



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ELAINE ELISE LAPA DA SILVA

**MAPEAMENTO DO USO DO SOLO DA BACIA RIBEIRÃO  
ENGENHO DE FERRO – IBIPORÃ – PR, ENTRE 1990 E  
2010.**

---

Londrina  
2011

ELAINE ELISE LAPA DA SILVA

**MAPEAMENTO DO USO DO SOLO DA BACIA RIBEIRÃO  
ENGENHO DE FERRO – IBIPORÃ – PR, ENTRE 1990 E  
2010.**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo C. Pereira Neto

Londrina  
2011

ELAINE ELISE LAPA DA SILVA

**MAPEAMENTO DO USO DO SOLO DA BACIA  
RIBEIRÃO ENGENHO DE FERRO – IBIPORÃ – PR, ENTRE 1990 E  
2010.**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Nilza Ap. Freres Stipp  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Rigoberto Lázaro Prieto Cainzós  
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

À minha mãe e avó que me apoiaram em momentos de dificuldades e pelo estímulo e apoio incondicional.

Ao meu namorado, por sempre estar ao meu lado, pelo carinho e companheirismo.

E ao meu orientador Osvaldo C. Pereira Neto pela sua importante orientação.

SILVA, Elaine Elise Lapa. **Mapeamento do uso do solo da Bacia Ribeirão Engenho de Ferro – Ibiporã - PR.** 2011. 28p.. Monografia (Curso de Bacharel em Geografia) – Centro de Ciências Exatas – Departamento de Geociências – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

## **RESUMO**

O trabalho consiste na utilização de um sistema capaz de mapear o uso do solo na Bacia Hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro, localizada no município de Ibiporã – PR, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, por meio do SIG (Sistema de Informação Geográfica). Para estruturação do SIG foram utilizadas imagens do Landsat 5 + órbita 222, ponto 76, bandas 3, 4 e 5 nas datas 22/08/1990, 23/12/200 e 01/11/2010. O software utilizado foi o SPRING 5.0.6 para estruturação do banco de dados e processamento de imagens digitais. Foi feito o aumento de contraste em todas as bandas e traçado o limite aproximado da Bacia Hidrográfica. Foi feita a classificação e segmentação das imagens, utilizando o classificador Bhattacharya. As imagens classificadas foram transformadas em imagens temáticas e mapeadas em mata, solo nu, pasto, cultura e urbano. A bacia mostrou-se com tendência amplamente para a agropecuária, com ampla extensão de áreas agrícolas, em todo o período estudado.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto. SIG. Landsat. SPRING.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Componentes de um SIG.....	03
<b>Figura 2</b> – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.....	04
<b>Figura 3</b> – Sistema Sensor.....	05
<b>Figura 4</b> – Pixel - pequenos quadrados na imagem.....	06
<b>Figura 5</b> – Bandas espectrais.....	07
<b>Figura 6</b> – Diferença de resolução radiométrica, em área urbana.....	07
<b>Figura 7</b> – Satélite Landsat 5.....	11
<b>Figura 8</b> – Tela do site do INPE para seleção das imagens para download.....	12
<b>Figura 9</b> – Satélite Landsat – 5.....	14
<b>Figura 10</b> – Satélite Landsat – 7.....	14
<b>Figura 11</b> – Tela do site do INPE para seleção das imagens para download.....	16
<b>Figura 12</b> – Mapa de uso do solo para o ano de 1990.....	18
<b>Figura 13</b> – Mapa de uso do solo para o ano de 2000.....	19
<b>Figura 14</b> – Mapa de uso do solo para o ano de 2010.....	20

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características dos satélites Landsat.....	13
<b>Tabela 2</b> – Cálculo das áreas de uso do solo: 1990, 2000 e 2010 .....	21
<b>Tabela 3</b> – Desempenho geral das amostras da classificação digital.....	22

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite (Satélite de Sensoriamento Remoto da Terra)

ND – Número Digital

SIG – Sistema de Informação Geográfica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
--------------------------	-----------



<b>2 OBJETIVO</b> .....	01
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	01
3.1 GEOPROCESSAMENTO E SIG.....	02
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO.....	04
3.3 GEOPROCESSAMENTO E MAPEAMENTO DE USO DO SOLO.....	08
<b>4 MATERIAL E METODOLOGIA</b> .....	11
4.1 MATERIAL.....	11
4.1.1 Landsat.....	12
4.1.2 Spring.....	15
4.2 METODOLOGIA.....	15
4.2.1 Procedimentos para obtenção das imagens de satélite.....	16
4.2.2 Importação de imagens, contraste e classificação digital Bhattacharya.....	16
<b>5 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	17
5.1 MAPAS DE MUDANÇAS NO USO DO SOLO DA BACIA RIBEIRÃO ENGENHO DE FERRO.....	17
5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS MAPAS E TABELAS.....	22
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	23
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	24

## **1 INTRODUÇÃO**

Os satélites são frutos do avanço da tecnologia adquirido pela humanidade. As imagens transmitidas por satélites estão ficando cada vez mais detalhadas possibilitando um extraordinário acesso a informações de extrema importância.

Os avanços tecnológicos na área espacial têm trazido melhorias expressivas nas resoluções espaciais, radiométrica, espectral e temporal dos dados orbitais. Com isso, os satélites cada vez mais são capazes de diferenciar alvos na superfície terrestre, sobretudo devido à melhoria na resolução espacial.

A disponibilidade de informações seguras sobre a produção de culturas agrícolas é relevante para os vários setores envolvidos no agronegócio, e uma alternativa que parece ser viável para o fornecimento dessas informações é o emprego das técnicas de sensoriamento remoto, que permitem analisar imagens da superfície terrestre adquirida por meio de sensores de satélites.

A partir do uso de imagens de satélites, será feita uma análise das mudanças no uso do solo da Bacia Ribeirão Engenho de Ferro, localizada no município de Ibiporã - PR, nos anos 1990, 2000 e 2010.

Sendo assim, espera-se que a análise de imagens de satélites permita identificar as mudanças no uso do solo ao longo do tempo e analisar o padrão de uso do solo.

Com isso, o trabalho pode servir de base para futuros planejamentos rurais, no tocante a previsões agropecuárias, e também como um subsídio importante para o planejamento de áreas semelhantes ao do estudo em questão.

## **2 OBJETIVO**

Utilizar técnicas de geoprocessamento para diagnosticar características de mudanças de uso do solo na Bacia Ribeirão Engenho de Ferro ao longo dos anos 1990, 2000 e 2010, comparando sua evolução.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Levantamentos sobre recursos naturais e uso da terra são de extrema importância como auxílio ao planejamento, monitoramento e controle do processo de

ocupação do solo. Neste contexto, tornam-se necessários estudos com o objetivo de caracterizar e monitorar o meio físico, e que dêem suporte a execução de ações voltadas à recuperação dessas áreas.

Uma ferramenta que tem se mostrado eficaz para pesquisas dessa natureza é sensoriamento orbital de imagens, já que possibilita em um curto espaço de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações. Aliado ao geoprocessamento, o sensoriamento remoto constitui numa tecnologia indispensável ao estudo e a análise das variações ambientais terrestres.

### **3.1 GEOPROCESSAMENTO E SIG**

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Silva e Zaidan (2004, p. 19) definem geoprocessamento como [...] “uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana”.

