbrio ambiental causados pela ação antrópica, se torna necessária a atenção de estudiosos e profissionais que estejam realmente preocupados em minimizar estes efeitos negativos, pois a proteção do meio ambiente é de fundamental importância no cenário nacional, principalmente quando se coloca a bacia hidrográfica como unidade de estudo.

Como exemplo pode-se citar o controle do desmatamento, queimadas, preservação do solo, proteção das matas ciliares, dentre outras atividades que auxiliam na conservação do meio ambiente, onde o controle pode ser realizado através do monitoramento via satélite, pela captura de imagens destas áreas, onde são obtidos os dados, traçadas as metas e objetivos para a preservação e recomposição da área degradada.

Através do advento do Geoprocessamento é plenamente possível esse controle e monitoramento, pois ele permite e facilita a tomada de decisão por meio da utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, sistema este que vem influenciando as áreas da Cartografia, Análises de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas para Geoprocessamento, conhecidas como Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitem a

realização de análises complexas, pois integram dados de diversas fontes, permitindo a criação de bancos de dados georreferenciados (CÂMARA *et al*, 2001).

Conforme Florenzano (2011, p.61) o maior conhecimento sobre a área a ser estudada influencia diretamente em uma melhor quantidade de informações que podem ser obtidas através da interpretação de fotografias e imagens do local de estudo, permitindo assim uma associação e comparação de alvos conhecidos no terreno como lagos, rios, cidades entre outros. Essa comparação facilita a identificação de componentes da paisagem, como por exemplo, a existência ou não de mata ciliar ao longo do percurso de rios, erosão, queimadas, áreas de ocupação inadequadas do solo dentre outros impactos causados ao meio ambiente.

Com base nestes exemplos pode-se observar que o uso de satélites para a realização de projetos ambientais tem se mostrado essencial e cada vez mais necessário para a excelência e confiabilidade desses estudos ainda não muito explorados. Os poucos trabalhos e estudos na área de geoprocessamento no contexto regional indicam uma carência de material cartográfico das bacias hidrográficas dos afluentes do rio Paraná (Lago), o que dificulta o processo de conhecimento e análise destas áreas. A reduzida utilização destas tecnologias pode ser compensada através do uso das geotecnologias que facilitam a tomada de decisão quanto a determinados assuntos, proporcionando o entendimento da organização do espaço a ser estudado, colaborando assim com a disseminação dos dados encontrados. Para Fitz (2008, p.11), “o estudo do espaço geográfico e dos aspectos ambientais nele inseridos pressupõe uma série de conhecimentos e informações que podem ser trabalhados de maneira mais ágil, fácil e rápida com as novas tecnologias”.

Neste contexto, o propósito desta pesquisa foi aplicar técnicas de geoprocessamento, com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) que é uma ferramenta computacional, onde foi desenvolvido um banco de dados georreferenciado da Bacia Hidrográfica do rio Alegria, agregando informações planimétricas e altimétricas da área, através da utilização de imagens obtidas gratuitamente dos satélites da série *Land Remote Sensing Satellite* - Landsat8, do ano de 2014, Landsat 7, do ano de 2003 e Landsat 5 do ano de 1993, onde teve como objetivo obter informações sobre as alterações do uso do solo desta bacia

neste período de 21 anos, e verificar o desempenho do classificador de imagens de Máxima Verossimilhança (Maxver), “pixel a pixel”.

Espera-se que os dados sobre a dinâmica atual da bacia, representada por meio de mapas temáticos georreferenciados, possam contribuir com o fornecimento de subsídios para futuras pesquisas e trabalhos relacionados a esta bacia, pois estarão disponíveis em formato digital gratuito e de fácil acesso, favorecendo análises pontuais e multitemporais- as quais consistem na extração de informações provenientes de dados de um determinado local obtidos em períodos distintos -, e possibilitando visualizar as mudanças ocorridas a partir das variações presentes nas análises. Este tipo de análise, para a bacia do rio Alegria, revela grande importância em relação ao monitoramento e detecção de áreas que com o tempo sofreram ações antrópicas, como o uso inadequado do solo, desmatamento, queimadas, erosão e intensificação do uso urbano.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No primeiro momento a fundamentação teórica será dedicada aos recursos naturais que são essenciais para inúmeros estudos que envolvem a tecnologia do geoprocessamento e no segundo momento, as geotecnologias, abordando com mais profundidade o geoprocessamento: com seus aspectos técnicos e metodológicos relevantes.

As informações sobre uso e ocupação do solo, áreas afetadas pelo desmatamento e pelas queimadas, áreas de preservação, ou seja, os recursos naturais disponíveis preservados ou não podem ser estudados de modo prático através de monitoramento. Este monitoramento é facilitado através da integração de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto por meio dos Sistemas de Informações Geográficas, que permitem a análise de imagens de satélite e modelagem de dados geográficos que auxiliam na obtenção de dados sobre estas áreas (KALISKI *et al*, 2009, p.4).

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE

Tudo que compreendemos sobre planeta se refere ao espaço, local em que ocorrem diversas modificações ao longo da história. O espaço é o palco das realizações humanas, bem como das manifestações da natureza sobre todos os aspectos interligados a este local. De acordo com Silva (2012, p.1) uma das primeiras definições sobre o espaço geográfico foi feita por Aristóteles que afirmava o espaço ser a inexistência do vazio e lugar como posição de um corpo entre os outros corpos, tratando assim o espaço como uma área preenchida de corpos, desprezando a necessidade do homem como componente, mas sim que haja um referencial, outro corpo que dê ao primeiro uma localização.

A discussão sobre espaço geográfico é muito ampla, a qual tomou vários rumos de acordo com os pensamentos que nortearam quem fazia a geografia em cada época. Segundo Silva (1991, p.20) uma pesquisa é considerada um trabalho

sobre um ínfimo momento desse espaço, sendo uma totalidade de abrangência restrita, onde o espaço precisa ser compreendido a partir de uma concepção de totalidade, de momentos, ou seja, não se pode pensar em um espaço único na geografia, pois todos os espaços estão submetidos ao mesmo modo de produção desenfreada, exploração econômica, e em qualquer um deles existe um componente terra, que é a base física, que vem sofrendo inúmeros impactos ambientais.

O estudo acerca das bacias hidrográficas revela-se de grande importância para o conhecimento destas áreas que também fazem parte do espaço geográfico, pois além da água que percorre a bacia há todo um contexto relacionado a bacia, como suas características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e térmicas bem como sua cobertura, elementos estes que influenciam diretamente nas características de uma bacia hidrográfica.

Garcez e Alvarez (1988, p.43) conceituam que “bacia hidrográfica é uma área definida e fechada topograficamente num ponto do curso de água, de forma que toda a vazão afluyente possa ser medida ou descarregada através deste ponto”.

A bacia hidrográfica é grandemente influenciada pela presença de montanhas que podem influenciar na precipitação, fortes declives de terreno que aceleram os escoamentos superficiais, e depressões lagos ou baixadas que podem retardar o armazenamento do deflúvio.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que é o órgão responsável pelo planejamento e uso racional da água no país, o território brasileiro abriga 12 bacias hidrográficas, destacando a maior delas que é a bacia amazônica (FRANCISCO, 2011).

O conhecimento mais aprofundado acerca da problemática ambiental não pode ser desconsiderado. O geoprocessamento vem como ferramenta essencial para o desenvolvimento de estudos direcionados ao meio ambiente, os quais servem de embasamento para diversas pesquisas que envolvem o espaço geográfico como o ponto de partida para novas descobertas, destacando que o uso e ocupação das bacias hidrográficas refletem na qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas, o que torna a área de grande interesse para vários estudos.

Conforme Silva e Zaidan (2004, p.23) a Geografia sempre se ocupou da representação e da análise de características ambientais, apresentando seus

resultados através de textos, atlas, mapas, diagramas e outras imagens, materiais estes de grande importância para os mais variados estudos, porém a pesquisa geográfica hoje em curso, realizada com o apoio do Geoprocessamento permite a incorporação de novas visões da realidade ambiental, ampliadas pelas técnicas de registros dos eventos e entidades ambientais que permitem o rápido processamento de dados, facilitando a tomada de decisão a partir da caracterização do ambiente impactado ou em estudo.

2.2 GEOPROCESSAMENTO

As geotecnologias podem ser definidas como o das tecnologias que estão voltadas à coleta de dados para a obtenção do conhecimento de determinada área, pesquisa e geração de novos estudos. As geotecnologias envolvem as técnicas de Geodésia, Cartografia, Topografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Sistemas de Posicionamento Global, que com a interação com as tecnologias da computação deram origem ao Geoprocessamento (SADECK, 2012).

De acordo com Rosa (2005, p.81) “as geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões”. Esta rápida tomada de decisão influencia diretamente na questão do meio ambiente, espaço no qual são capturadas as imagens que posteriormente serão tratadas e utilizadas para pesquisas sobre os mais variados assuntos que envolvem tanto o meio ambiental como o meio social.

O uso de mapas e imagens capturadas por satélites é frequente em nosso dia a dia, e a sua correta interpretação é essencial para o desenvolvimento de análises, mas para isso é importante o domínio de conceitos básicos. A cartografia, ciência voltada para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de representação de objetos é uma importante geotecnologia que auxilia na compreensão e desenvolvimento de estudos (FLORENZANO, 2011 p.42).

A obtenção de coordenadas planimétricas ou horizontais (X, Y) e as coordenadas altimétricas (Z) dos pontos para o estabelecimento e controle das feições a serem mapeadas é estabelecida pela topografia. Levantamentos

topográficos são realizados para descrever o relevo do solo com suas elevações e depressões através da representação em curvas de nível, permite também a representação em planta dos limites de determinada propriedade além dos detalhes que estão em seu interior, determinando assim o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre.

Nesse contexto geotecnológico, entra em cena o geoprocessamento, caracterizado por ser uma ferramenta que utiliza conjuntos de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial, bem como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações com diferentes níveis de sofisticação, o qual permite realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Como destaca Silva e Zaidan (2004 p.19)“o geoprocessamento pode ser definido como uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigidos em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana”.

Para Câmara e Davis (2001) o termo geoprocessamento é caracterizado como a disciplina do conhecimento, utilizado para o tratamento de informações geográficas, o qual vem influenciando diversas áreas da Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia, Planejamento Urbano e Regional, possibilitando assim a tomada de iniciativas em relação às áreas estudadas. Se a questão é “onde” para a questão a ser estudada, geoprocessamento é a ferramenta de trabalho a ser usada.

De acordo com o INPE, (2004) a técnica do geoprocessamento faz uso de programas computacionais que permitem a utilização de informações cartográficas como mapas e plantas, ou seja, informações que possam ser associadas a coordenadas, como por exemplo, a planta de uma cidade, onde podem ser identificadas as características de imóveis, espaços públicos, dentre outros, além de possibilitar a confecção de mapas que indiquem problemas ambientais, facilitando a tomada de decisão para amenizar ou solucionar os impactos ambientais.

Segundo Siqueira (2010) o geoprocessamento começou a ser utilizado nas investigações dos casos de cólera em Londres no século XIX por John Snow, envolvendo o uso de mapeamento unido a cartografia e investigação epidemiológica. As primeiras tentativas de automatizar o processamento de dados ocorreram na Inglaterra e nos Estados Unidos nos anos 1950 com o objetivo de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas, porém a precariedade da

informática na época, não possibilitou que os sistemas utilizados fossem classificados como “sistemas de informações”. Os primeiros sistemas de informações geográficas surgiram em meados da década de 1960 no Canadá, criados como parte de um programa governamental para inventários de recursos naturais, no entanto, os equipamentos não possuíam alta resolução, capacidade de armazenamento, velocidade e eram excessivamente caros, além da mão de obra que tinha que ser especializada, cada interessado tinha que desenvolver seu próprio programa.

Foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de *hardware* nos anos 1970, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais, sendo então criada a expressão GIS (Geographic Information System), neste período também foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia. Porém foi na década de 80 que iniciou-se um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje, os quais eram até então limitados pelo alto custo do hardware e da pouca quantidade de pesquisa específica pelo tema (SIQUEIRA, 2010).

No Brasil o geoprocessamento foi introduzido no início dos anos 1980 a partir da divulgação e formação de pessoal realizada por Jorge Xavier da Silva professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Em 1982 a vinda do Dr. Roger Tomlinson criador do primeiro SIG (Canadian Geographical Information System) estimulou a formação de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, dentre elas o SAGA (Sistema de Análise Geo-ambiental), MaxiDATA (Sistema para automatização de dados cartográficos), seguido do MaxiCAD (usado em aplicações de mapeamento por computador), SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência de Rede Externa). Em 1984 o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Meteorológicas) estabeleceu a Divisão de Processamento de Imagens (DPI) grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia em geoprocessamento e sensoriamento remoto. Este grupo desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas) para ambientes PC/DOS, e em 1991 o SPRING (Sistema para Processamento de Informações Geográficas) que unifica o tratamento de imagens de Sensoriamento Remoto, Mapas Temáticos, Mapas Cadastrais, Redes e Modelos Numéricos de Terreno (CÂMARA *et al*, 2001).

O geoprocessamento tornou possível em uma escala inimaginada, analisar vários dados ambientais, investigando sistematicamente as propriedades e relações

posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informações destinadas a uma grande variedade de estudos (SILVA; ZAIDAN, 2004, p.20). Tecnologia esta que foi desenvolvida principalmente para fins militares, mas ao longo dos anos passou a ser utilizada em estudos urbanos e ambientais, visando uma melhor distribuição territorial dos eventos e entidades de interesses diversos.

O sistema de geoprocessamento é destinado diretamente ao processamento de dados referenciados geograficamente, onde as técnicas utilizadas permitem o tratamento dos dados coletados, desde a sua entrada, edição, armazenamento e posteriores análises e consultas, facilitando a extração de informações, a partir da coleta até a geração de saídas, na forma de mapas, relatórios, arquivos digitais, cartas, cartogramas, tabelas e gráficos (TRENTIN *et al*, 2013).

O gerenciamento ambiental surge como uma ferramenta eficaz no momento de tomar decisões que visem o tratamento com ambientes afetados negativamente por ações antrópicas, porém, com a tecnologia do geoprocessamento, obter dados para a tomada de decisão e planejamentos adequados tem se revelado a junção necessária para bons resultados em trabalhos de gestão ambiental.

Já muito utilizado para Estudo de Impacto Ambiental, manejo de solo ou Unidades de Conservação, monitoramento de zonas ripárias, planejamento urbano entre outras atividades; o Geoprocessamento é a ferramenta ideal quando nos referimos a assuntos relacionados à Gestão Ambiental.

Como destaca Philippi Jr (2004, p.947), a revolução digital permite a análise da natureza de uma forma mais global devido ao fato do ser humano ter acesso a inúmeros dados de forma rápida e segura através de sistemas georreferenciados. O instrumento que melhor expressa essa espécie de matemática espacial é o Sistema de Informações Geográficas (SIG), onde qualquer dado que possua um componente espacial, uma localização determinável, pode ser manuseado, armazenado e analisado.

2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Para Fitz (2008, p.23) SIG é um sistema construído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

Com o auxílio do SIG são melhores trabalhadas as caracterização de espaços urbanos ou rurais, podendo num município ser aplicados em termos de planejamento urbano: mapeamento do município, zoneamento diversos, monitoramento de áreas de risco e proteção ambiental, estruturação de redes de energia, água, esgoto, adequação tarifária de impostos, estudos e modelagens de expansão urbana, controle de ocupações, construções irregulares, estabelecimento ou adequação de meios de transporte, entre outros (FITZ, 2008).