Assim, segundo o INPE (2006), as atividades que o geoprocessamento está envolvido, são efetuadas por sistemas peculiares para cada tipo de aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ou Geographic Information System – GIS, relacionado com os avanços na área da computação, cuja história tem como marco as décadas de 40 e 50, quando equipamentos e métodos foram desenvolvidos viabilizando, dessa maneira, a implementação de rotinas para a automação de determinados processos de análise espacial.

O SIG processa dados gráficos e não gráficos com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies, e são “constituídos por uma série de programas e processos de análises, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial”. (TEIXEIRA; MORETTI; CHRISTOFOLETTI, 1992, p. 7).

Quanto aos componentes de um SIG (figura 1), de uma maneira geral, pode ser visto como um sistema onde está presente:

- Interface com o usuário;
- Entrada e integração de dados, “composto pelos programas de gerenciamento que permitem executar rotinas de manutenção e controle e pela base de dados

física que é composta de arquivos onde os dados factuais estudados são armazenados” (TEIXEIRA; MORETTI; CHRISTOFOLETTI, 1992, p. 30.);

- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos)

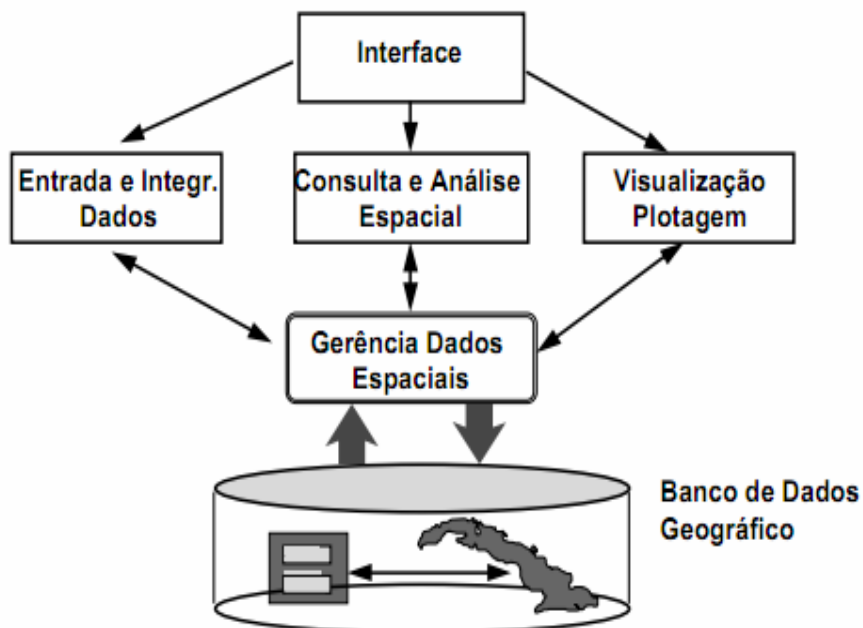


**Fig.1:** Componentes de um SIG

De acordo com o INPE (2006), um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gestão de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (figura 2).

Ainda de acordo com o INPE (2006):

“Um sistema de geoprocessamento pode ser tratado como tal, destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georeferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc; devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise”. (INPE, 2006)



**Fig. 2** - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.

**Fonte:** INPE, 2006

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos o SIG é, em muitos casos confundido com geoprocessamento. De acordo com Burrough (2005):

“o geoprocessamento é mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georeferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies”. (ROSA apud BURROUGH, 2005, p. 81).

Segundo Teixeira, Moretti e Christofolletti (1992, p.8) os SIG's vêm se tornando uma tecnologia cada vez mais necessária em empresas, órgãos públicos e institutos de pesquisa, o que justifica a procura de conhecimento a este respeito, por um número cada vez maior de pessoas.

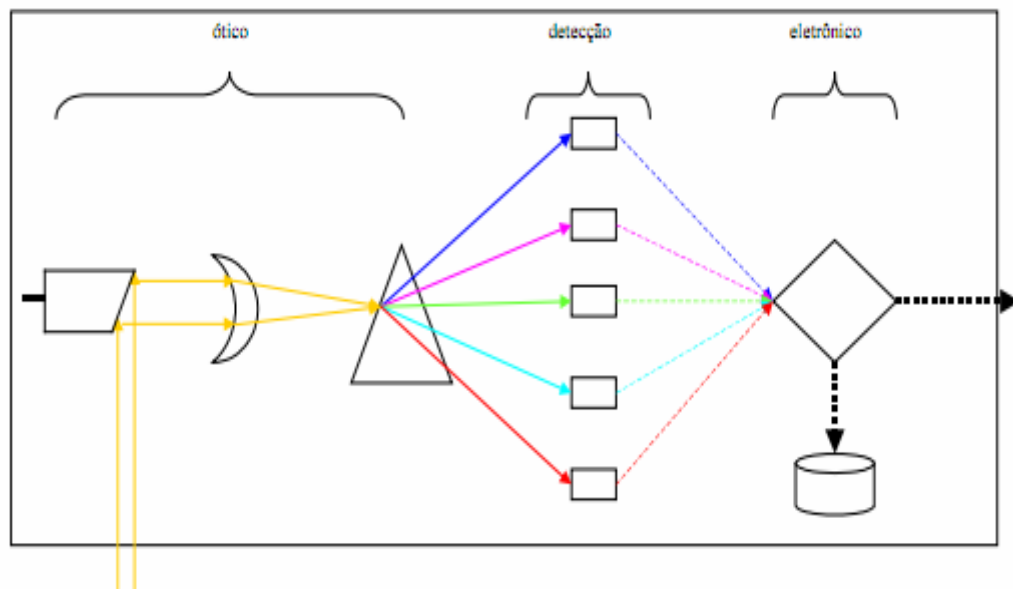
### 3.2 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto pode ser definido, de acordo com Novo (1989), “como a aquisição de informações sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele”.

Para Silva e Zaidan (2004, p. 20) o sensoriamento remoto é destinado, “principalmente, a identificar e classificar entidades e eventos, registrados a distância por diversos detectores”.

De acordo com Nunes (2010), cabe aos sistemas sensores, instrumentos principais do sensoriamento remoto, a captação desta radiação e conversão para uma forma que possibilite análises e interpretações, sendo assim, os sensores são as máquinas fotográficas dos satélites (figura 3). Têm por finalidade captar a REM proveniente da superfície terrestre e transformar a energia conduzida pela onda, em pulso eletrônico ou valor digital proporcional à intensidade desta energia.

Quando o sistema sensor transforma a REM recebida em uma imagem, estes são denominados sistemas imageadores; caso contrário, são denominados não-imageadores.



**Fig. 3** – Sistema Sensor

**Fonte:** Figueiredo, 2005

Ainda segundo Nunes, com relação à fonte de REM classificam-se os sensores em ativos, que possuem sua própria fonte de REM, e passivos que necessitam de uma fonte externa para operar, normalmente o Sol. Ao produto final dos sistemas sensores, atribuem-se características básicas que definem a capacidade de distinguir respostas em forma de REM.

Existem quatro variáveis que permitem diferenciar os produtos ou imagens geradas pelos diferentes sensores remotos a bordo de satélites, entre os quais: resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal (MELO, 2003).

De acordo com o INPE (2006) “a resolução espacial mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos” (figura 4). Sendo assim, segundo Figueiredo (2005):

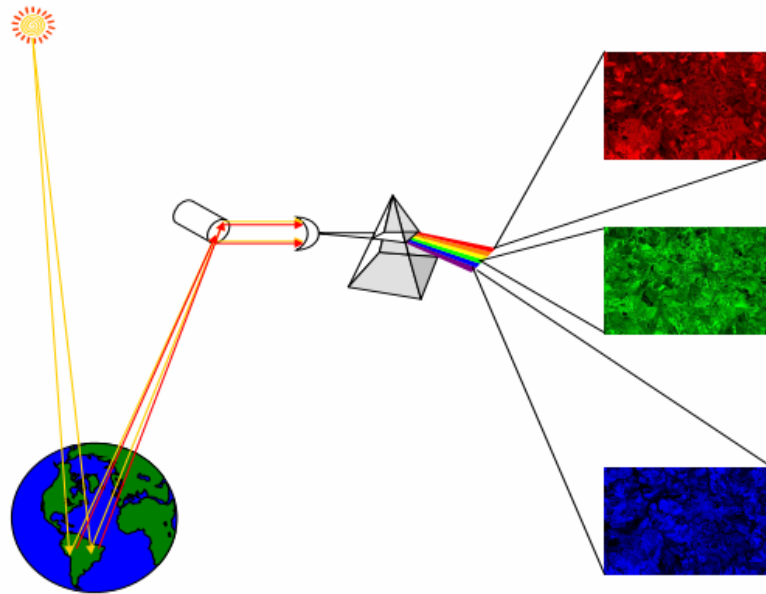
Cada sistema sensor tem uma capacidade de definição do tamanho do pixel, que corresponde a menor parcela imageada [...] quanto menor a dimensão do pixel, maior é a resolução espacial da imagem. Imagens de maior resolução espacial têm melhor poder de definição dos alvos terrestres. (FIGUEIREDO, 2005, p. 13)



**Fig. 4** – Pixel - pequenos quadrados na imagem

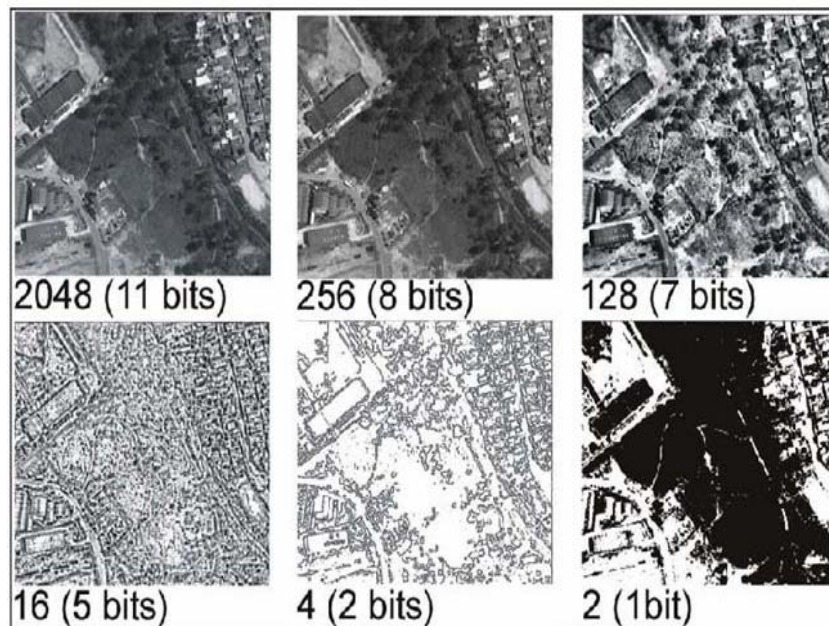
Segundo Novo (1989), resolução espectral é "uma medida da largura das faixas espectrais, denominadas bandas espectrais (figura 5), e da sensibilidade do sistema sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade do sinal de retorno". De acordo com Figueiredo (2005, p. 14) “quanto mais estreitas forem estas faixas espectrais, e/ou quanto maior for o número de bandas espectrais captadas pelo sensor, maior é a resolução espectral da imagem”.

A resolução radiométrica, de acordo com o Melo (2003), refere-se à capacidade do sistema sensor em detectar as variações da radiância espectral. A radiância de cada pixel passa por uma codificação digital, obtendo um valor numérico, expresso em bits, denominado de Número Digital (ND). O número de níveis de cinza está expresso em bits (figura 6)



**Fig. 5** – Bandas espectrais

**Fonte:** Figueiredo, 2005



**Fig. 6** - Diferença de resolução radiométrica, em área urbana. O número fora do parêntese é o número de tons de cinza da imagem.

**Fonte:** Melo, 2003

Já a resolução temporal, “está relacionada ao período de tempo em que o satélite volta a revisitar uma mesma área.” (FIGUEIREDO, 2005, p. 15)



Por fim, o sensoriamento remoto possibilita aplicações em inúmeras áreas, tais como: agricultura, meio ambiente, geologia, recursos hídricos, estudo de solos, florestas, etc.; com isso, pode-se verificar que, esta tecnologia tem trazido grande ajuda para o mapeamento e monitoramento dos recursos naturais, graças à sua visão sinótica e ao armazenamento da informação em formato digital, possibilitando sua análise usando modernas técnicas computacionais.

### **3.3 GEOPROCESSAMENTO E MAPEAMENTO DE USO DO SOLO**

O acompanhamento e avaliação dos impactos do uso do solo sobre os ambientes naturais através de imagens de satélites são fundamentais para que se dê o planejamento ideal de áreas afetadas.

Além disso, sabe-se que a crescente urbanização e o acelerado crescimento populacional acompanhado pelo desenvolvimento cada vez maior de modernas técnicas agrícolas levam ao uso acentuado do solo, seja para a agricultura ou também para uso urbano.

Segundo Lima, Rosa e Feltran (1989), o uso do solo nada mais é que a forma como o solo está sendo utilizado pelo homem. Esse uso pode provocar alguns danos ao meio ambiente, como erosão intensa, inundações, assoreamento dos reservatórios e cursos d'água.

Lepsch (apud ALVES; COSTA, 2007) definiu o termo 'terra' como sendo:

[...] “um segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que seja razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado das atividades futuras e atuais humanas até o ponto que estes atributos exerçam influência significativa no uso presente ou futuro da terra pelo homem”.

Segundo Campos et al. 2004, o geoprocessamento constitui uma técnica fundamental para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento.

Verifica-se então que a identificação e mapeamento dos solos servem como auxílio para planejamentos agrícolas, levantamentos do uso da terra, estudos de terras para irrigação, monitoramentos ambientais, entre outros.

Com isso, o desenvolvimento de um sistema para classificar dados sobre uso da terra, obtidos a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento tem sido muito discutido. O tipo e a quantidade de informações sobre uso da terra dependem da resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal dos diferentes sistemas sensores.

O tamanho da área mínima capaz de ser descrita como pertencente a uma determinada categoria (classe) de uso da terra depende da escala e resolução dos dados originais, além da escala de compilação e da escala final de apresentação (ROSA apud ALVES; COSTA, 2007, 1995).