O SIG é um sistema que realiza o tratamento computacional de dados geográficos, esta ferramenta possui características que permitem a inserção e interação em um banco de dados, de informações espaciais provenientes de diversas fontes como dados de rede, modelo numérico de terreno, imagens de satélite, cartografia e dados censitários. O mecanismo da ferramenta SIG combina várias informações que são geradas por meio de algoritmos de manipulação e análise, facilitando a aquisição e conversão de dados, além de conter banco de dados espaciais e de atributos específico, realiza também análise cartográfica, processamento de imagens, representação de informações gráficas na forma de vetores ou em formato digital de imagens, oferece recursos de entrada e manutenção de dados, importação e exportação de dados para outros *softwares* que executam análise e processamento de imagens como se pode visualizar na Figura 1 que apresenta a estrutura de Sistemas de Informações Geográficas:

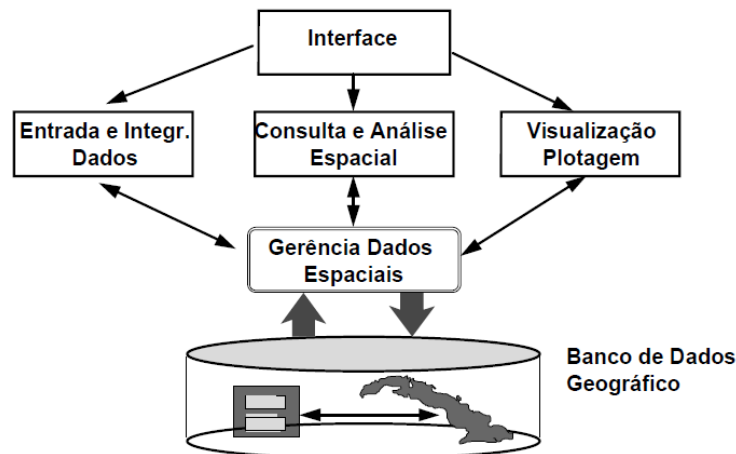


Figura 1: Estrutura de Sistema de Informações Geográficas.
 Fonte: INPE (2006).

De acordo com Moreira (2011, p.212) os dados geográficos podem ser classificados em planialtimétricos onde são inseridos dados de levantamentos topográficos, geodésicos e aerofotogramétricos a partir do posicionamento do objeto em relação à localização e a altitude. Para os dados ambientais são necessários levantamentos contínuos sem entrar em contato direto com o ambiente, onde são adquiridos dados quantitativos ou qualitativos de fenômenos e expressões espaciais, neste caso os dados possuem grande utilidade em problemas de geoinformação como o gerenciamento de serviços como água, esgoto, telefonia, entre outros. Já os dados cadastrais definem o número de ocorrências (contagem) e os atributos delas, onde os levantamentos são feitos por amostragem.

Os *softwares* para SIGs podem ser de livre acesso ou de uso comercial, onde o Spring, Jump, QGis, gvSIG, OpenEv, Udig, Ossim, Thuban, Saga, Terra View, Grass e Qvgis, são alguns dos *softwares* livres disponíveis para *download* gratuito através da Internet, que se destinam ao usuário final, ou seja, programas para computadores pessoais (MMA, 2005). Existem também os *softwares* desenvolvidos para uso comercial, indicados para processos de gestão de imagens, projetos e produção de peças gráficas a escalas médias e pequenas. Summit Evolution, Erdas Image, KLT Atlas (Tin, Ortho/DSP/Kats), ImageStation, Idrisi, ArcGis, Global Mapper e Envi EX são alguns dos *softwares* usados comercialmente.

2.4 SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS – SPRING

O SPRING é um framework de desenvolvimento Java, leve e ágil que possui dezenas de classes de utilitários que facilitam o dia a dia em diversas atividades (GOMES, 2008, p.11). Criado em 1991, obteve seus primeiros resultados concretos em 1993 com o lançamento da versão 1.0, o qual opera atualmente na versão 5.2.

De acordo com Câmara *et al* (1996) o Spring (Sistema de processamento de Informações Georreferenciadas) é um SIG no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais.

Projeto do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e DPI (Divisão de Processamento de Imagens) com a participação de centros e grupos de tecnologia, o *software* SPRING objetiva tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado, ferramenta que pode ser utilizada por qualquer cidadão, sendo assim um mecanismo de difusão de conhecimentos de novos algoritmos e metodologias (INPE, 1998).

Como destaca Rosa (2005, p.88) o Spring combina uma interface com o usuário que é altamente interativa, integrando na mesma base bancos de dados que permitem a modelagem de metodologias de trabalhos em estudos ambientais como a manipulação de dados espaciais, dados de censo, dados cartográficos, cadastro urbano e rural, redes e modelagem digital de terreno. Projetado especialmente para grandes bases de dados o Spring opera em ambiente UNIX e Windows com linguagem espacial LEGAL, onde implementa algoritmos inovadores para segmentação e classificação de imagens por regiões, bem como restauração de imagens e geração de grades triangulares. Permite armazenar de forma organizada e compacta diversos tipos de mapas temáticos, imagens aéreas, de satélites e radar, com sistema de armazenamento em representação vetorial e matricial.

2.5 SENSORIAMENTO REMOTO

Joly (1990, p.66) afirma que “o sensoriamento remoto é o conjunto das técnicas de observação e de registro à distância das características da superfície terrestre”.

O sensoriamento remoto utiliza informações sem o contato direto com o objeto de estudo, o qual teve início com a utilização de fotografias da superfície da Terra que na época eram tomadas a partir de balões, pipas e até pombos para transportar as máquinas para tomar fotografias, evoluindo para o uso de aviões e satélites. No início as imagens eram restritas apenas para uso militar, posteriormente concedidas para uso civil, utilizadas por pesquisadores, técnicos de órgãos públicos e consultores ambientais, porém, com custos elevados. Atualmente o custo das imagens têm caído, e existem também sites na Internet que disponibilizam de forma gratuita pacotes de imagens para *download* (RAFFO; MORATO, 2010).

As imagens capturadas são utilizadas para a elaboração de mapas de análises temporais, estudos meteorológicos, estudo de bacias hidrográficas, na agricultura, estudos de urbanização, geológicos, de vegetação, oceanografia e estudos marinhos, monitoramento de desastres ambientais e mapeamentos de áreas.

Os sensores remotos são equipamentos que captam e registram a energia refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre. Quando o sensor capta dados de várias regiões do espectro, o sensor é caracterizado como multiespectral, ou seja, registram a energia refletida ou emitida de um objeto ou área de interesse em múltiplas bandas (regiões, canais). Este tipo de sensor capta imagens simultâneas de uma mesma cena em várias regiões do espectro. O olho humano é um sensor natural que visualiza somente a luz ou energia visível, diferenciando-se dos sensores artificiais que podem obter dados de regiões de energia invisível ao olho humano. As câmaras fotográficas, as câmaras de vídeo, radiômetros, sistemas de varredura e os radares são exemplos de sensores (FLORENZANO, 2011 p.14).

Para Fitz (2008, p.98) a classificação dos sensores é diferenciada de acordo com a origem da fonte de energia, podendo eles ser ativos, quando possuem fonte de energia própria, ou seja, emitem quantidade de energia suficiente na direção dos alvos para captar a reflexão como é o caso de câmeras fotográficas que usam flash.

Já os sensores passivos não possuem fonte própria de energia, necessitando de fonte externa como a energia solar para captar a reflexão, como é o caso das câmeras sem flash e os imageadores por varredura que captam a imagem de um alvo com alta resolução espectral. Os sensores não imageadores coletam os dados e traduzem na forma de gráficos e dados digitais diversos, já os sensores imageadores traduzem a informação coletada em formato de imagem semelhante a uma fotografia.

A energia utilizada em sensoriamento remoto é a radiação eletromagnética (REM) emitida por qualquer corpo que possui temperatura absoluta acima de 0°C, através de pequenos pulsos de energia de forma ondulatória, ou seja, a radiação eletromagnética se propaga na forma de ondas através da oscilação dos campos elétricos e magnéticos. A radiação eletromagnética refletida ou emitida pode ser captada por sensores, sendo que o sol é a mais importante fonte natural de REM, o qual pode proporcionar inúmeros fenômenos físicos ao interagir com a superfície da terra, como a absorção, aquecimento, reflexão e transmissão de energia (FITZ, 2008, p.100).

As ondas eletromagnéticas são medidas por frequência e comprimento de onda, onde a frequência de onda é o número de vezes que uma onda se repete por unidade de tempo, e o comprimento de onda é a distância entre dois picos de ondas sucessivas. Através da frequência e comprimento de onda, é possível representar a distribuição da radiação eletromagnética por regiões, ou seja, o comportamento espectral de diferentes alvos presentes na superfície terrestre (FLORENZANO, 2007, p.13)

De acordo com Fitz (2008, p.100) a REM é dada numa faixa contínua que varia entre 1hz e 1.024 Hz em termos de frequência e em termos de comprimento de onda entre 0, 01 Å e 108 m, onde a região situada entre esses dois extremos é conhecida como espectro eletromagnético. As porções que estão dentro do espectro são conhecidas por bandas ou faixas espectrais, em que as principais faixas definidas dentro do espectro estão apresentadas no Quadro 1.

Faixa do Espectro Eletromagnético	Características
Rádio e TV	Possuem comprimento de ondas que variam de 30 cm a vários quilômetros que proporcionam a cobertura de grandes distâncias, sendo muito utilizadas para a comunicação.
Micro-ondas	São utilizadas por sensores como o Radar, sendo que o efeito de nebulosidade é desprezível nesta faixa que vai de 1nm a 30 cm.
Infravermelho (IV ou IR- InfraRed)	Faixa que está relacionada ao calor, pois esse tipo de radiação é emitido por corpos aquecidos, onde a faixa do infravermelho possui comprimentos de onda de 0,7 μm a 1,0mm apresenta subdivisões, sendo o infravermelho próximo que vai de 0,7 μm a 5 μm , infravermelho médio entre 5 μm e 30 μm e infravermelho distante de 30 μm a 1,0 mm. A porção entre 8 μm a 14 μm é chamada de infravermelho termal, faixa em que se estabelecem as emissões máximas de calor de um corpo.
Visível	Possui como característica principal a abrangência dos comprimentos de onda cuja radiação pode ser percebida pelo olho humano, sendo a principal porção do espectro usada no sensoriamento remoto. Esta faixa possui comprimentos de onda entre 0,4 μm (violeta) e 0,7 μm (vermelho).
Ultravioleta (UV)	Esta radiação é primordial para a existência de vida na terra, a qual pode causar também muitos danos ao ser humano, pouco utilizada em SR, ocupa grande faixa do espectro de 100 nm a 400 nm.
Raios X	Com comprimentos de onda de 0,05 Å a 0,01 μm , são utilizados na área de saúde.
Raios gama	Possuem enorme frequência e menor tamanho de onda do espectro eletromagnético, excetuando-se os raios cósmicos com cerca de 0,01 Å.

Quadro 1: Principais faixas do espectro eletromagnético.

Fonte: Fitz, 2008, p.102-103.

As imagens de sensoriamento remoto não dependem apenas das qualidades técnicas dos sensores, é necessário que haja qualidade e intensidade irradiante das fontes de REM. O sol é a mais potente fonte de radiação eletromagnética por possuir uma alta temperatura de superfície aproximadamente 6000 °C. A, enquanto que a Terra que também é fonte de radiação eletromagnética possui temperatura de superfície de apenas 27°C.

A utilização do radar (sensor ativo) é essencial porque a região espectral de operação permite a alta transmissão de ondas eletromagnéticas na atmosfera independente da iluminação solar mesmo quando a atmosfera está nublada ou durante precipitações, ressaltando que a transmissão de ondas eletromagnéticas por um meio é diretamente proporcional ao comprimento de onda, onde quanto menor for a frequência do radar maior será a sua penetração.

Os satélites possuem sensores (lentes) que possibilitam enxergar ou distinguir objetos da superfície terrestre, dependendo principalmente do detector e da altura do posicionamento do sensor em relação ao objeto. As características dos sensores

estão também relacionadas com a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal.

A resolução temporal é o espaço de tempo que o sensor leva para a obtenção de cada cena, o Landsat8, por exemplo, capta imagens de 16 em 16 dias, sendo, portanto sua resolução temporal de 16 dias. A resolução espacial é entendida como a capacidade óptica do sensor a partir de seu campo de visada, ou seja, a área abrangida no terreno por cada pixel correspondente na imagem, o Landsat8 apresenta uma resolução espacial de 30 metros. A resolução espectral é dada pela banda espectral que é suportada pelo equipamento, através da capacidade de absorção do sensor utilizado em função do intervalo do comprimento de onda utilizado, ou seja, é a medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor(FLORENZANO, 2011).

Além destas resoluções acima mencionadas, destaca-se também a resolução radiométrica que está associada à quantidade de níveis digitais em uma imagem, a qual vincula-se com a qualidade desejada, onde estão representados pelos valores binários ou *bits* que estão associados aos níveis de cinza. O seu valor é sempre em potência de 2, ou seja, 16 bits significam $2^{16} = 65.536$ níveis de cinza, portanto quanto maior a resolução radiométrica melhor a qualidade da imagem (FITZ, 2008 p. 116).

Pelo fato de serem os componentes mais visíveis das imagens de satélite para o estudo do meio, os recursos hídricos, a urbanização, o uso do solo, cobertura vegetal e as áreas construídas são importantes componentes da paisagem, que representam a importância da utilização de imagens do sensoriamento remoto, possibilitando o desenvolvimento de diversos estudos sobre estas áreas, sendo eles de caráter ambiental como interdisciplinar.

As imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) bem como multitemporal (de dinâmica), pois, a partir da observação e comparação de áreas da superfície terrestre em diferentes períodos é possível perceber as transformações ocorridas nestes locais, onde se destacam os impactos causados por fenômenos naturais e também pela ação do homem que faz uso dos recursos naturais para suprir suas necessidades (FLORENZANO, 2007, p.65).

2.6 LAND REMOTE SENSING SATELLITE - LANDSAT

De acordo com Fitz (2008, p.113) “os satélites podem ser classificados em orbitais quando circulam em órbitas diversas do Planeta, ou geoestacionários, quando se encontram numa mesma posição em relação a um ponto situado na superfície terrestre”.

Os sistemas da série Landsat enquadram-se nessa categoria de satélites orbitais, pois possuem órbita circular, o que garante igual resolução e escala para imagens de diferentes porções da superfície, além de possuir órbita heliossíncrona, ou seja, síncrona com o sol para que a iluminação não seja alterada, além de horário padrão nas órbitas.

A série Landsat teve início por volta da década de 1960 por meio de um projeto da Agência Espacial Americana, gerenciado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela U.S. Geological Survey (USGS) que tinha por objetivo dedicar-se exclusivamente a observação de recursos naturais terrestres, missão denominada inicialmente de Earth Resources Technology Satellite (ETRS), que em 1975 passou a ser chamada de Landsat, série que lançou oito satélites com diferentes características como mostra o Quadro 2.

Os elementos da paisagem que possuem mais facilidade de serem visualizados através de imagens de satélite são o relevo, a vegetação, a água e o uso do solo.

Missão Landsat								
Instituições Responsáveis	NASA (National Aeronautics and Space Administration) e USGS (U.S. Geological Survey)							
País/Região	Estados Unidos							
Satélite	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Lançamento	23/07/1972	22/01/1975	05/03/1978	16/07/1982	01/03/1984	05/10/1993	15/04/1999	11/02/2013
Local de Lançamento	Vanden-berg Air Force Base	Vanden-berg Air Force Base	Vanden-berg Air Force Base	Vanden-berg Air Force Base	Vanden-berg Air Force Base	Vanden-berg Air Force Base	Vanden-berg Air Force Base	NASA Kennedy Space Center (KSC)
Veículo Lançador	Delta 900	Delta 2910	Delta 2910	Delta 3920	Delta 3920	Titan II	Delta-II	Atlas-V 401
Situação Atual	Inativo (06/01/1978)	Inativo (25/02/1982)	Inativo (31/03/1983)	Inativo (1993)	Inativo (22/11/2011)	Inativo (05/10/1993)	Ativo	Ativo
Órbita	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Circular
Altitude	917 km	917 km	917 km	705 km	705 km	705 km	705 km	705 km
Inclinação	99,2°	99,2°	99,2°	98,20°	98,20°	98,20°	98,2°	98,2°
Tempo de Duração da Órbita	103,3 min	103 min	103 min	99 min	99 min	98,9 min	98,9 min	99 min
Horário de Passagem	9:30 AM	9:30 AM	9:30 AM	9:45 AM	9:45 AM	10:00 AM	10:00 AM	1:40 PM
Resolução Temporal	18 dias	18 dias	18 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias
Tempo de vida projetado	1 ano	1 ano	1 ano	3 anos	3 anos	s.d.	5 anos	5 anos
Instrumentos Sensores	RBV e MSS	RBV e MSS	RBV e MSS	MSS e TM	MSS e TM	ETM	ETM+	OLI e TIRS

Quadro 2: Características dos Satélites Landsat.

Fonte: Embrapa, 2014.

Os dados coletados pelos instrumentos a bordo destes satélites estão disponíveis para *download* sem custos a partir do GloVis, EarthExplorer, ou via Landsat Look Viewer dentro de 24 horas de recepção.

Algumas características e aplicações do Landsat 5 e 7 estão no Quadro 3, a partir das imagens destes satélites é possível realizar vários estudos a partir do uso de classificadores como o Maxver, o Isoseg que é um classificador de imagens, o NDVI que é caracterizado como um indicador numérico de índice de vegetação por diferença normalizada e também para modelo linear de mistura espectral que é utilizado para estimativas de vegetação e interpretação de imagens.

Banda (TM-ETM)	Intervalo espectral (μm)	Características e aplicações
1-Azul	0,45 - 0,52	Possui grande penetração em corpos d'água com elevada transparência. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos e apresenta sensibilidade a plumas de fumaça de queimadas ou atividade industrial.
2-Verde	0,52 – 0,60	Grande sensibilidade a presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise voltada a quantidade e qualidade, e possui também boa penetração em corpos d'água.
3-Vermelho	0,63 – 0,69	Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal, permite também análises de variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem em cursos de rios com pouca cobertura vegetal. Banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, novos loteamentos e áreas agrícolas.
4-Infravermelho Próximo	0,76 - 0,90	A absorção de energia pelos corpos d'água nesta banda é alta fazendo com que fiquem escuros, permitindo assim o delineamento destas áreas. A vegetação verde reflete muita energia, aparecendo bem clara nas imagens. Permite a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para separar e mapear áreas com pinus e eucalipto, mapeia também áreas ocupadas com vegetação que foi queimada. Também permite a identificação de áreas agrícolas.
5-Infravermelho Médio	1,55 – 1,75	Sensibilidade ao teor de umidade das plantas. Esta banda sofre perturbações no caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6-Infravermelho Termal	10,4 – 12,5	Detecta propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água, pois possui sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes.
7-Infravermelho Distante	2,08 – 2,35	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.

Quadro 3: Características e aplicações das bandas TM e ETM dos satélites L5 e L7.
Fonte: DGI, 2009.

O Landsat5 foi lançado tendo a bordo os sensores MSS (multiespectral Scanner System) projetado com a banda 8 termal, obtendo seu tempo de revisita reduzido a 16 dias comparado aos satélites anteriores que também foram lançados tendo a bordo o MSS com revisita de 18 dias, e o sensor TM (Thematic Mapper) que oferece subsídio aos mapeamentos temáticos na área de recursos naturais. O sensor TM também está a bordo do Landsat7 que opera juntamente com o ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), instrumento que ampliou o uso de produtos do Landsat, pois, melhorou a acurácia do sistema mantendo os mesmos intervalos espectrais. O L7 enviou dados completos para a Terra até 2003, quando apresentou problemas no *hardware* passando a operar com o espelho corretor de linha desligado, sendo necessária a realização de correções prévias nas imagens providas a partir desta data (EMBRAPA, 2014).

Já o Landsat 8 possui dois instrumentos, sendo eles o sensor Operational Land Imager (OLI) que inclui refinado patrimônio de bandas, juntamente com três novas bandas: banda azul profundo para estudos costeiros, banda curta infravermelha para detecção de cirrus, ou seja, detectar nuvens e banda de Avaliação de Qualidade. Já o Sensor Infravermelho Termal (TIRS) fornece duas bandas térmicas. Esses dois sensores fornecem uma melhor relação sinal-ruído (SNR) de desempenho radiométrico quantizado através de uma gama dinâmica de 12 bits. Isso se traduz em 4.096 potenciais níveis de cinza em uma imagem em comparação com apenas 256 níveis de cinza em instrumentos de 8 bits anteriores (USGS, 2014). Na Tabela 1 são apresentadas as bandas do Landsat8.

Tabela 1: Bandas do Landsat 8 e respectivos comprimentos de onda e resolução espacial.

Bandas	Comprimento de onda(μm)	Resolução Espacial(m)
Band 1 – Costal aerosol	0,43 – 0,45	30
Band 2 – Blue	0,45 – 0,51	30
Band 3 – Green	0,53 – 0,59	30
Band 4 – Red	0,64 – 0,67	30
Band 5 – Near Infrared (NIR)	0,85 – 0,88	30
Band 6 – SWIR 1	1,57 – 1,65	30
Band 7 – SWIR 2	2,11 – 2,29	30
Band 8 – Panchromatic	0,50 – 0,68	15
Band 9 – Cirrus	1,36 – 1,38	30
Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10,60 – 1,19	100
Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100

Fonte: Processamento Digital; 2013.

A banda 8 do instrumento OLI é a pancromática, a banda 1 (ultra-azul) é útil para estudos costeiros e aerosol e a nova banda 9 (cirrus) é útil para a detecção de nuvens. As faixas térmicas de 10 e 11 pertencem ao instrumento imageador TIRS, que são úteis no fornecimento de temperatura de superfície mais precisa, sendo que os dados são coletados com pixel de 100 metros. O tamanho aproximado da cena Landsat8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste.

Como já salientado o Satélite Landsat 8 imagea a Terra inteira cada 16 dias. Para atender os objetivos de trabalho com as faixas do Vermelho, Infravermelho Próximo e Infravermelho Médio, no Landsat 8 é necessário utilizar as bandas 4, 5 e 6, respectivamente.

Conforme as orientações da NASA (2014) a banda 4 é caracterizada como a banda do visível, a banda 5 mede o infravermelho próximo, sendo que, esta parte do espectro é especialmente importante para a ecologia porque as plantas saudáveis refletem isso. A água em suas folhas espalha os comprimentos de onda de volta para o céu, comparando-a com outras bandas, temos índices como NDVI, que permitem visualizar e estudar a saúde da planta. A banda 6 cobre diferentes pedaços de ondas curtas infravermelho, particularmente usada para diferenciar a terra molhada da terra seca, utilizada também na geologia: para diferenciar pedras e solos que parecem ser similares a outras bandas que frequentemente tem fortes contrastes em ondas curtas infravermelho.

2.7 CLASSIFICADOR MAXVER

O processo de classificação é caracterizado como a extração de informações em imagens para possibilitar o reconhecimento de padrões e objetos homogêneos em uma paisagem, ou seja, a partir do método da classificação é possível obter dados que correspondam ao tema de interesse que se pretende estudar, seja esta área da superfície terrestre pequena ou grande.

Os procedimentos necessários para a classificação são inicialmente o levantamento de campo, onde são coletadas as amostras para o treinamento prévio de classificação, posteriormente é realizada a interpretação da imagem em um

hardware onde é selecionada a área de abrangência do estudo a fim de conhecer as características desta área piloto, servindo de padrão de comparação para a classificação supervisionada. A classificação possui duas técnicas, podendo ser unidimensional onde é aplicada a um canal espectral, ou seja, uma banda da imagem e multiespectral quando a decisão depende dos níveis de cinza em vários canais espectrais, porém os melhores resultados são encontrados onde quanto maior for o número de bandas espectrais, maior será a precisão da classificação, e além das técnicas existem os tipos de classificação que podem ser supervisionadas, pixel a pixel, não supervisionada e supervisionada onde são feitas por regiões (FREITAS; PANCHER, 2011).

O procedimento de Máxima Verossimilhança (Maxver) é realizado através do *software* Spring que é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), classificador supervisionado no caso pixel a pixel, frequentemente usado no sensoriamento remoto, o qual leva em conta as correlações entre os canais espectrais, sendo a precisão geralmente medida em áreas-teste independentes apresentadas como uma matriz de confusão. Este algoritmo baseia-se na distribuição dos níveis de cinza, onde a inclusão de mais informações no processo de classificação gera resultados mais satisfatórios quando são trabalhados em imagens com tamanhos de pixel de 30 metros e maiores (BLASCHKE; KUX, 2007 p.34).

De acordo com Fitz, (2008, p.134) este método baseia-se na escolha de áreas representativas de determinada pesquisa, avaliando feições conhecidas. São utilizadas a média e a covariância dos pixels amostrados, onde calcula-se a probabilidade de que um pixel externo pertença a amostra, fazendo-se necessária a utilização de polígonos que abranjam um grande número de pixels, como por exemplo, cem ou mais.

O método Maxver parte do princípio de que o usuário deve conhecer bem a área de estudo, ou seja, a temática envolvida na imagem a ser classificada para que possa definir classes representativas evitando que ocorra confusão na classificação.

Moreira (2011, p. 239) ressalta que na fase de classificação alguns problemas são evidenciados, pois há dificuldade de obtenção de amostras de pixels puros representativos de cada classe espectral, sendo que essa resposta espectral é definida como um alvo contido numa área do terreno, que nunca é homogênea, onde destaca como exemplo as áreas vegetadas, nas quais pode ocorrer confusão

na fase de classificação, pelo fato de existirem vegetações diferentes, porém com comportamentos espectrais semelhantes.

Ainda de acordo com Freitas e Panher (2011, p.30) a classificação Maxver detecta melhor as classes de vegetação e de água, destacando, porém que há grande confusão entre as classes que apresentam comportamento espectral similar como cobertura cerâmica *versus* solo exposto, pavimentação *versus* concreto/amianto escuro.

Santos *et al* (2009, p.4) utilizou o classificador de imagens Maxver para analisar a exatidão da influência do declive para o mapeamento da cultura do café, e obteve como resultados a dificuldade na classificação das áreas cafeeiras tornando o classificador inviável para o mapeamento desta cultura, pelo fato do classificador gerar confusão na classificação de áreas em declive. As classes com declive mais acentuado foram as que mais apresentaram confusão, pois houve confusão com as áreas de cultivo de café, e esses resultados são explicados devido as lavouras em declive apresentarem áreas menores e existirem muitos fragmentos de vegetação nativa, classes essas que mais apresentaram confusão, relatando assim que o classificador não é viável para o mapeamento, todavia pode ser utilizado para o mapeamento de classes que apresentam baixa confusão como, por exemplo, corpos d'água.

De acordo com o estudo de Pereira *et al* (1998) que elaboraram um mapa de incompatibilidade de uso para o município Engenheiro Paulo de Frontin com base na metodologia de Aptidão Agrícola das Terras e no Uso Atual, alicerçado nas técnicas de geoprocessamento, em especial no Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação, os autores utilizaram o classificador de imagens Maxver que apresentou melhor desempenho para o objetivo do trabalho que era identificar áreas de mata, de cultura e/ou pastagens e áreas degradadas. A partir da utilização do Maxver obtiveram-se como resultados que em algumas áreas houve confusão como é o caso de áreas dissecadas onde o nível de confusão se amplia, sendo necessária a utilização de imagens com resolução maior que 30 metros, onde no caso as imagens adquiridas eram do Landsat 5 que possui resolução espacial de 30 metros. As áreas degradadas por serem dispersas na área, foram as que apresentaram pior desempenho na classificação, mostrando-se, porém ainda bastante coerentes quando comparadas em campo, onde foi recomendada a utilização de outro método de classificação por pixel.

Trevisan *et al* (2004) realizaram estudos para avaliar o desempenho de diferentes técnicas de classificação no mapeamento de classes de uso e cobertura da terra através de quatro classificadores de imagens K-médias, Iseseg, Máxima Verossimilhança e Battacharya. Os resultados obtidos revelam que o classificador Iseseg se mostrou eficaz somente no reconhecimento da classe pasto e floresta secundária, ao contrário deste os classificadores Battacharya e Maxver produziram muitos pixels isolados da classe de floresta secundária. A classificação pelo K-médias também compôs um produto com muitos pixels isolados da classe solo exposto. Em todos os processamentos analisados o classificador Maxver discriminou mais precisamente a classe floresta, sendo que o mesmo apresentou o melhor desempenho global sobre as bandas. Dentre os classificadores avaliados, cada classificador mostrou melhor desempenho na distinção de uma classe de uso e cobertura da terra específica, onde Maxver, K-médias e Battacharya foram mais adequados para a discriminação das classes floresta, floresta secundária e solo exposto respectivamente.

O método de classificação deve apresentar bom desempenho mas também deve possuir outros aspectos como facilidade de uso, variedade de ferramentas, rapidez de processamento, economia de meios computacionais e também como é o caso do Maxver acesso gratuito (TREVISAN *et al*, 2004).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizado no oeste paranaense o retângulo que envolve o município de Medianeira possui latitude entre 25°09'56"S e 25°22'00"S e longitude entre 53°59'30"O e 54°12'14"O. A superfície do município de Medianeira é de 328,73 km², com uma população estimada em 44.523 habitantes (IBGE, 2014). Localiza-se a 402 metros acima do nível do mar, sendo que seu ponto mais elevado está a 608 metros e o ponto mais baixo a 275 metros do nível do mar. Ao norte, limita-se com os municípios de Missal, ao Oeste faz fronteira com São Miguel do Iguaçu, ao sul com o município de Serranópolis do Iguaçu e ao leste com o município de Matelândia(PDM, 2006).

Medianeira está no Terceiro Planalto Paranaense na bacia do Paraná, caracterizada por uma bacia sedimentar intracratônica ou sinéclise que apresenta flancos pouco inclinados e bastante amplos, com cinco faixas altitudinais, variando de 300 a 900 metros de altitude com mais de 50% de parte de seu território na altitude de 300 a 400 metros, a bacia possui uma pequena variação na porção leste do município aonde vai de 400 a 500 metros e a área urbana chega a 900 metros.

Com predominância de solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico este, possui textura argilosa, com boa capacidade de retenção de água, aeração e permeabilidade. Nas áreas férteis encontram-se os solos Nitossolos Vermelhos eutróficos, de relevo ondulado com textura argilosa. Onde o relevo é fortemente ondulado e montanhoso, o solo é do tipo Litólicos eutróficos com alta susceptibilidade ao efeito erosivo e afloramento das rochas na superfície. Na área urbana o relevo oscila de suave ondulado a ondulado com os vales se desenvolvendo na direção leste-oeste e, nas áreas próximas aos rios a declividade é maior que 30%(PDM, 2006).

De acordo com Cherubini e Roll (2007) no contexto rural, o uso predominante do solo é para a agricultura e pecuária, onde aproximadamente 3.998 ha é para agricultura e 1.138 ha aproximadamente para a pecuária. A área de mata ciliar é de 292 ha, devendo ser implantada uma área de 138 ha, aproximadamente, já a área de reserva legal existente é de cerca de 690 ha, e a implantar calculada é de 438 ha.

A área de lavoura permanente do município ocupa 0,8%, a de lavoura temporária 41,8%, a área de pastagem 26,5% e a de matas e florestas 14,9%, o que evidencia a importância da agropecuária no município (IBGE, 2006).