De acordo com Diniz (1984), as etapas essenciais para a elaboração de mapas de utilização da terra são: aquisição de fotografias aéreas e/ou imagens de satélite; definição da escala do mapa; definição da chave de identificação, ou seja, elementos que permitam a identificação do tipo de utilização da terra nas fotografias aéreas e/ou imagens de satélite e elaboração da classificação em que devem ser colocados os eventos observados nas fotografias e/ou imagens.

Os avanços tecnológicos na área espacial têm trazido significativas melhorias nas resoluções espaciais, radiométrica, espectral e temporal dos dados orbitais. Com isto, os produtos digitais cada vez mais são capazes de discriminar os alvos na superfície terrestre, principalmente devido à melhoria na resolução espacial.

Há diversos trabalhos realizados baseados nas imagens coletadas pelo satélite *Landsat 5*, como por exemplo, o trabalho elaborado por Passos; Rocha e Hadlich (2009) que analisaram o uso do solo na região Oeste da Bahia através de imagens do *Landsat 5* nos períodos de 1984 e 2008. Os autores consideraram as transformações no uso do solo associadas ao agronegócio, à adoção de técnicas avançadas de manejo do solo e a consequente e intensa mecanização da produção agropecuária. De acordo com as análises, os autores perceberam que, com a introdução do agronegócio, o crescimento da área urbana de Barreiras (oeste baiano) expandiu-se notadamente, de 16,73km<sup>2</sup> para 20,05km<sup>2</sup>; o mesmo foi verificado com a área agrícola do município. Em 1984 a área agrícola era de 504km<sup>2</sup> e em 2008 2.103km<sup>2</sup>. Portanto, pode-se dizer que ambas as áreas analisadas –

urbana e agrícola – passaram por diversas transformações, tanto na paisagem física como socioeconômica.

Como outro exemplo, pode-se citar Vasconcelos e Novo (2004) que realizaram um mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens. A área de estudo engloba os municípios de Tucuruí, Jacundá e Novo Repartimento. No estudo foram utilizadas imagens Landsat5-TM e os dados foram processados no software SPRING 3.6. Outra etapa do trabalho foi a aplicação do modelo linear de mistura espectral nas bandas originais 3, 4 e 5 TM-Landsat5 para gerar componentes referentes à vegetação, solo e sombra. Após as etapas de processamento da imagem TMLandsat, obteve-se a imagem classificada para uso da terra para o ano de 1996 e 2001. Esses mapas permitiram gerar informações sobre a dinâmica, no tempo e no espaço, do uso e ocupação dos municípios que margeiam o reservatório de Tucuruí em um intervalo de cinco anos. Com isso, observou-se que os municípios mais afetados pelo desmatamento foram os de Jacundá e Novo Repartimento. Em Jacundá a área ocupada por atividades agrossilvopastoris em 2001 foi quase duas vezes maior que a área ocupada em 1996. No período de cinco anos este município perdeu o equivalente a 7,8% da área total do município. Pode-se observar também que grande parte das áreas que estavam em processo de regeneração em 1996 (mais de 45%), passou a ser ocupada por atividades agrossilvopastoris em 2001.

Segundo Demarchi; Piroll e Zimback (2011, p 241) estudar a evolução do uso do solo possibilita verificar a mudança na paisagem, através das imagens de satélite Landsat-5, cartas topográficas, entre outros materiais. Em seu estudo no município em Santa Cruz do Rio Pardo – SP ele comparou as imagens de: 26-05-2007, 07-01-2009 e 29-04-2009 e pode concluir algumas alterações no uso do solo, como por exemplo, aumento do solo exposto em 2009, que antes era área de pastagem, isso devido a colheita das culturas de verão; mostrou também um aumento da plantação de cana-de-açúcar.

Outro trabalho analisado indicou que o uso das imagens do satélite Landsat-5 no mapeamento do uso do solo, entorno da bacia do Rio Preto em Minas Gerais, foi fundamental para analisar a ocupação do solo, no período compreendido entre 1985 e 2000. Adquiriu-se as imagens do INPE. Esse trabalho foi realizado por Latuf, Martinez, Pruski (2007, et al), que, após o recebimento das imagens, qualificaram as imagens no software Spring 4.2, a fim de identificar com exatidão as amostras,

classificando as classes de uso em: floresta, cerrado, reservatórios, pastagem, cultivos e urbanização. A utilização das imagens, de acordo com os resultados, foi satisfatória, pois contemplou com exatidão o monitoramento do uso do solo na bacia em estudo. Houve, a partir disso, um aumento das áreas de cultivos e diminuição da classe do cerrado.

## 4 MATERIAL E METODOLOGIA

### 4.1 MATERIAL

A área estudada foi a Bacia Hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro, localizada no município de Ibiporã (figura 7), a uma latitude de  $23^{\circ} 16'02.47''S$  e uma longitude de  $51^{\circ}02' 37.66''O$ , estando a uma altitude de 487 metros.



**Fig. 7** – Localização de Ibiporã – PR

**Fonte:** Google imagens

Na figura 8, pode-se ver a exata localização Bacia Ribeirão Engenho de Ferro, localizada nas coordenadas geográficas de  $23^{\circ} 16'48.61''S$  e uma longitude de  $51^{\circ}01'50.93''O$ , encontrando-se a uma altitude de 406 metros.

Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento com imagens orbitais do programa Landsat e com o software SPRING, já que estes representam uma importante ferramenta para a análise ambiental, que no caso específico deste

trabalho podem diagnosticar as características de mudanças de uso do solo ao longo do tempo.



**Fig. 8** – Localização Bacia Ribeirão Engenho de Ferro

Fonte: Google Earth

#### 4.1.1 Landsat

De acordo com a Nasa – National Aeronautics and Space Administration, a série Landsat (Land Remote Sensing Satellite) teve início em 1972 nos Estados Unidos com o lançamento do satélite ERTS -1. Após isso, deu-se seqüência o Landsat 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Segundo a Embrapa (2008), o Programa Landsat é uma série de missões de observação da Terra por satélite gerido pela NASA. O objetivo principal do sistema Landsat foi o mapeamento multispectral da superfície da Terra, possuindo uma órbita polar heliossíncrona com altitude nominal de 705 Km e inclinação orbital de 98°, completando o ciclo de imageamento da Terra a cada 16 dias. A tabela 1 mostra as principais características da série Landsat.

Atualmente o único satélite em operação é o LANDSAT-5 (figura 9), que leva a bordo o sensor TM (Thematic Mapper) e contribui para o mapeamento temático da

superfície terrestre (SOUZA; FARIA; DIAS, 2008, p. 24). Até 2003, o LANDSAT-7 (figura 10) enviou dados completos para a Terra, quando apresentou danos no hardware e começou a operar com o espelho corretor de linha (SLC) desligado. Desde então, as imagens adquiridas através do satélite necessitam de correções prévias e análise no posicionamento e calibração dos pixels, dessa maneira, tornam-se aptas à utilização. (EMBRAPA, 2006).

De acordo com a Embrapa, os dois principais instrumentos imageadores do Landsat 5 são: (MSS) Multispectral Scanner e (TM) Thematic Mapper. Segundo Arraes et al. (2010) o sensor TM possui 7 bandas, cada uma representando uma faixa do espectro eletromagnético. As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 possuem 30 m de resolução geométrica, isto é, cada pixel da imagem representa uma área de 0,09 ha de terreno, enquanto a banda 6, possui resolução de 120 m, cada pixel representa 1,4 ha.