Em grande parte desta região oeste o clima predominante é o Subtropical úmido Mesotérmico (Cfa), de verões quentes, com pouca frequência de geadas e chuvas concentradas nos meses de verão, com oscilação de temperatura nos meses mais quentes, superior a 22°C e nos meses mais frios, inferior a 18°C. Índices pluviométricos variam de 1.300 a 1.700 mm, com umidade relativa do ar de 75%, sem deficiência hídrica. Há incidência de clima Subtropical Mesotérmico (Cfb) nos locais de maior altitude, sendo que, esse clima caracteriza-se por apresentar verões frescos e inverno com geadas severas e frequentes, não havendo estação seca, a temperatura nos meses mais quentes é inferior a 22° e nos mais frios menores de 18°, os índices pluviométricos variam entre 1.700e 1.800 mm, a umidade de ar de 80%, também sem deficiência hídrica (PDM, 2006).

A cobertura vegetal da área corresponde a 11,46% da cobertura vegetal original, caracterizada por Floresta Ombrófila Mista (FOM), onde há predominância de floresta de Araucária ou de Pinheiros, a qual representa 22% desse total da região e a Floresta Estacional Semidecidual (FES), que representa 78%, composta por vegetações condicionadas por duas estações climáticas no ano, sendo uma bastante chuvosa no verão, e outra com intenso frio, no caso o inverno, causando seca fisiológica.

3.1 BACIA DO ALEGRIA

O município de Medianeira está inserido na bacia hidrográfica do rio Paraná, que se divide em bacia menores, em que sua porção norte na bacia do Paraná 3 e na sua porção sul na bacia do Iguazu, como é apresentada na Figura 2 (PDM, 2006).

Uma importante bacia localizada neste município é a bacia do rio Alegria, a qual possui uma extensão de 22 quilômetros, com suas nascentes localizadas na área rural do município, a qual recebe água de seus afluentes, tais como a Sanga

Magnólia, Sanga Maduri e Sanga Maguari e, atravessa o perímetro urbano desembocando no rio Ocoy, já próximo a jusante, as margens do lago de Itaipu.

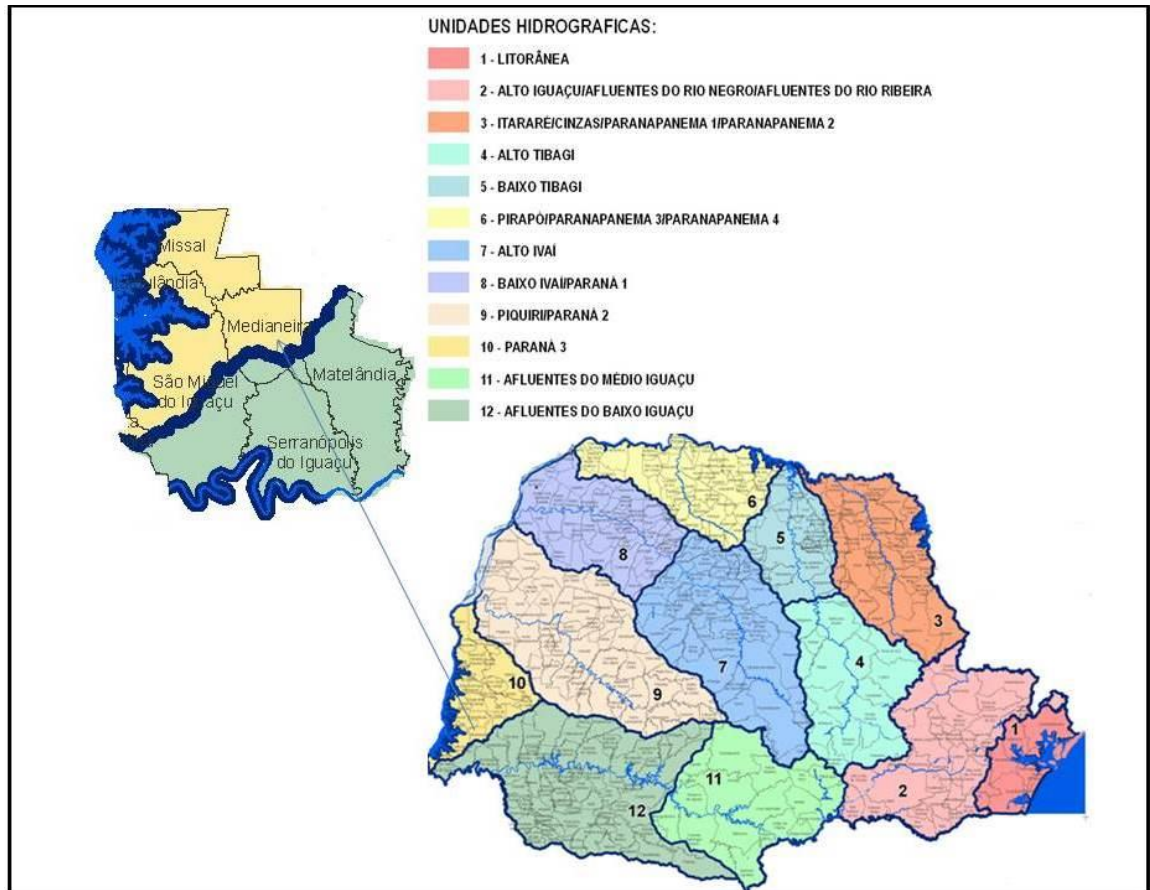


Figura 2: Unidades Hidrográficas com destaque ao município de Medianeira.
Fonte: SUDERHSA, 2006.

Este curso d'água é caracterizado como o principal manancial de Medianeira, devido à utilização de suas águas para o abastecimento da população do município. A captação da água é realizada pela Empresa Companhia de Saneamento do Estado do Paraná - Sanepar, à montante da Estação de Tratamento de Água (ETA), a qual segue para o tratamento e posteriormente é distribuída para a cidade.

O rio Alegria possui seu percurso na área urbana, a qual é afetada por fontes de poluição como o lançamento indevido de esgoto doméstico, esgoto sanitário municipal, além de efluentes industriais. As moradias irregulares também influenciam diretamente na qualidade da água, pois criam condições que favorecem a utilização deste manancial como ponto de disposição dos materiais citados anteriormente, e

facilitam a ocorrência de erosão e compactação do solo do entorno da bacia. A Figura 3 apresenta o percurso do rio Alegria, na cidade de Medianeira.

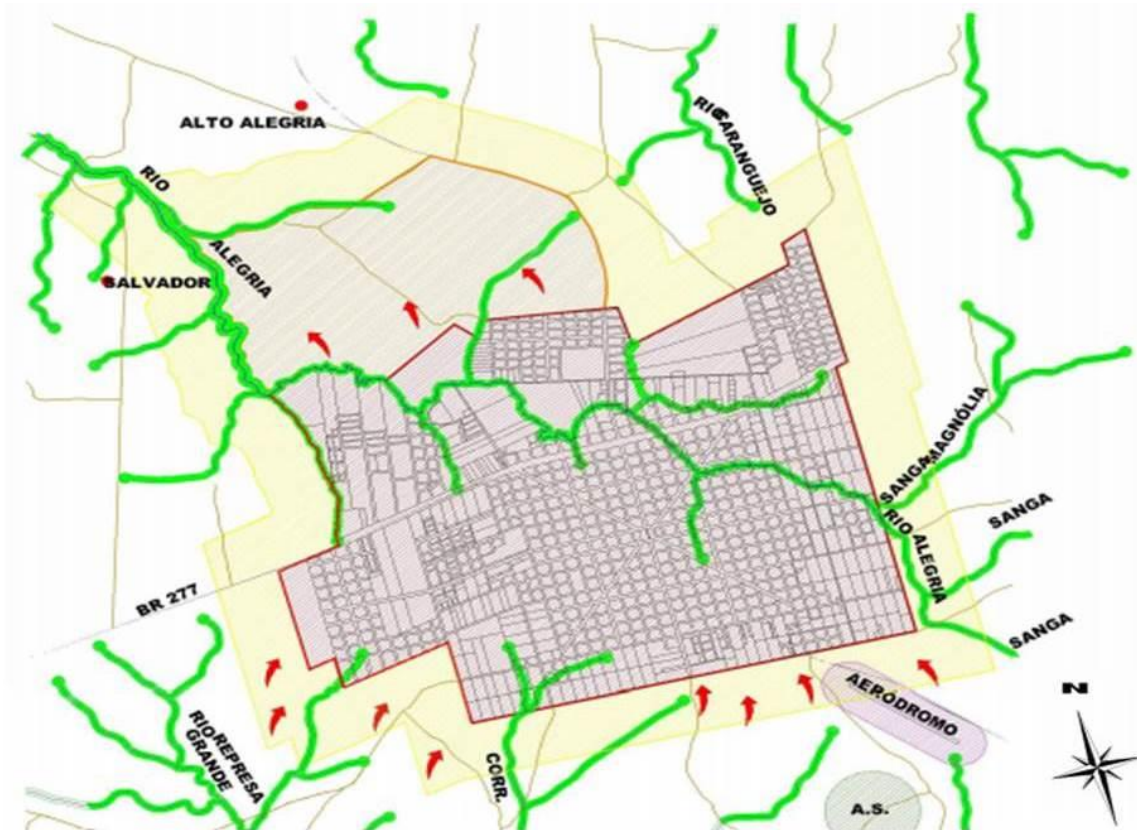


Figura 3: Percurso do rio Alegria na cidade de Medianeira.
Fonte: PDM (2006).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para a execução do projeto utilizou-se o software SPRING versão 5.2.6 para a criação do Banco de Dados, armazenamento e processamento das imagens.

As imagens utilizadas foram obtidas gratuitamente a partir do acervo de imagens da NASA e USGS por meio do seguinte endereço eletrônico: (<http://glovis.usgs.gov>) GloVis, imagens estas da área de estudo capturadas pelos satélites Landsat 5, 7 e 8 dos anos 1993, 2003 e 2014, respectivamente.

Utilizou-se para o mapeamento do ano de 1993 e 2003 as bandas 3, 4 e 5 do Landsat 5 e 7 respectivamente, e para o ano de 2014, as bandas 4, 5 e 6 do Landsat 8.

4.2 MÉTODOS

Para a realização do projeto foram necessárias algumas etapas sendo que, a primeira delas foi o levantamento bibliográfico de trabalhos sobre a aplicação do geoprocessamento e suas ferramentas em projetos ambientais para dar suporte ao estudo desenvolvido.

O primeiro objetivo foi de delimitar a bacia hidrográfica. A imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) fornecida pelo INPE, por meio do projeto Topodata, com resolução espacial de 30 metros foi importada para Spring como Modelo Numérico do Terreno (MNT), onde a partir dela foi efetuado a delimitação da bacia do rio Alegria, a declividade e a hipsometria.

Neste MNT foi aplicado a função Geração de Isolinhas, com equidistância de 5 metros, para geração das curvas de nível na área correspondente as coordenadas geográficas do retângulo envolvente do projeto. Estas isolinhas serviram de base na

identificação dos pontos de maior altitude, permitindo a vetorização da bacia com maior precisão (Figura 4).

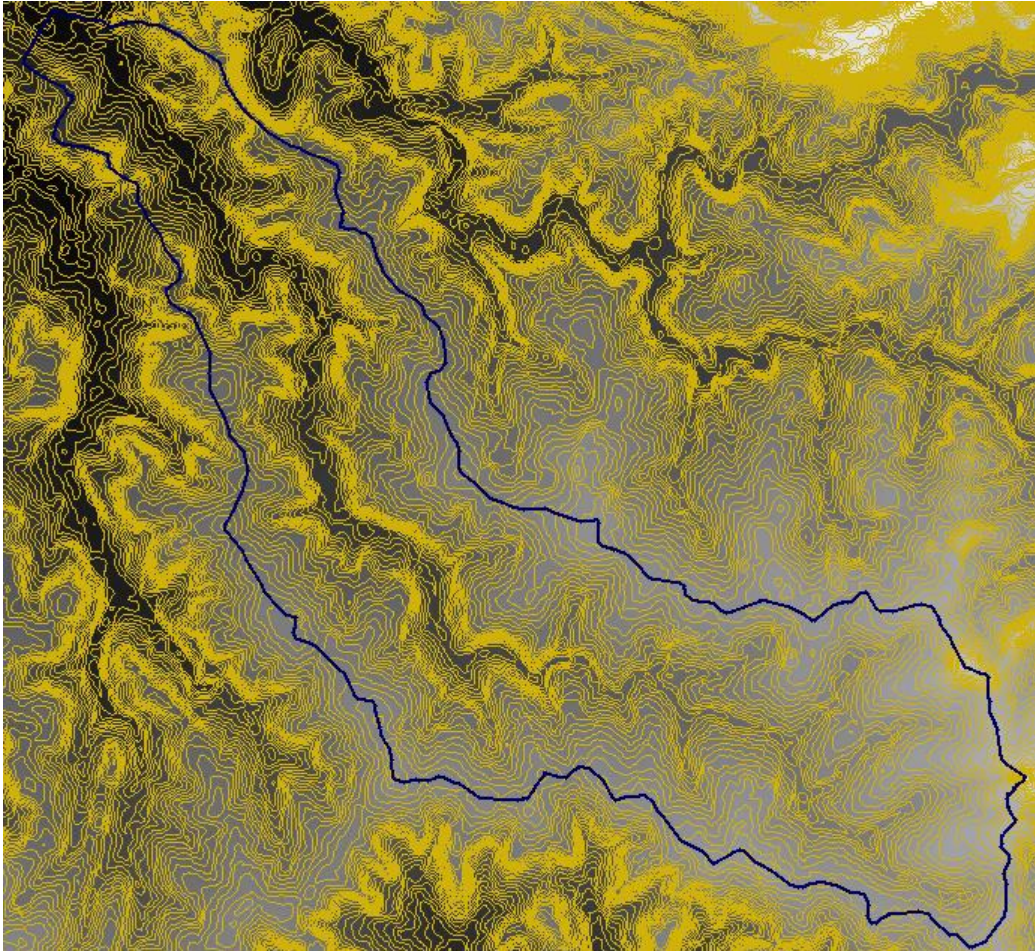


Figura 4: Modelo Numérico do Terreno com isolinhas e limite da bacia do rio Alegria.

Criou-se um Banco de Dados no ambiente SPRING nomeado como BD_BACIA_ALEGRIA, conseguinte a criação do projeto PROJETO_BACIA_ALEGRIA. Bacia com Latitude $25^{\circ}10'00''S$ e $25^{\circ}20'00''S$ e longitude $54^{\circ}00'00''O$ e $54^{\circ}12'00''O$, projeção UTM, Datum:Sirgas 2000, Fuso: 21.

Foram importadas para o projeto as imagens do satélite Landsat 5 e 7 nas bandas 3, 4 e 5, e as imagens do satélite Landsat 8 nas bandas 4, 5 e 6 todas no formato GeoTIFF.

Após a importação das imagens foi realizado o pré-processamento das mesmas, para correção de imperfeições e também a aplicação de contraste para

facilitar a visualização das imagens. A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. Geralmente é utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões. A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica em cada "pixel", para aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem.

Para a correção de contraste foi selecionado o Plano de Informação (PI), selecionado imagem após contraste no formato linear por canal, que gerou um contraste em todos os níveis de cinza da imagem. Este procedimento foi realizado para as imagens do L5 e L7 na composição R5G43B.

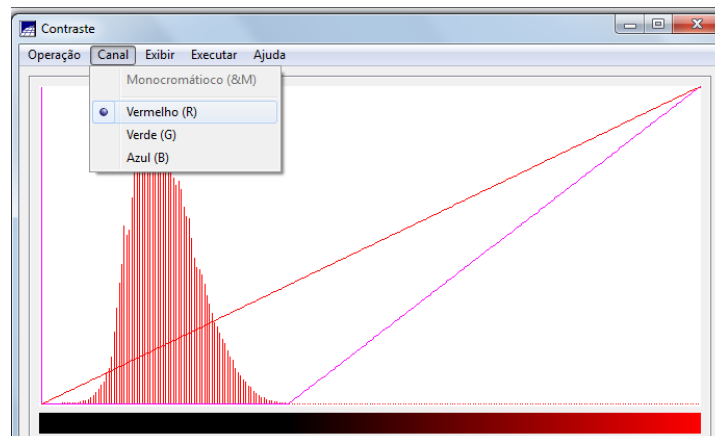


Figura 5: Histograma para correção de contraste no SPRING 5.2.6

Depois de aplicado o contraste em todas as bandas das imagens dos dois satélites anteriormente citados, foram criadas imagens com composição colorida RGB.

Nas imagens provenientes do Satélite Landsat 8 foi utilizado a técnica de Equalização de Histograma, buscando obter a máxima variância do histograma de uma imagem, obtendo assim uma imagem com o melhor contraste.

De acordo com Pedrini e Schwartz (2008, p.109) o histograma de uma imagem corresponde à distribuição acumulada dos níveis de cinza da imagem, o qual pode ser representado por um gráfico indicando o número de pixels na imagem para cada nível de cinza. Para facilitar a visualização e posterior classificação de uma imagem é necessário fazer a equalização de histograma, este método tem por

finalidade produzir uma imagem onde o histograma tem um formato desejado, pois modifica o histograma da imagem original, gerando uma imagem modificada com uma distribuição mais uniforme dos níveis de cinza.

Nesse processo de contrastar imagens, obtivemos como produto a geração de imagens sintéticas ou codificada que é a: representação de uma imagem em cores, utilizada para mostrar imagens em composição colorida em placas gráficas falsa-cor.

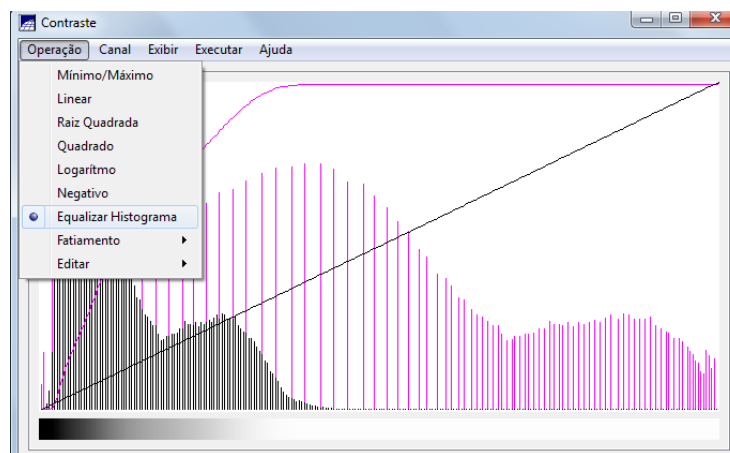


Figura 6: Equalização de Histograma para correção de contraste no SPRING 5.2.6

Após ser aplicado o contraste em todas as bandas tanto do L5 e L7 por contraste linear como por equalização de histograma no L8, com as imagens contrastadas, pôde-se partir para a etapa de geração de mapas hipsométricos e de declividade.

A geração dos mapas hipsométricos é possível pelo uso da técnica em que ocorre a representação da elevação do terreno através das cores atribuídas sendo que elas possuem uma equivalência com a elevação do terreno. Os estudos hipsométricos possibilitam conhecer de forma mais aprofundada o relevo de uma região e também quais são os fenômenos que ocorrem nessa superfície como exemplo o processo de erosão, identificação de áreas de inundação e uso e ocupação do solo.

Na confecção de mapas de declividade o objetivo foi demonstrar as inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal que carrega informações das formas do relevo, necessário para o estabelecimento de áreas de preservação

permanente de morros em mapas para obtenção de licenças ambientais, e para mapas de aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana (projetos urbanísticos), entre outros. A classificação das declividades foi realizada primeiramente, conforme sugerido por Embrapa (1999), sendo elas: 0–3 % (plano), 3–8 % (suave ondulado), 8–20 % (ondulado), 20–45 % (forte ondulado), 45–75 % (montanhoso) e 75–100 % (escarpado).

A geração do mapa de declividade através do raster gerado pelas imagens de radar é extremamente útil no planejamento de obras de engenharia como instalação de usinas e aterros, por exemplo. No campo das Ciências Exatas e da Terra, é possível analisar as tendências e formas da urbanização e do desenvolvimento agrícola, podendo sustentar bases para analisar a dinâmica do espaço.

Através da utilização de Dados Geomorfométricos do Projeto Topodata foram criadas curvas de nível de cinco metros, com imagens de resolução espacial de 30 metros, e ligados os pontos de maior altitude para realizar a delimitação da bacia.

Realizada a delimitação da bacia, fez-se a segmentação das imagens, que consiste na divisão da imagem em partes menores, ou seja, a área de interesse do estudo, no caso a área que pertence à bacia do Alegria, onde recortou-se o plano de informação para as bandas 3, 4 e 5 do L5 e L7 e bandas 4, 5 e 6 do L8, onde utilizou-se a composição colorida RGB. Para o L5 e L7 5R4G3B e para o L8 6R5G4B, como mostra a Figura 7.

Foram criadas seis classes distintas, a classe área urbana para classificar a quantidade de solo ocupado por construções e espaços públicos, a classe área agrícola com cultivo para áreas com cultivo, a classe área agrícola sem cultivo para áreas sem cultivo, a classe solo exposto para classificar as áreas onde o solo está exposto, ou seja, áreas de desmatamento, sem uso do solo, a classe vegetação primária para classificar as áreas com mata ciliar da bacia com vegetação mais densa, e a classe vegetação secundária para classificar as áreas com vegetação menos densa como gramíneas e vegetação de menor porte.

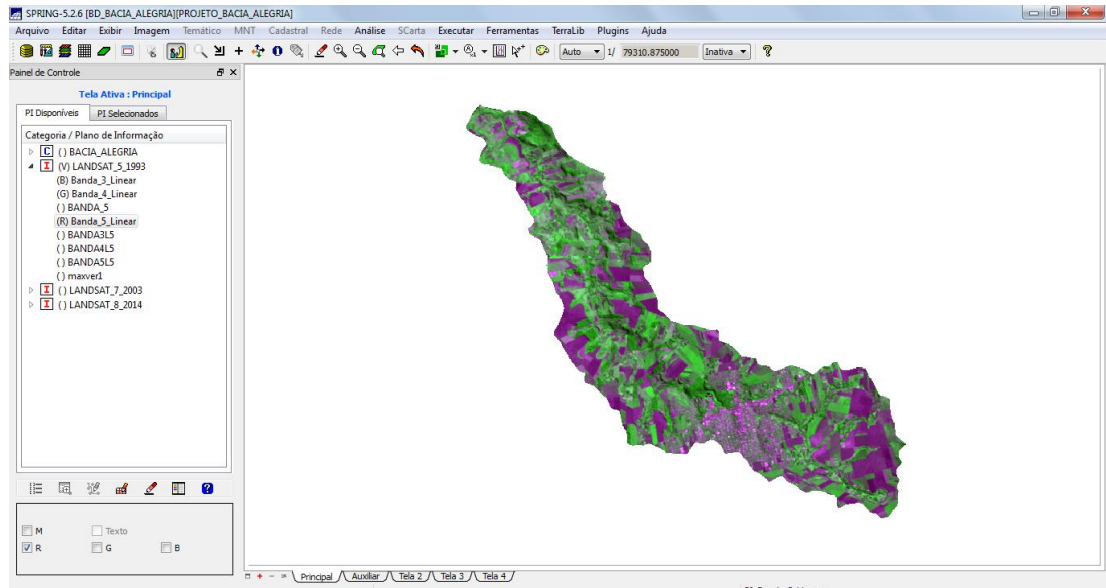


Figura 7: Recorte do Plano de Informação da bacia do Alegria.

Após a segmentação, as imagens foram classificadas através do classificador de imagens de Máxima Verossimilhança (Maxver), onde primeiramente foram realizados os treinamentos e conseguinte a classificação, como evidencia a Figura 8.

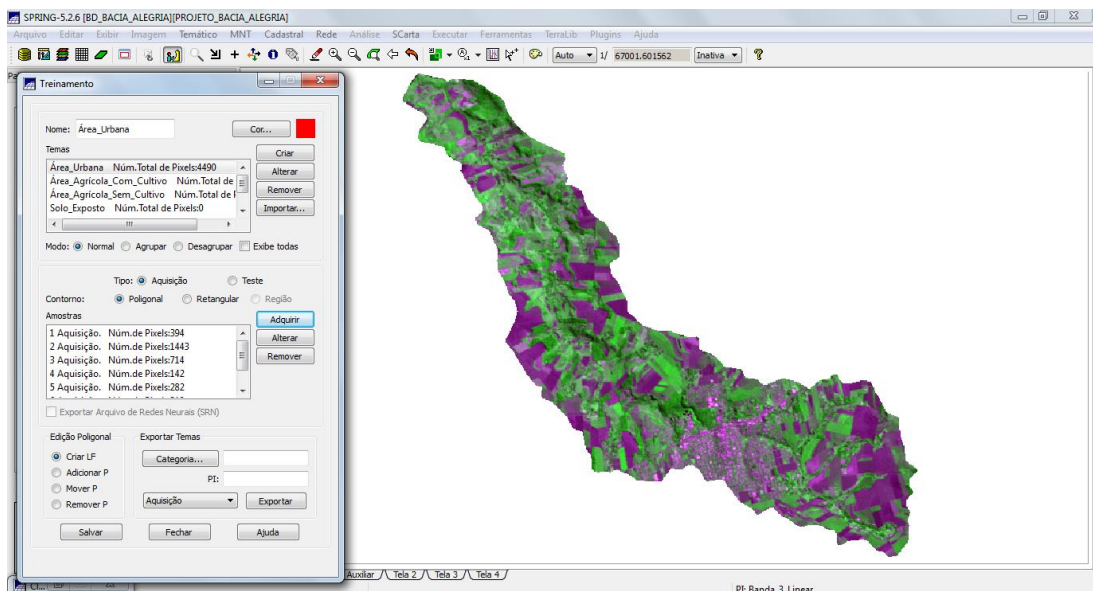


Figura 8: Janela de treinamento do classificador de imagens MAXVER.

Posteriormente a classificação foi realizada a edição matricial para melhorar o aspecto da imagem onde fez-se correções e atualizações necessárias, com o auxílio da imagem do Plêiades do ano de 2013, com resolução espacial de 2 metros. Após ser feita a edição matricial foi realizado o mapeamento de classes para imagem temática para a geração dos mapas temáticos, como apresenta a Figura 7. Os mapas temáticos da bacia do Alegria neste estudo ofereceram uma melhor interpretação do uso do solo no entorno da bacia. Após a geração dos mapas temáticos foi possível realizar análises multitemporais para verificar as transformações antrópicas sofridas por nesta bacia ao longo do período selecionado para estudo. Essa série temporal de imagens Landsat foi classificada pela mistura espectral para confeccionar 3 mapas de uso do solo.

Para análise multitemporal foram selecionados três períodos: o ano de 1993 com imagem obtida do Landsat 5, ano de 2003 com imagem obtida do Landsat 7 e ano de 2014 com imagem obtida do Landsat 8. Possibilitando dessa maneira a discussão através da interpretação de imagens dos satélites Landsat, o uso e ocupação do solo e a variação da vegetação no entorno da bacia do Alegria ao longo dos anos 1993, 2003 e 2014.

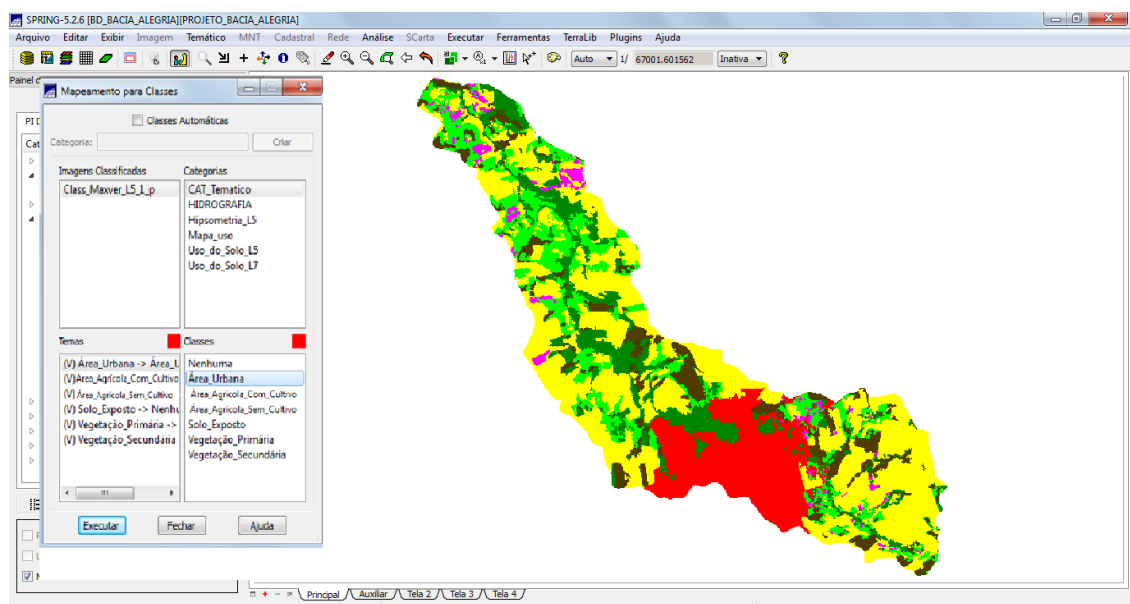


Figura 9: Janela de mapeamento de classes de imagens MAXver.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o limite da bacia definido, foi possível recortar o MNT para gerar a declividade e hipsometria correspondente a bacia.

Uma técnica importante na detecção de áreas suscetíveis a deslizamento de encostas, traçados de perfis ecodinâmicos da paisagem e análises de terreno para contextualização urbana, bem como, no planejamento de lavouras agrícolas e na identificação de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações, é a geração de mapas temáticos de classes de declividade (MAPSTORE, 2014). Em especial, essa ferramenta mostra-se substancial na implantação de bases de dados para tomada de decisão na elaboração de projetos pilotos para implantação de novos loteamentos em áreas urbanas, e também um importante instrumento de análise ambiental para o estudo do espaço geográfico de modo integrado.

Vale reforçar, que de acordo com Silveira *et al* (2006) “quanto maior o ângulo da declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte”, assim em vertentes com maior declividade, há a tendência de haver maior perda de solo.

O conhecimento sobre a hipsometria e declividade das vertentes contribuiu para a modelagem e prevenção de movimentos de massa, por este processo sofrer forte influência das forças gravitacionais. Outra questão que torna importante o estudo sobre a declividade das vertentes é a existência de leis que regulam o uso do solo nas encostas, o que pode ser observado no Código Florestal e na Resolução Conama nº 303 de 20 de março de 2002 citados por Vieira e Furtado (2004) em que áreas com declividade superior a 45% são consideradas áreas de preservação permanente.

Em muitos casos, é a topografia do terreno, especialmente a declividade, o principal condicionador de sua capacidade de uso. Em função disto, através de manipulação numérica da imagem de Radar (SRTM), obteve-se o mapa de classes de declividades da bacia do Alegria. O Modelo Numérico do Terreno resultante desta interpolação foi fatiado em cinco classes de declividades, definidas segundo os intervalos sugeridos pela Embrapa.

De acordo com estas classes pré-definidas, a bacia apresenta um relevo predominantemente de formas suave onduladas e onduladas. A soma destas duas categorias representa 83,56% da área da bacia, ou a 56,82 km², dos 68 km² da bacia, na escala 1:90.000 (Figura 10 e Tabela 2).