**Tabela 1 – Características dos satélites Landsat**

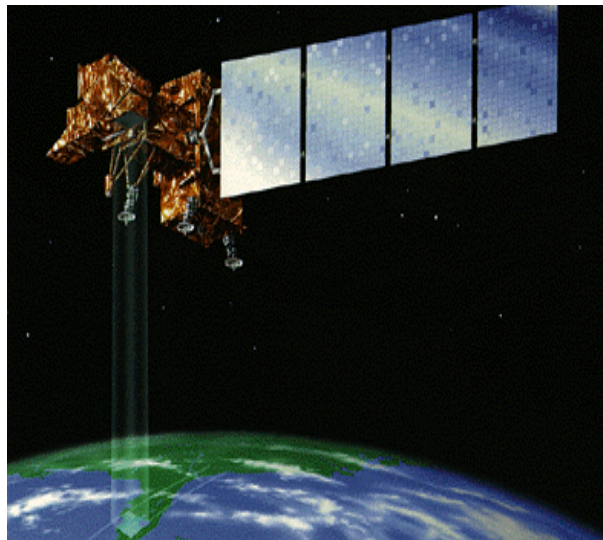
Land Remote Sensing Satellite (Landsat)							
Instituições Responsáveis	NASA (National Aeronautics and Space Administration ) e USGS (U.S. Geological Survey)						
País/Região	Estados Unidos						
Satélite	LANDSAT 1	LANDSAT 2	LANDSAT 3	LANDSAT 4	LANDSAT 5	LANDSAT 6	LANDSAT 7
Lançamento	23/7/1972	22/1/1975	5/3/1978	16/7/1982	1/3/1984	5/10/1993	15/4/1999
Local de Lançamento	Vandenberg Air Force Base						
Veículo Lançador	Delta 900	Delta 2910	Delta 2910	Delta 3920	Delta 3920	Titan II	Delta-II
Situação Atual	Inativo (06/01/1978)	Inativo (25/02/1982)	Inativo (31/03/1983)	Inativo (1993)	ativo	Inativo (05/10/1993)	Ativo
Órbita	Polar, heliossíncrona						
Altitude	917 km	917 km	917 km	705 km	705 km	705 km	705 km
Inclinação	99,2º	99,2º	99,2º	98,2º	98,2º	98,2º	98,2º
Tempo de Duração da Órbita	103,3 min	103,3 min	103,3 min	99 min	99 min	98,9 min	98,9 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
Período de Revisita	18 dias	18 dias	18 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
Instrumentos Sensores	<a href="#">RBV</a> e <a href="#">MSS</a>	<a href="#">RBV</a> e <a href="#">MSS</a>	<a href="#">RBV</a> e <a href="#">MSS</a>	<a href="#">MSS</a> e <a href="#">TM</a>	<a href="#">MSS</a> e <a href="#">TM</a>	<a href="#">ETM</a>	<a href="#">ETM+</a>

**Fonte:** Embrapa (2008)



**Fig. 9** – Satélite Landsat - 5

**Fonte:** Nasa, 2010



**Fig. 10** – Satélite Landsat - 7

**Fonte:** Nasa, 2007

As principais aplicações do Landsat são:

- Acompanhamento do uso agrícola das terras;
- Apoio ao monitoramento de áreas de preservação;
- Atividades energético-mineradoras;
- Cartografia e atualização de mapas;
- Desmatamentos;
- Detecção de invasões em áreas indígenas;

- Dinâmica de urbanização;
- Estimativas de fitomassa;
- Monitoramento da cobertura vegetal;
- Queimadas;
- Secas e inundações;
- Sedimentos em suspensão nos rios e estuários.

#### **4.1. 2 SPRING**

O SPRING foi desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias) e pela IBM. É um sistema para processamento em ambiente UNIX e Windows, que inclui um banco de dados geográficos, o qual permite adquirir, armazenar, combinar, analisar e recuperar informações codificadas espacial e não espacialmente, ou seja, é um sistema que combina funções de processamento de imagens, análise espacial e modelagem numérica do terreno, em um único software (INPE, 2001).

Os principais objetivos do projeto SPRING, de acordo com o INPE (2009), são:

- Construir um sistema de informações geográficas para aplicações em agricultura, floresta, gestão ambiental, geografia, geologia, planejamento urbano e regional.
  - Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado.
  - Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais.
  - Ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

#### **4.2 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada consiste nas seguintes etapas: download de imagens de satélite no site do INPE; importação de imagens com o programa SPRING 5.0.6;



contraste das imagens importadas; classificação digital Bhattacharya e análise dos mapas de uso do solo no período de estudo.

#### 4.2.1 Procedimentos para obtenção das imagens de satélite

Para adquirir as imagens dos satélites, foi necessário fazer um cadastro no site do INPE (www.inpe.br). Após a realização do cadastro, solicitou-se o download das imagens dos satélites LANDSAT 5.

Mediante a liberação, fez-se o download das bandas espectrais 3, 4 e 5 das imagens abrangendo o município de Ibiporã nas datas 22/08/1990, 23/12/2000 e 01/11/2010, órbita, ponto 222/76), assim como mostra a figura 11.

Item	Miniatura	Informações	Ação
1		Satélite: L5 Instrumento: TM Órbita: 222 Ponto: 76 Data: 2010-11-01	<a href="#">Suprimir</a> <a href="#">Detalhes</a>
2		Satélite: L5 Instrumento: TM Órbita: 222 Ponto: 76 Data: 2000-12-23	<a href="#">Suprimir</a> <a href="#">Detalhes</a>
3		Satélite: L5 Instrumento: TM Órbita: 222 Ponto: 76 Data: 1990-08-22	<a href="#">Suprimir</a> <a href="#">Detalhes</a>

**Fig. 11** – Tela do site do INPE para seleção das imagens para download

#### 4.2.2 Importação de imagens, contraste e classificação digital Bhattacharya

Todas as imagens obtidas foram importadas para o software SPRING, estando todas já georreferenciadas. Foi feito o aumento de contraste linear em todas

as bandas para melhorar a discriminação visual dos diferentes elementos da paisagem analisada. Além disso, fez - se a composição colorida RGB 543.

Foi traçado o limite aproximado da bacia hidrográfica com base na visualização da rede de drenagem e usou-se esse limite para recortar a área de estudo, individualizando-a do restante da imagem. Com isso, o tamanho da mesma fica menor, aumentando a rapidez do processamento e diminuindo o espaço para armazenamento.

Após isso, passou-se à fase de classificação digital supervisionada por região. Foi feita a segmentação das imagens, sendo “35” o valor da similaridade e “4” o valor da área. A classificação propriamente dita foi feita com o classificador Bhattacharya, com índice de aceitação 99,9%.

Na fase final, as imagens classificadas foram transformadas em imagens temáticas e calculado a área de cada uma das classes de uso do solo que foram mapeadas (mata, solo nu, pasto, cultura e urbano).

## **5 RESULTADOS OBTIDOS**

Os resultados são apresentados de acordo com os procedimentos da metodologia realizada no trabalho, de modo a permitir a avaliação e a comparação do uso do solo, nos anos 1990, 2000 e 2010 da Bacia Hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro.