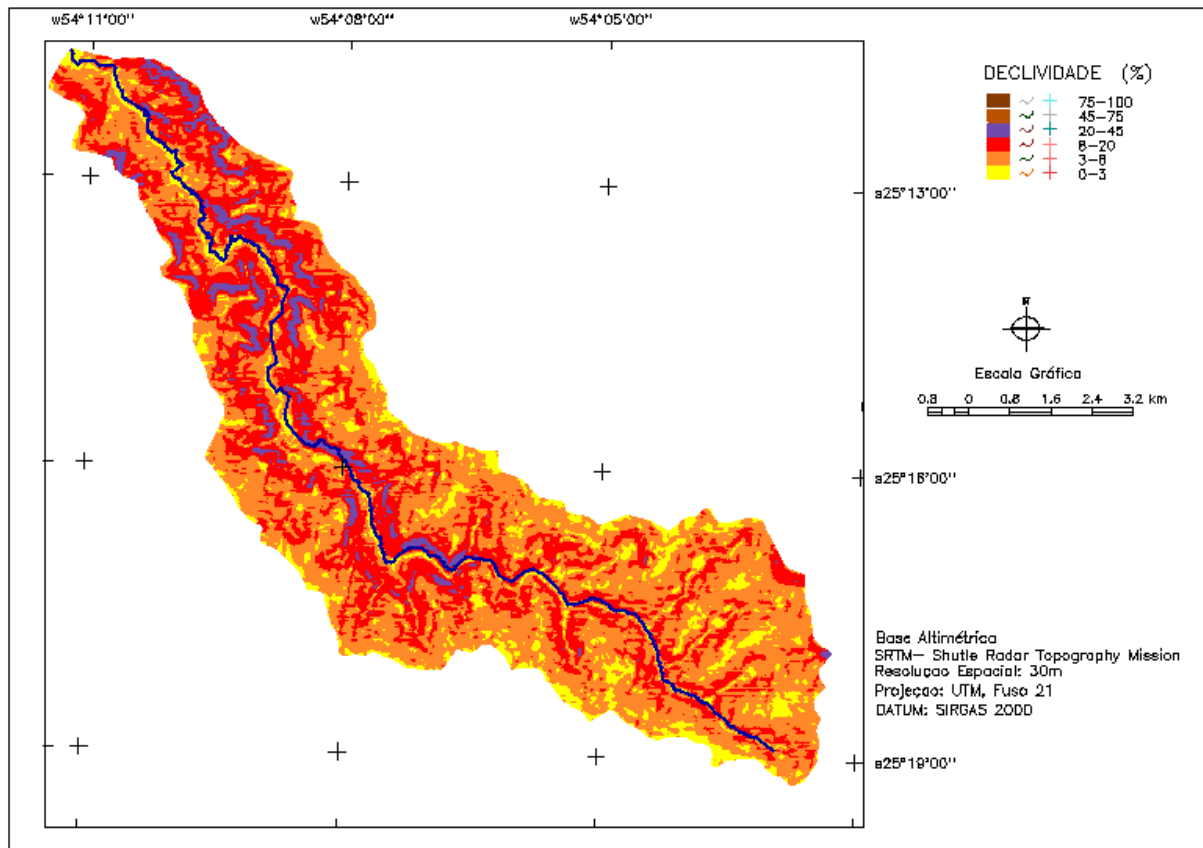


Figura 10: Mapa de declividade da Bacia do Rio Alegria.

A Tabela 2 mostra as classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Alegria.

Tabela 2: Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Alegria.

Classes	Declive	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Plano	0 a 3%	7,66	11,27
Suave ondulado	3 a 8%	34,70	51,03
Ondulado	8 a 20%	22,12	32,53
Forte ondulado	20 a 45%	3,23	4,75
Montanhoso	45 a 75%	0,29	0,4
Escarpado	75 a 100%	0,00	0
Total .		68	100

Os setores de alta declividade (20-45%) correspondem somente a 3,23 km² ou 4,75% da área total da bacia, e as áreas de baixa declividade (menor que 3%) correspondem a 11,27%, ou 7,66 km².

Observa-se que as maiores declividades concentram-se nas áreas onde há o acompanhamento da mata ciliar do rio. Logo é importante mencionar que este MNT se aproxima do Modelo Digital de Superfície (MDS), que representa a superfície do terreno contendo todas as feições que estão sobre ele, possibilitando, por exemplo, a mensuração da altura das edificações ou a estimativa de altura das árvores em uma floresta. “Este Modelo é uma representação do relevo considerando todas as altitudes das copas das árvores bem como os prédios e casas que aparecem recoberto ou construídos sobre o terreno” (SATMAP, 2014).

Para se chegar a uma representação fiel do relevo, seria apropriado o uso de um Modelo Digital do Terreno, que representa o terreno livre da interferência de feições naturais ou artificiais, tais como florestas ou prédios. É aplicado em projetos que envolvam a topografia do terreno, tais como estudos de solo, alocação de obras, estudos de drenagem e extração de curvas de nível, dentre outros. De acordo com a descrição dos produtos da empresa Satmap, para se gerar o MDT é necessário o processamento aerofotogramétrico dos pares estereoscópicos adquiridos pelos satélites ou por fotos aéreas e posterior eliminação das feições naturais ou construídas pelo homem. Muitas vezes não é possível se obter a altura exata do terreno quando a cobertura da vegetação for muito fechada. Somente com processos matemáticos de interpolação é possível se chegar a uma aproximação real.

Vale mencionar que o custo de uma imagem MDT correspondente a 75 km² pode passar dos vinte mil reais, tornando-se um complicador para uso acadêmico. Por isso, é que os dados SRTM são incisivamente utilizados na caracterização da paisagem no Brasil, e estão em trabalhos como os de Filho *et. al.* (2007), que geraram mapas fisiográficos do relevo- hipsométrico e declividade - a partir dos dados do SRTM para o estado do Rio de Janeiro apresentando uma análise comparativa entre os mapas gerados e o mapa de Florestas, visando estabelecer a importância da Geomorfologia (relevo) como ator de proteção e/ou conservação e distribuição dos fragmentos florestais.

Quanto a hipsometria, a bacia do rio Alegria tem a maior parte de sua área, cerca de 37,67 km² ou 55,37% da área total da bacia, nas classes hipsométricas dos

350 aos 440 metros. As altitudes superiores a 440 metros correspondem a 13,9% da área da bacia, e se encontram mais próximos da cabeceira de drenagem, enquanto as menores altitudes se encontram na jusante e baixa vertente do rio, conforme a Figura 11 e a Tabela 3.

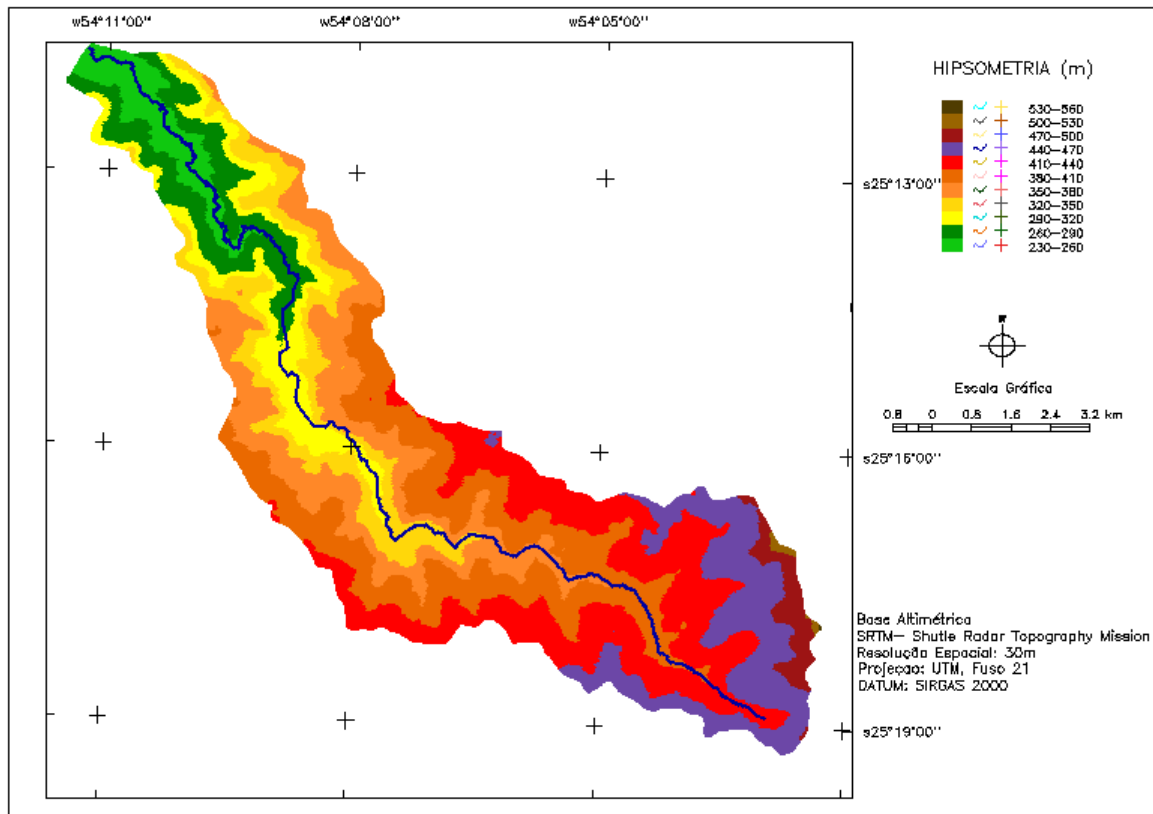


Figura 11: Mapa hipsométrico da bacia do rio Alegria.

Tabela 3: Classes hipsométricas da bacia hidrográfica do rio Alegria.

Altitude (m)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
230-260	3,36	4,95
260-290	5,30	7,76
290-320	5,43	7,99
320-350	6,80	10
350-380	10,40	15,26
380-410	13,35	19,63
410-440	1,92	20,48
440-470	7,70	11,32
470-500	1,60	2,36
500-530	0,14	0,21
530-560	0,006	0,009

Tendo em vista que o trabalho objetivou a geração de mapas temáticos do uso do solo da bacia do rio Alegria nos anos 1993, 2003 e 2014 e também a verificação do desempenho do classificador de imagens de Máxima Verossimilhança, de acordo com as classes preestabelecidas a partir da técnica de classificação multiespectral “pixel a pixel”, para realizar a análise multitemporal a partir dos mapas temáticos elaborados, os resultados obtidos revelam as modificações do entorno da bacia ao longo deste período.

As classes mapeadas na bacia de acordo com conhecimento prévio, foram: área urbana, área agrícola com cultivo, área agrícola sem cultivo, solo exposto, vegetação primária caracterizada pela presença de mata-ciliar e aglomerados de árvores com dossel, e vegetação secundária tais como gramíneas e vegetação rasteira.

No mapa temático elaborado com imagens do Landsat 5- ano 1993 cena de órbita 224 ponto77, imageamento realizado no dia 08 de maio, a vegetação primária se apresenta com 9,30 km²; vegetação secundária 11,03 km²; área agrícola com cultivo 7,11 km²; área agrícola sem cultivo 28,48 km²; solo exposto contabilizou 1,66 km² e a área urbana 10,55 km² (Figura 12).

As áreas de vegetação estão localizadas próximas ao rio Alegria sendo que, em partes de seu trajeto estão conectadas e em partes estão em pontos isolados. Já a área agrícola se distribui ao longo de toda a bacia porém, se concentra a jusante do rio Alegria. A área urbana se concentra completamente a jusante da bacia sendo que não há fragmentos que indicam grupos urbanos em outras partes da bacia.

Nesta classificação houve confusão de classes no reconhecimento dos pixels de mesma tonalidade, sendo que algumas áreas da classe área agrícola sem cultivo foram confundidas com área urbana. As áreas que apresentaram menor confusão foram as áreas de vegetação primária e solo exposto. O resultado obtido após a classificação da imagem do L5 e posterior elaboração do mapa temático é apresentado na Figura 12.

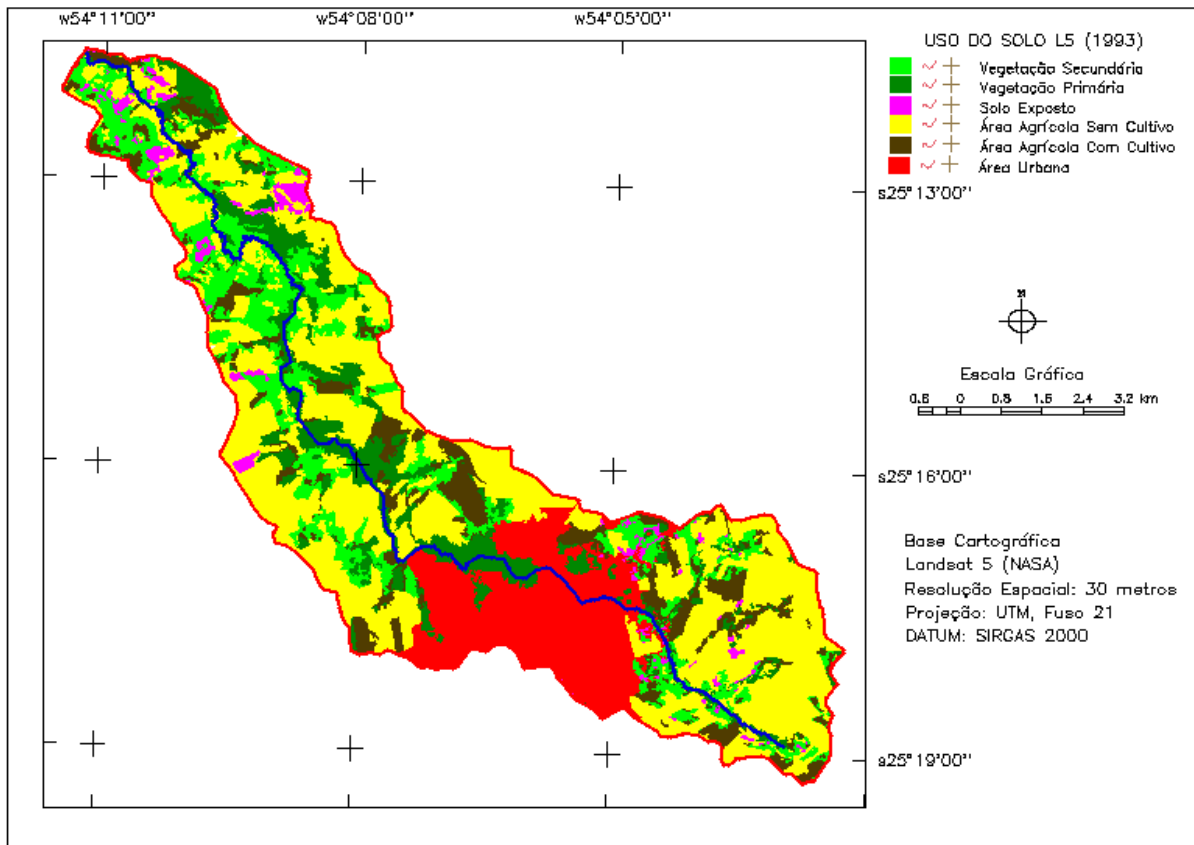


Figura 12: Mapa de Uso do solo classificado pelo Maxver. Landsat 5 – Maio de 1993

Na imagem do Landsat 7, ano 2003, os resultados quantificados no mapa de uso do solo indicam que a vegetação se apresenta com 5,64 km²; vegetação secundária 7,38 km²; área agrícola com cultivo 26,52 km²; área agrícola sem cultivo 16,96 km²; solo exposto contabilizou 3,88 km² e a área urbana 7,71 km², como mostra a Figura 13.