### **5.1 MAPAS DE MUDANÇAS NO USO DO SOLO DA BACIA RIBEIRÃO ENGENHO DE FERRO**

As figuras 12, 13 e 14 apresentam os mapas de uso do solo para os anos de 1990, 2000 e 2010, respectivamente, e a tabela 2 demonstra a quantificação das áreas das classes de uso do solo dos mesmos anos.

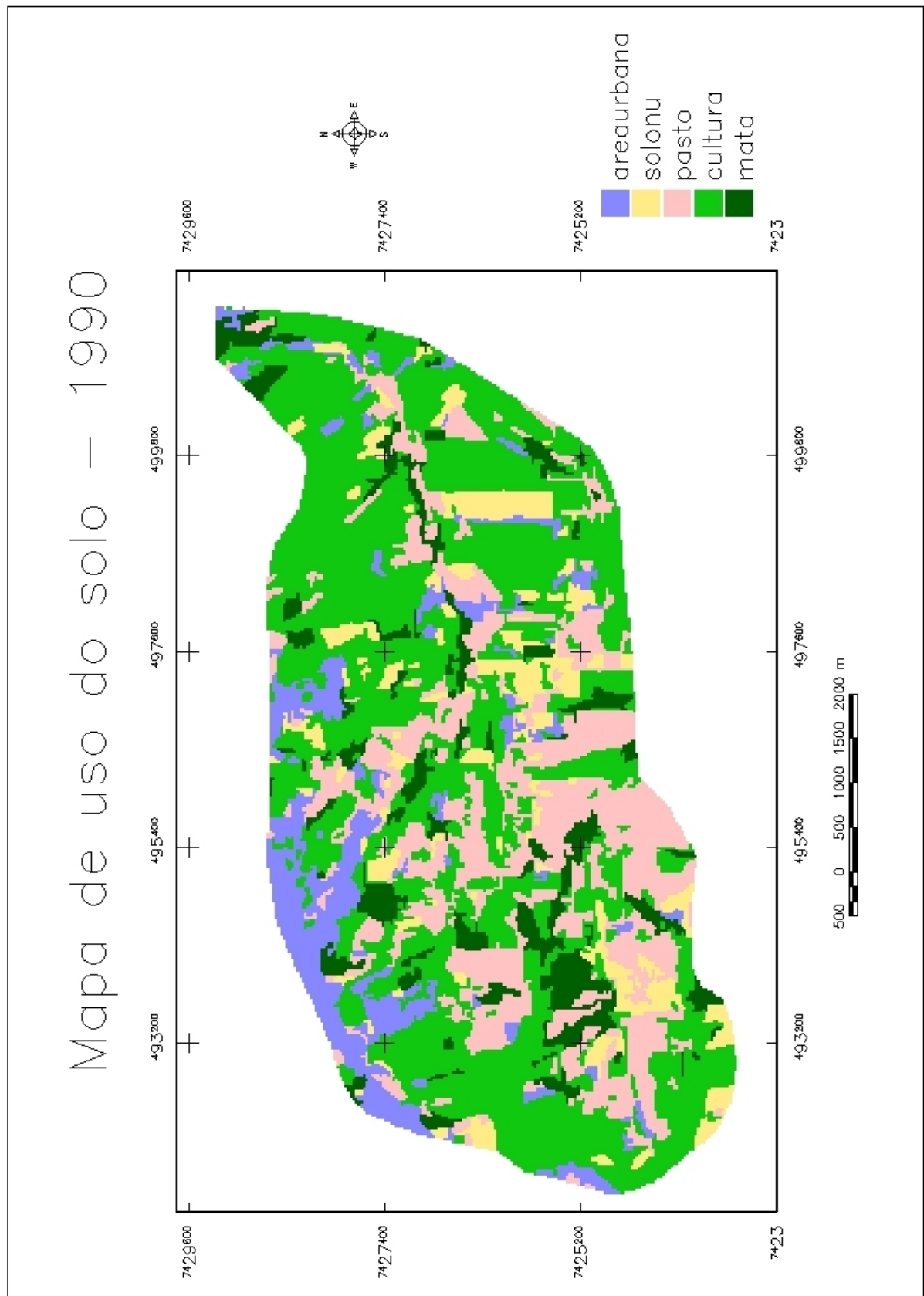


Figura 12 – Mapa de uso do solo no ano de 1990.

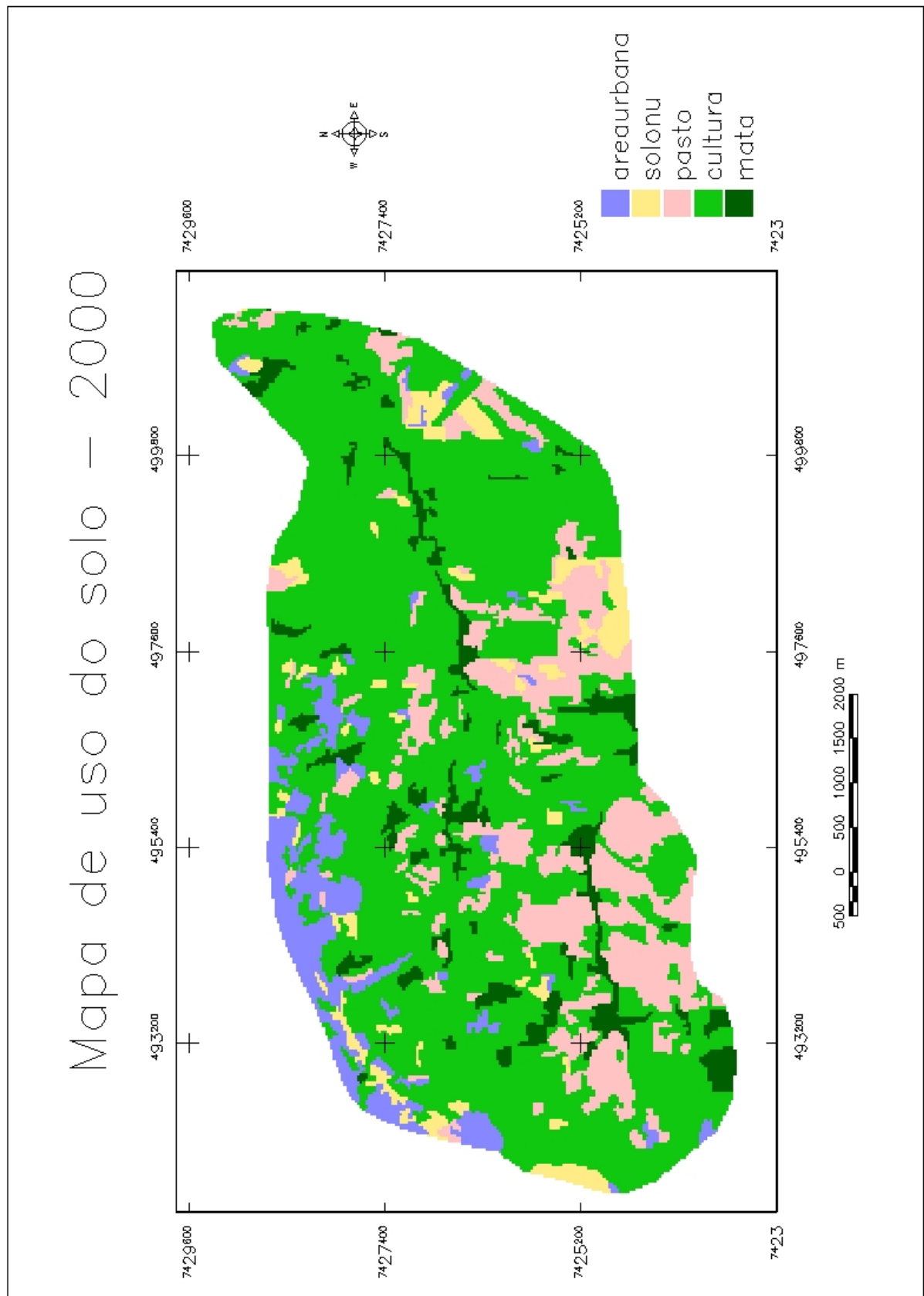


Figura 13 – Mapa de uso do solo no ano de 2000.