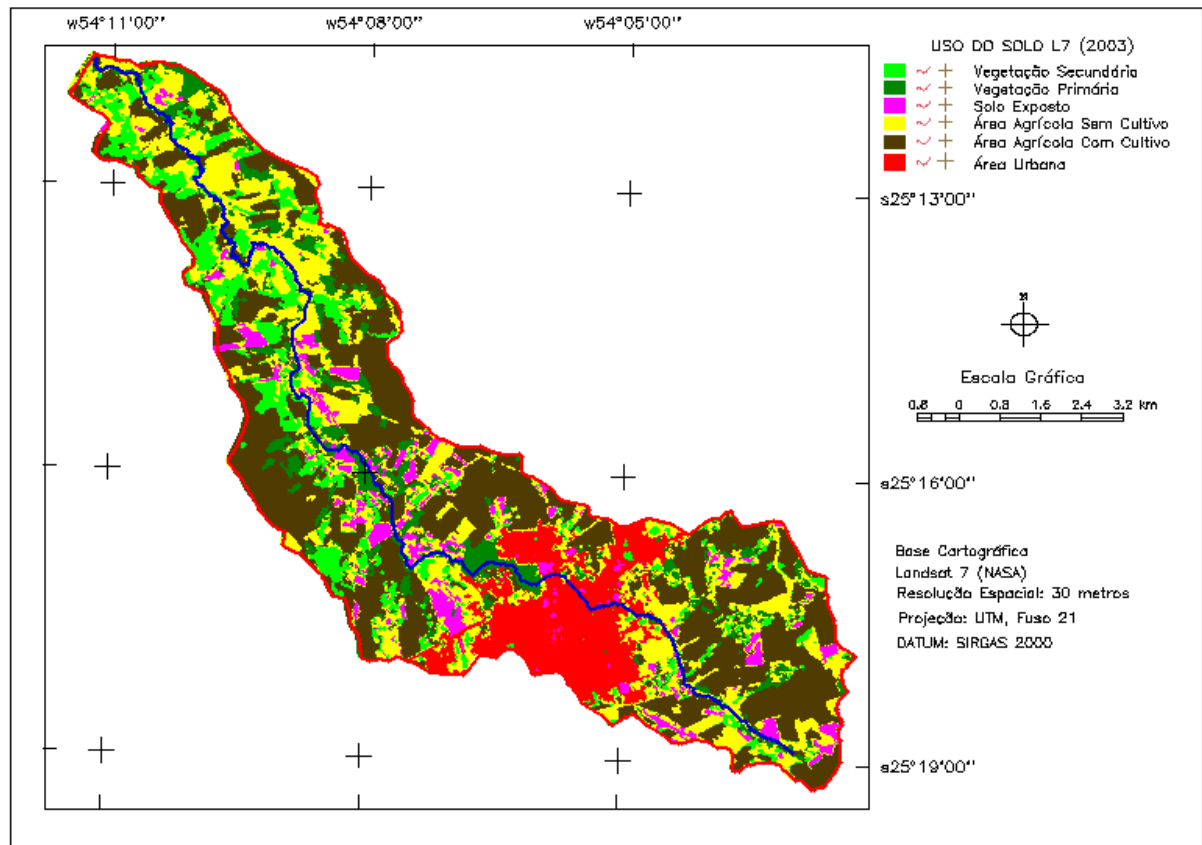


Figura 13: Mapa de Uso do solo classificado pelo Maxver. Landsat 7 – Maio de 2003

No mapa de uso do solo do ano de 2014 (Landsat 8) a vegetação se apresenta com 17,62 km²; vegetação secundária 6,35 km²; área agrícola com cultivo 3,59 km²; área agrícola sem cultivo 25,66 km²; solo exposto contabilizou 3,13 km² e a área urbana 11,63 km² (Figura 14).

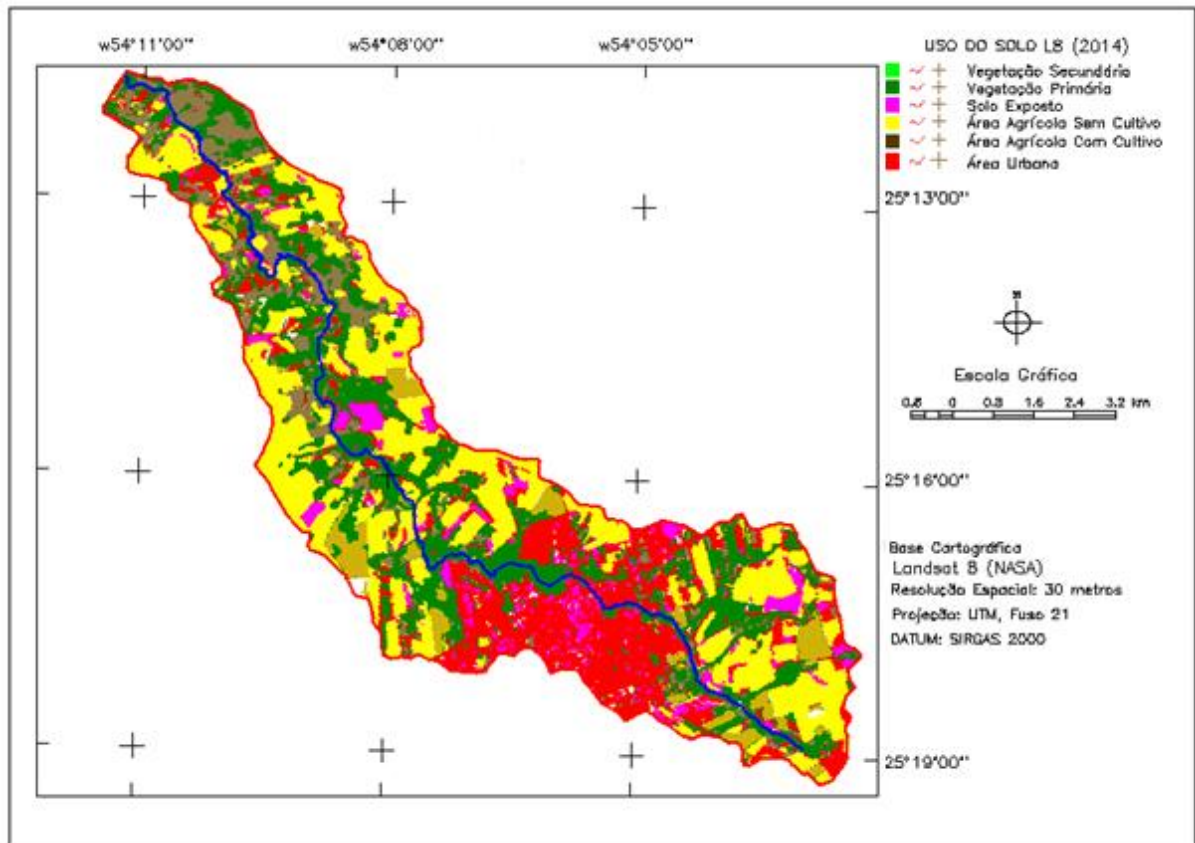


Figura 14: Mapa de Uso do solo classificado pelo Maxver. Landsat 8 – Agosto de 2014.

Para a classificação das imagens foram adquiridas 15 amostras para cada classe (elemento da paisagem). Pode-se perceber que mesmo com esse número, houve confusão de classes no reconhecimento dos pixels de mesma tonalidade principalmente a área urbana com a área agrícola sem cultivo, em seu estágio inicial ou final. Por essa razão utilizou-se o recurso de edição matricial para o ajuste dessas áreas. Para esse tratamento, foram úteis as ferramentas de edição de área através de formação de polígonos e a ferramenta de classificação através da opção classificar por região ou pixel. Após esse processo de edição, quantificaram-se as áreas classificadas.

Vale reforçar as considerações de Lang e Blaschke (2009, p. 154), quando afirmam que diferentes comprimentos de ondas apresentam um comportamento de reflexão característico, gerando conseqüentemente uma discriminação ao longo do comportamento dos diferentes tipos de cobertura do terreno, sendo importante o conhecimento prévio das características espectrais dos objetos ou de grupos de objetos imageados por satélites. Estas características são chamadas de assinaturas espectrais específicas que são utilizadas na classificação apoiada em computador,

onde é realizada a associação de pixels de acordo com suas características. A associação é realizada através de classes distintas, porém esta associação pode gerar confusão de classes devido à existência de diferentes tipos de cobertura do terreno que apresentam uma assinatura espectral semelhante, gerando assim confusão no momento da classificação.

Com a realização do processamento das imagens foi possível fazer o mapeamento do uso e cobertura do solo com boa precisão. A classificação Maxver revelou um médio desempenho em relação às classes classificadas, obtendo assim resultados médios, pois ainda acontecem erros normais de classificação, devido ao fato de que geralmente determinado alvo dificilmente é caracterizado por uma única assinatura espectral, o que acaba gerando confusão na classificação da imagem.

Ao longo dos procedimentos pôde-se relatar a existência de confusão nas imagens classificadas, pelo fato de possuírem assinaturas espectrais semelhantes, como é o caso da classe área urbana e a classe solo exposto, observada na classificação das imagens do L5 e L7. Pelo fato de existirem áreas de solo exposto dentro da classe área urbana, é compreensível terem assinaturas espectrais semelhantes.

Ainda assim, foi possível obter bons resultados nas áreas de interesse do estudo classificadas. A partir das comparações entre os referidos mapas e as classes de solo foi possível quantificar a modificação em cada porção da paisagem, identificando-se a evolução do antropismo de acordo com os aspectos edáficos da bacia. No ano de 1993 a porção da área correspondente à vegetação, tanto a primária quanto a secundária, era de 20,33km², já em 2003 13,02km² e em 2014 cobre 23,9 km² da área total da Bacia (Gráfico 1).

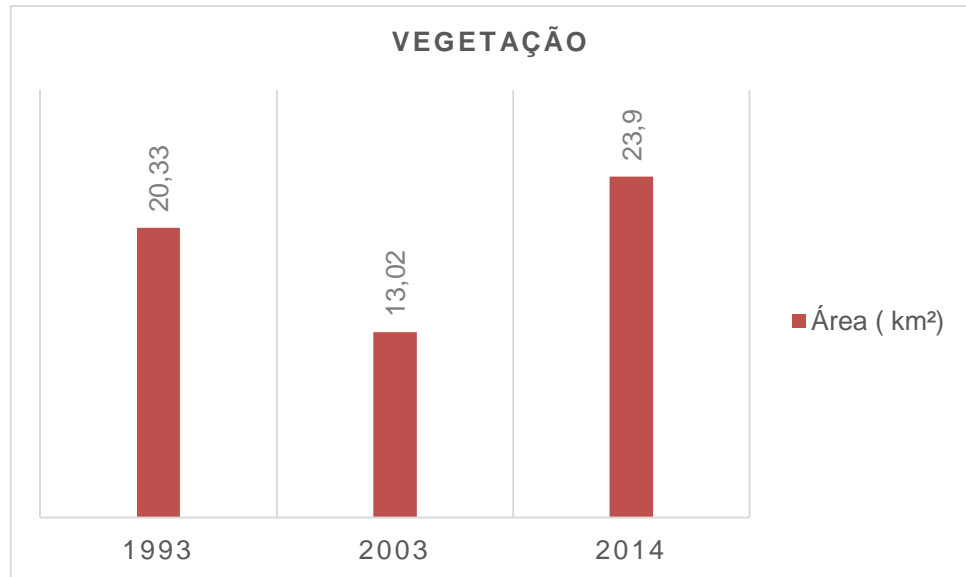


Gráfico 1: Comportamento da vegetação ao longo dos anos de 1993 à 2014.

Nota-se uma redução, do ano de 1993 para 2003, de 7,31 km² da área de vegetação e aumento de 10,07 km² do ano de 2003 à 2014. Isso devido ao crescimento visível da área agrícola, que contabilizou um aumento de 7,89 km² de 1993 a 2003 e decresceu 14,38 km² de 2003 à 2014 (Gráfico 2).

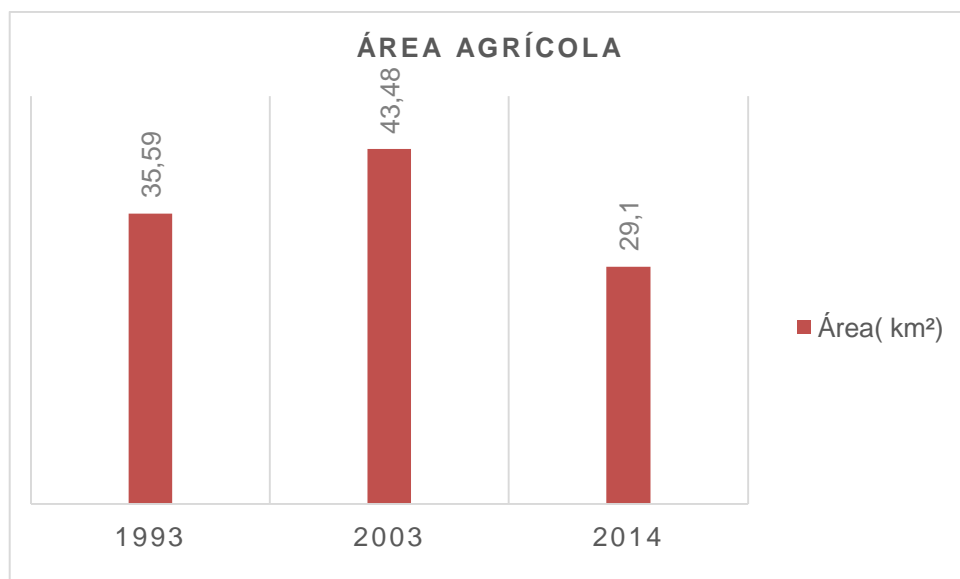


Gráfico 2: Comportamento da área agrícola ao longo dos anos de 1993 à 2014.

A área urbana apresentava no ano de 1993, 10,55km² porém uma redução de 2,84 km² em 2003 chegando ao presente ano com um aumento de 3,92 km² totalizando 11,63 km² de área urbana dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Alegria (Gráfico 3).

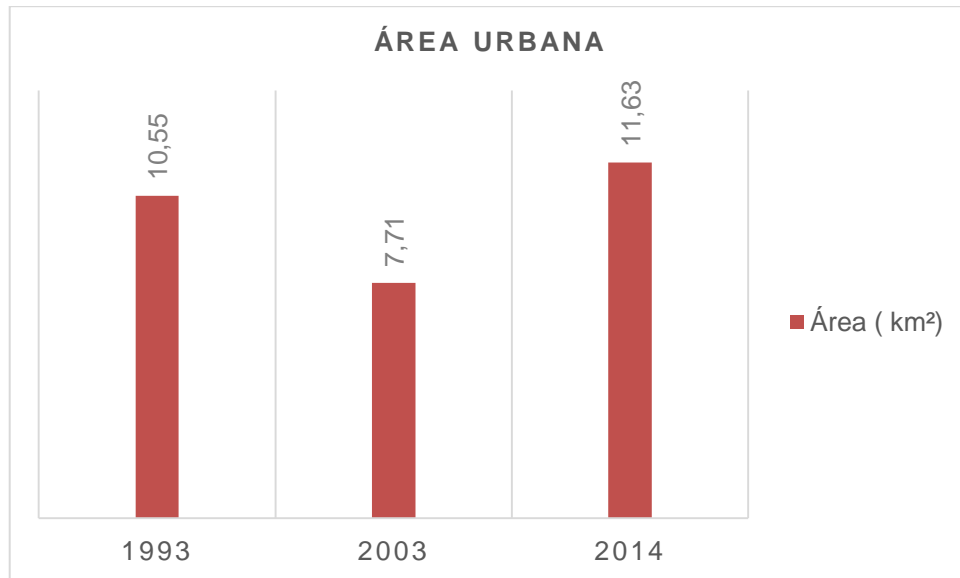


Gráfico 3: Comportamento da área urbana ao longo dos anos de 1993 à 2014.