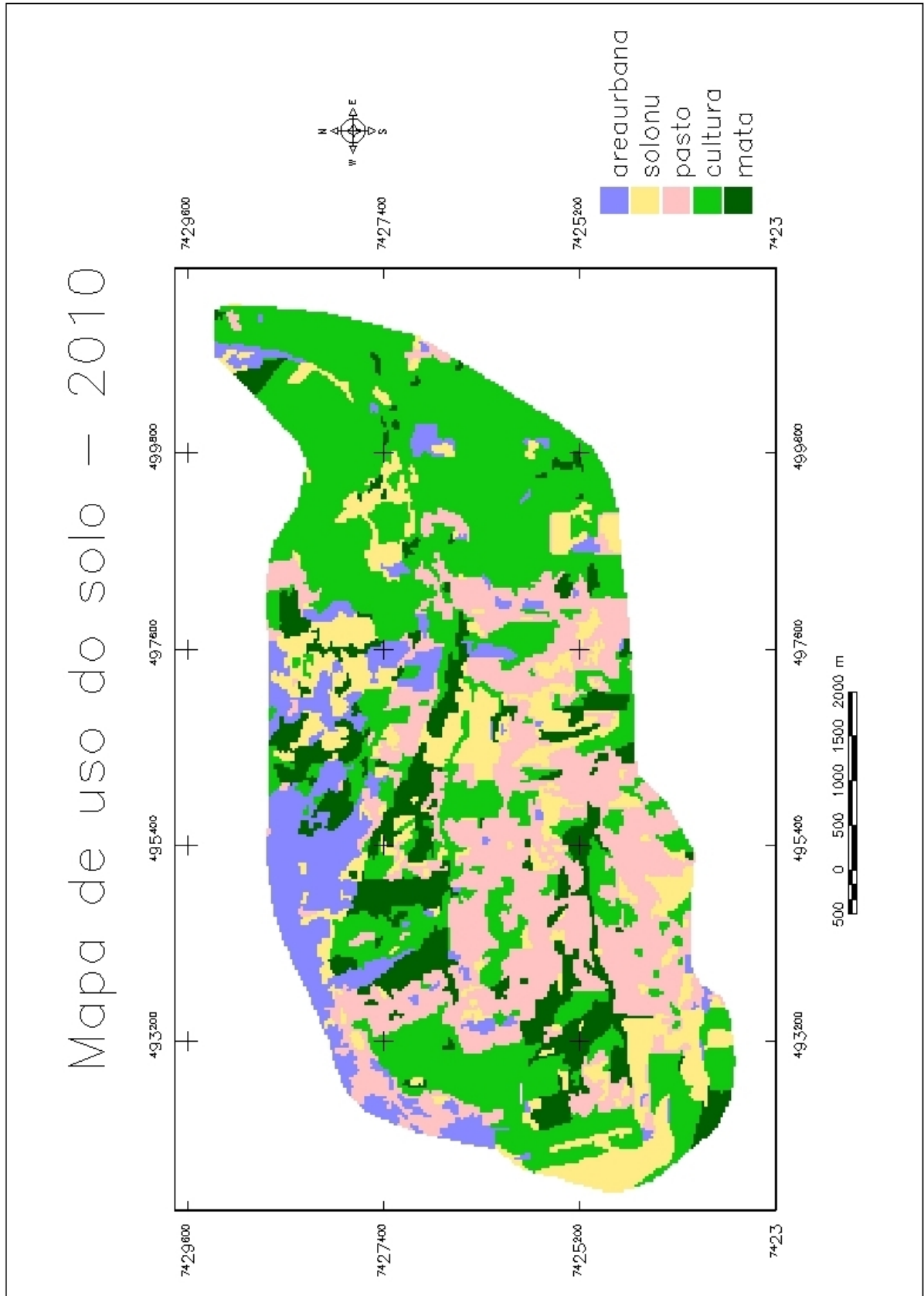


Figura 14 – Mapa de uso do solo no ano de 2010.

**Tabela 2:** Cálculo das áreas de uso do solo – 1990, 2000 e 2010 – Ibiporã

– PR

<b>Classes</b>	<b>Ano - 1990</b>	<b>Ano - 2000</b>	<b>Ano - 2010</b>
Mata	3.5091 km <sup>2</sup>	2.5155 km <sup>2</sup>	4.4757 km <sup>2</sup>
Cultura	18.522 km <sup>2</sup>	24.671 km <sup>2</sup>	14.904 km <sup>2</sup>
Pasto	8.7030 km <sup>2</sup>	6.1164 km <sup>2</sup>	9.1080 km <sup>2</sup>
Solo nu	3.1896 km <sup>2</sup>	1.7559 km <sup>2</sup>	5.4018 km <sup>2</sup>
Área urbana	3.7980 km <sup>2</sup>	2.6757 km <sup>2</sup>	3.8124 km <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>37.722 km<sup>2</sup></b>	<b>37.735 km<sup>2</sup></b>	<b>37.702 km<sup>2</sup></b>

Na tabela 3, verifica-se o desempenho obtido das amostras da classificação digital Bhattacharya, o que demonstra, pelos altos valores, que houve critério e precisão na escolha das amostras para a classificação digital.

**Tabela 3** - Desempenho geral das amostras da classificação digital

<b>Ano</b>	<b>Desempenho (%)</b>
1990	100.00
2000	97.97
2010	99.40

## 5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS MAPAS E TABELAS

A bacia hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro apresentou significativas alterações no uso do solo em relação aos anos estudados.

No ano de 1990, a cobertura da bacia em relação à mata era de 3,50 km<sup>2</sup>; em 2000, registrou-se uma cobertura de 2,51 km<sup>2</sup>, verificando-se que em dez anos houve uma perda de 0,99 km<sup>2</sup> de área de mata. De 2000 a 2010 ocorreu um ganho de 1,96 km<sup>2</sup> de mata, registrando-se, em vinte anos, um aumento da área da mata em 0,96 km<sup>2</sup>, apesar da perda que houve no ano de 2000. Isso pode ser reflexo das políticas ambientais proibitivas com relação ao desmatamento, mostrando uma resposta positiva de aumento das áreas de mata no período.