A área de solo exposto apresentava no ano de 1993, 1,66 Km², porém houve um aumento significativo nesta classe no ano de 2003 que passou para 3,88 Km², reduzindo para 3,13 Km² no ano de 2014 (Gráfico 4).

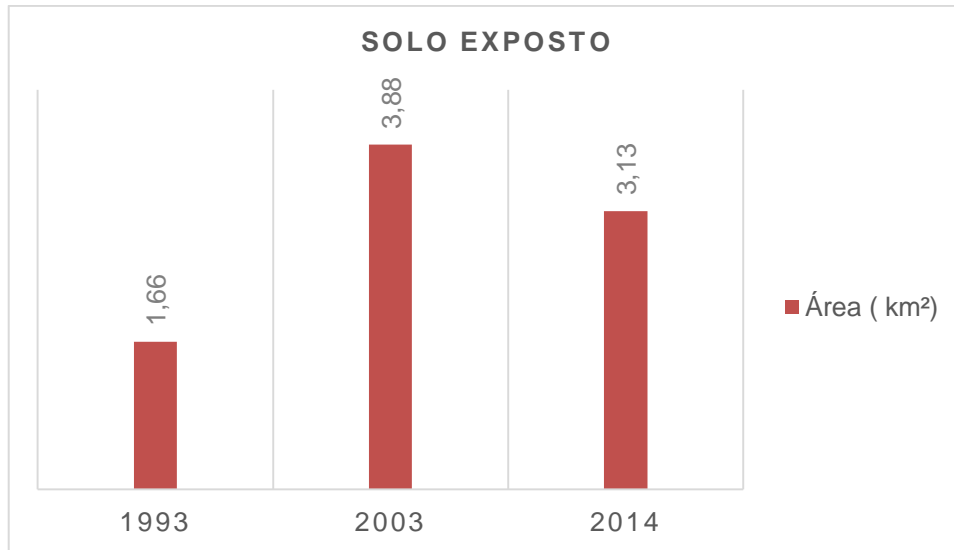


Gráfico 4: Comportamento da área de solo exposto ao longo dos anos de 1993 à 2014.

Como esta classe é condicionada pela própria dinâmica agrícola, sua análise isoladamente não reflete o uso do solo. Dá apenas um indicativo que no momento do imageamento não havia nenhuma cobertura de culturas temporárias, e não representa uma área de desmatamento.

Em síntese, o elemento da paisagem que mais sofreu alteração nos últimos 21 anos foi a vegetação que se encontra em grande parte do entorno da bacia e também está inserida na área urbana, e além da vegetação outro elemento que sofreu alteração foi a área agrícola que teve uma pequena redução no período de 1993 a 2014. Na área de solo exposto houve um aumento de aproximadamente 50% ao longo do período estudado.

Na imagem do L7 ano 2003, o Maxver apresentou uma grande confusão no reconhecimento dos pixels referentes a área agrícola não cultivada e a área urbana, por apresentarem semelhantes assinaturas espectrais. Alertando assim para os próximos estudos, atenção maior aos pesquisadores que utilizarão o classificador Maxver para trabalhar com áreas semelhantes a este estudo. Por este motivo justifica-se a considerável e errônea redução da área urbana demonstrada na Figura 13 e no Gráfico 3.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal, possibilitada pela geração do mapa temático, revela as mudanças ocorridas na bacia do rio Alegria, tal como o aumento da área agrícola e consequente redução da área de vegetação, porém revela o crescimento da vegetação no período de 2003 à 2014 o que pode ser uma indicação de um possível atendimento à legislação ambiental vigente quanto á preservação das matas ciliares e áreas de preservação.

O mapa temático elaborado a partir das imagens do L8 do ano de 2014 possibilitou identificar o aumento da área de vegetação sendo um total de 23,9km² comparado aos anos de 2003 com imagens do L7 e 1993 com imagens do L5, que eram de 13,02km² e 20,33km² respectivamente. Ressaltou-se também a partir da elaboração dos mapas o aumento da área de solo exposto, no qual foi observado durante a realização do trabalho que houve confusão na classificação, justificando assim a diminuição da área urbana e aumento da área de solo exposto no ano de 2003.

O classificador de pixel a pixel Maxver obteve um médio desempenho na classificação do uso do solo no entorno da bacia do Rio Alegria. Através dessa ferramenta de classificação que age no reconhecimento de assinaturas espectrais semelhantes reconhecendo-as e agrupando-as, resultou na formação de classes permitindo a visualização da distribuição das porções quantificadas que representam o uso do solo.

Houve durante a classificação, confusão ao assimilar a assinatura espectral correspondente à área urbana com a porção que representa a área agrícola sem cultivo por se apresentar em seu estágio inicial ou final, o que causa uma cobertura vegetal muito rasa no solo, e consequentemente sendo confundido com solo exposto.

Essas complicações foram resolvidas através do modo de edição que permite ao pesquisador identificar as áreas confundidas e fazer as correções necessárias, porém é fundamental o conhecimento prévio da área de estudo para que o pesquisador faça as devidas alterações. Vale lembrar que se não houver essas correções, no momento de análise das medidas, elas serão conotadas de forma errônea, pois calcularão a área classificada.

Mediante os resultados obtidos, destaca-se a importância da utilização e difusão do conhecimento das ferramentas do geoprocessamento para as diversas áreas de estudos ambientais, tanto para o monitoramento como para a tomada de decisão frente aos impactos ambientais ocasionados pela ação humana, pois a partir destas ferramentas e resultados obtidos pode-se dar continuidade aos avanços na área da tecnologia de mapeamentos visando a obtenção de resultados que permitam a realização de ações de maior controle em relação a este impactos.

REFERÊNCIAS

BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados**.3. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.301p.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. **Fundamentos de Geoprocessamento**. Artigo 2. Ed. , revista e ampliada, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>> Acesso em 29 ago. 2014.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São Paulo. 2001. Disponível em:<<file:///C:/Users/user/Downloads/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20Ci%C3%Aancia%20da%20Geoinforma%C3%A7%C3%A3o%20-%20INPE.pdf>> Acesso em 04 set. 2014.

CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo Cartaxo Modesto; FREITAS Ubirajara Moura, GARRIDO Juan; MITSUO II Fernando. **SPRING: Interating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling**. DPI/INPE. São Paulo, 1996. Disponível em: <http://pdf.aminer.org/000/306/098/modelling_data_integration_in_an_object_based_geographical_information_system.pdf>Acesso em 06 out. 2014.

CHERUBINI, Edivan; ROLL, Jean. Francisco. **Avaliação das condições ambientais da microbacia do rio Alegria no município de Medianeira – Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso Superior de Tecnologia Ambiental; Modalidade Resíduos Industriais. Medianeira, PR, 2007. 69 p.

DECICINO, Ronaldo. **Espaço geográfico: Sociedade transforma a natureza**. Geografia. Uol Educação. [S.l.]2009. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/espaco-geografico-sociedade-transforma-a-natureza.htm>>Acesso em 02 set. 2014.

DGI. Divisão de Geração de Imagens. **Os satélites LANDSAT 5 e 7**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo. 2009. Disponível em:<http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php> Acesso em: 10 Out. 2014.

DIAS, Genebaldo, Freire. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 8. ed. São Paulo: Gaia, 2003. 551p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Monitoramento por Satélite. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. Brasília- DF. 2014. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/missao_landsat.php> Acesso em 09 Out. 2014.

FILHO, José Roberto Ribeiro; CRUZ, Carla B. Madureira; REIS, Rafael Balbi. **Aplicação do Modelo Digital De Elevação do SRTM na geração de mapas fisiográficos do relevo**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ. VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, FLORIANÓPOLIS, BRASIL, 21-26 ABRIL 2007, INPE, P. 3057-3064. Anais. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.20.01/doc/3057-3064.pdf>>. Acesso em 10 out. 2014.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.

_____. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 143 p.

FLORENZANO, Teresa Galotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.. 101p.

_____. _____. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128p.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **Bacias hidrográficas do Brasil**. Mundo Educação [S.l.][2011]. Disponível em:<<http://www.mundoeducacao.com/geografia/bacias-hidrograficas-brasil.htm>>. Acesso em 15 out. 2014.

FREITAS, Maria Isabel Castreghini de; PANCHER, Andréia Medinilha. **Classificação de Imagens**. UNESP. Universidade Estadual Paulista. São Paulo. 2011. Disponível em:<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/sist_inf_geografica/Aula%2011/classificacao_imagens.pdf> Acesso em: 16 out. 2014.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291p.

GOMES, Yuri Marx P. **Java na Web com JFS, Spring, Hibernate e Netbeans6**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda. 2008. 175p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa da população de Medianeira em 2014**. Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=411580&idtema=130&search=parana|medianeira|estimativa-da-populacao-2014>>. Acesso em 27 out. 2014.

_____. **Noções Básicas de Cartografia**. Diretoria de Geociências. Departamento de Cartografia. Rio de Janeiro [2006]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/introducao.html> Acesso em 04 set. 2014.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Geoprocessamento Tutorial**. São Paulo. 2004. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/tutorial/licao1.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2014.

_____. **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. São Paulo [1998]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/>> Acesso em 06 out. 2014.

_____. **Monitoramento de Queimadas e Incêndios por satélite em tempo quase real**. Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente. São Paulo. 2014. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/apresentacao.php> Acesso em 22 out. 2014.

_____. **Tutorial de Geoprocessamento**. Divisão de Processamento de Imagens. São Paulo. 2006. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html Acesso em 03 out. 2014.

JOLY, Fernand. **A Cartografia**. 4 ed. Campinas SP: Papirus, 1990. 136p.

KALISKI, Aline Duarte; FERRER; Tânia Rodrigues; LAHM, Regis Alexandre. **Análise Temporal do uso do solo através de ferramentas de Geoprocessamento- Estudo de caso: Município de Butiá/ RS**. UFRGS.2009. 16p. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/paraonde/article/viewFile/22112/12874>> Acesso em 09 out. 2014.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.

MAPSTORE, Natureza, Tecnologia e Saúde. Disponível em: <http://mapstore.eco.br/declividades/mapas_hipsometria_declividades_contextualiza>

cao_urbana_planejamento_de_lavouras_areas_suscetiveis_a_inundacoes_brasil_regiao_norte_para_mesorregiao_nordeste_paraense_microrregiao_cameta_municipio_de_abacetuba_00107.>. Acesso em 09 out. 2014

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Software livre para Geoprocessamento**. MMA/CGTI. Brasília.2005. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/biomas/item/893-software-livre-para-geoprocessamento>> Acesso em 02 out. 2014.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**.4 ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 424p.

PDM, **Plano Diretor Municipal Medianeira - Paraná: 2º Fase**, 2006. Disponível em <http://www.medianeira.pr.gov.br/planodiretor/Leis/0_Plano_Direto_de_Medianeira_c_ompleto.pdf>. Acesso em 27 out 2014.

PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. **Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações**. São Paulo: Thomson Learning, 2008. 508p.

PEREIRA, Nilson Rendeiro; SCHUBACK, Pedro D’Almeida; JUNIOR, Valdir Carvalho. **O uso de Técnicas de Geoprocessamento na detecção de áreas de Incompatibilidade de Uso, com base na Aptidão Agrícola das Terras e o Uso Atual - Estudo aplicado no Município Eng Paulo de Frontin - RJ**.IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, SANTOS, BRASIL, 11-18 SETEMBRO 1998, INPE, P. 59-69.Anais. Disponível em: <http://martes.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.10.24/doc/3_142p.pdf> Acesso em 22 out. 2014.

PHILLIPI Jr, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2004.1045p.

PROCESSAMENTO DIGITAL. **Landsat 8: Novas Combinações de Bandas e Informações Técnicas**. Geotecnologias e Software Livre. São Paulo. 2013. Disponível em:<<http://www.processamentodigital.com.br/2013/06/02/landsat-8-novas-combinacoes-de-bandas/>>. Acesso em 14 out. 2014.

RAFFO, Jorge; MORATO, Rubia Gomes. **O nascimento do sensoriamento remoto**. Revista Geografia: Escala. São Paulo. [2010].Disponível em: <<http://conhecimentopratico.uol.com.br/geografia/mapas-demografia/26/artigo145856-1.asp>>Acesso em 09 de set de 2014.

ROSA, Roberto. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**. Revista do Departamento de Geografia. [S.l.]2005 p. 81-90. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf>. Acesso em 03set. 2014

SADECK, Luis Waldyr Rodrigues. **Geoprocessamento: Ciência ou Técnica**. [S.l.] 2012. Disponível em: <<http://geotecnologias.wordpress.com/2012/03/15/geoprocessamento-ciencia-ou-tecnica/>>Acesso em 03 set. 2014.

SANTOS, Walbert Júnior Reis dos; ALVES, Helena Maria Ramos; VIEIRA, Tatiana Grossi Chquilof; VOLPATO, Margarete Marin Lordelo. **Influência do declive na exatidão do classificador Maxver para o mapeamento da cultura do café**. Universidade Federal de Lavras MG – UFLA.XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, NATAL, BRASIL, 25-30 ABRIL 2009, INPE, P. 4333-4338.Anais. Disponível em:<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.18.09.43/doc/4333-4338.pdf>> Acesso em 22 out. 2014.

SILVA, Rodrigo Kuhn. **A evolução do conceito de espaço geográfico**. Trabalho de pesquisa. UFSM. Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: <<http://www.unifra.br/eventos/sepe2012/Trabalhos/5199.pdf>> Acesso em 02 set. 2014.

SATMAP. **Imagens de Satélites**. São Paulo. 2014. Disponível em: <<http://www.satmap.com.br/produtos>>. Acesso em 11 nov. 2014.

SILVA, Jorge Xavier da; ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 363 p.

SILVA, Lenyra Riqueda. **A natureza contraditória do espaço geográfico**. São Paulo: Contexto, 1991. 100 p.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C; FIORI, A. P.; ZAI, C..**Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba / Paraná**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology. Anais. 2006, Goiânia. SIQUEIRA, Rhanieri. **Geoprocessamento: Um breve histórico**. Georreferenciamento de Campos. Campos dos Goytacazes. Artigos. 2010. Disponível em: <<http://www.geo.campos.rj.gov.br/index.php/artigos/47-geoprocessamento.html>>Acesso em: 03 set. 2014

SUDERHSA;INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Unidades Hidrográficas do Paraná**. Curitiba. 2006. Disponível em:

<<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=82>>. Acesso em 27 out 2014.

TRENTIN, Romário; BAZZAN, Thiago; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza; BARATTO, Débora da Silva. **As Geotecnologias como Subsídio para Análise de Áreas de Risco e Desastres Naturais**. Encontro de Geógrafos da América Latina. [S.l.].2013. Disponível em: <http://www.egal2013.pe/wp-content/uploads/2013/07/Tra_Romario-Trentin-Thiago-Bazzan-Lu%C3%ADs-Eduardo-de-Souza-Robaina-D%C3%A9bora-da-Silva-Baratto.pdf> Acesso em: 03 set. 2014.

TREVISAN, Giselle. V; *et al* .**Análise de Diferentes Técnicas de Classificação Digital no Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra**. IV SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO. Aracaju. 2004. Anais Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr2/pdfs/Ficha_catalografica.pdf> Acesso em 22 out. 2014.

USGS,U.S Geological Survey. **Landsat 8**.United States.2014. Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov/landsat8.php> >. Acesso em 08 out. 2014.

VIEIRA, R.; FURTADO, S. M. A.**Caracterização dos Aspectos Físico-Naturais Intrínsecos da Encosta e Identificação das Áreas Susceptíveis a Deslizamentos na Sub-Bacia do Ribeirão Araranguá – Blumenau/SC**. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.337-351. (CD-ROM).