Em relação à cultura, no ano de 1990 registrou-se uma cobertura de 18,52 km<sup>2</sup>, com um aumento para 24,67 km<sup>2</sup> no ano de 2000; logo, em dez anos a área de cultura cresceu 6,15 km<sup>2</sup>. No entanto, em 2010, houve uma diminuição das áreas de cultura para 14,90 km<sup>2</sup>. Deste modo, entre os anos de 2000 e 2010 a área de cultura foi reduzida em 9,77 km<sup>2</sup>, havendo um crescimento da cultura de 3,62 km<sup>2</sup> em relação aos anos de 1990 a 2010. A bacia estudada mostra aqui sua tendência para agricultura, perfazendo, nos 3 anos estudados, a maior parte da área mapeada.

Quanto ao pasto, em 1990, a área era de 8,70 km<sup>2</sup>, notando-se uma queda para 6,11 km<sup>2</sup>, representando uma perda de 2,59 km<sup>2</sup> no ano de 2000. Em 2010 a perda foi recuperada e ainda houve um aumento de 0,40 km<sup>2</sup> em relação ao ano de

1990. O pasto foi a segunda maior área mapeada nos 3 anos estudados, oscilando pouco no período.

Verificou-se que no ano de 1990, a área de solo nu era de 3,18 km<sup>2</sup>, diminuindo, em dez anos, para 1,75 km<sup>2</sup>. No entanto, de 2000 a 2010 averiguou-se uma ampliação de 3,64 km<sup>2</sup> da área de solo nu. Essas áreas provavelmente são áreas que correspondem a agricultura, confirmando ainda mais a tendência agrícola da bacia.

A área urbana, em relação ao total da área, apresenta uma pequena extensão, uma vez que existe grande área de cultura e de pasto. No ano de 1990, a área apresentava uma extensão de 3,79 km<sup>2</sup>, havendo uma diminuição para 2,67 km<sup>2</sup> dez anos após, aumentando nos dez anos seguintes para 3,81 km<sup>2</sup>, significando um pequeno acréscimo de 0,02 km<sup>2</sup> em vinte anos. Na verdade, essa queda na extensão de área urbana não é real; isso se deve à limitação que ocorre no uso da classificação digital, onde o algoritmo baseia-se na semelhança entre os pixels para fazer o mapeamento. Isso pode acarretar erro de classificação, pois a área urbana é a feição da paisagem que mais apresenta mescla de cores, interferindo muito na tomada de decisão do algoritmo de classificação.

Quanto à área total da bacia hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro, identificou-se uma pequena mudança em relação aos anos 1990, 2000 e 2010, que foram de 37,72, 37,73 e 37,70 km<sup>2</sup>, respectivamente. Essa ligeira oscilação é uma limitação inerente ao sistema, uma vez que ele está se baseando nos pixels da imagem, que são quadrados, para mapear a bacia. Isso gera uma aproximação diferente para cada mapeamento ao quantificar a área próxima ao limite da bacia, pois as linhas que fazem o limite da bacia são inclinadas; assim, os quadrados dos pixels são quantificados seguindo as linhas inclinadas do limite vetorial da bacia, resultando em alguma diferença de extensão de área.

## **CONCLUSÃO**

Neste trabalho contemplou-se o estudo da dinâmica de uso do solo por meio de dados geoespaciais, imagens de sensoriamento remoto e o software SPRING, possibilitando a integração dos dados para a elaboração dos mapas temáticos de uso do solo da Bacia Ribeirão Engenho de Ferro.



A escolha das imagens de satélite, assim como o software utilizado, permitiu atingir os objetivos propostos, ou seja, a elaboração do mapa de uso do solo do município de Ibiporã e a avaliação da área ocupada em cada categoria (mata, cultura, pasto, solo nu e urbano), nos anos de 1990, 2000 e 2010.

Portanto, a partir dos dados obtidos de uso e ocupação do solo, verificou-se que o uso predominante do solo na bacia, ao longo de todo o período, é para cultura e para o pasto, já que exercem um papel fundamental nas atividades da região, confirmando uma tendência agrícola cada vez maior, havendo por consequência uma diminuição do solo nu na bacia. Sendo assim, devido ao destaque para a agricultura na bacia, a área urbana apresenta a menor área de ocupação do solo.

Em relação à mata, de 1990 a 2010, constatou-se que não houve perda, dessa maneira, houve uma resposta positiva. Logo, verifica-se que tal resultado pode ser em virtude de políticas ambientais de proibição do desmatamento, mostrando assim, um aumento das áreas de mata na bacia.

## 7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Cláudia Maria; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; CÂMARA, Gilberto. **Modelos de simulação e prognósticos de mudanças de uso do solo urbano: instrumento para o subsídio de ações e políticas públicas urbanas.** Salvador, maio 2005. Disponível em: <<http://www.xienanpur.ufba.br/142p.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2011.

ALVES, Anne karoline; COSTA, Marcus Vinícius Coelho Vieira da. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia do Ribeira Santa Juliana no Triângulo Mineiro – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 21 – 26, 2007, Florianópolis. **Anais XIII.** Florianópolis: Inpe, 2007, p. 2267-2274. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.22.59/doc/2267-2274.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2011

ARRAES, Christiano Luna et al. Estimativa da taxa de desmatamento do município de Bannach, Pará – Amazônia legal, utilizando imagens landsat5/tm. **SciELO**, Portugal, v. 33, n. 2, dez. 2010. Disponível em:

<[http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S0871018X2010000200021&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S0871018X2010000200021&script=sci_arttext)>. Acesso em: 22 abr. 2011.

CAMPOS, Armindo A. Sérgio et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Scielo**, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.431-435, maio/ago. 2004.

COUTO, Leandro. **Geoprocessamento: conceito e prática**. Disponível em: <[http://www.crea-mg.org.br/03\\_Gab\\_GCM\\_publicaes/Geoprocessamento.pdf](http://www.crea-mg.org.br/03_Gab_GCM_publicaes/Geoprocessamento.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2011.

CPSRM. **Processamento digital de imagem**. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/pdi.html>>. Acesso em: 18 abr. 2011.

DEMARCHI, Julio César; PIROLI, Edson Luís; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat-5. In: **RAEGA: O espaço geográfico em análise**. UFPR Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/article/viewFile/17416/14028>>. Acesso em 03 jun. 2011.

DINIZ, José A. F. **Geografia da Agricultura**. São Paulo: DIFEL, 1984.

EMBRAPA. **Landsat**. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/landsat.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2011.

EMBRAPA. **Landsat – Land Remote Sensing Satélite**. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2011

FIGUEIREDO, Divino. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remto. 2005. Disponível em: <[www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2011

FILHO, A. F., LIMA, S. C., ROSA, R. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia – MG, através de imagens TM/LANDSAT. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 1(2): 127-145, dez, 1989.

IMAGEM. **Conceitos de imagens de satélite e sensoriamento remoto**. Disponível em: <[http://www.img.com.br/marketing/intersat/Conceitos\\_Imagens\\_Intersat.pdf](http://www.img.com.br/marketing/intersat/Conceitos_Imagens_Intersat.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2011.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. **Introdução ao geoprocessamento**. Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/intro\\_sr.htm](http://www.dsr.inpe.br/intro_sr.htm)>. Acesso em: 16 abr. 2011

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **O que é o SPRING?** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 17 nov. 2011

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tutorial de Geoprocessamento. **Introdução ao Geoprocessamento**. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_geo.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html)>. Acesso em: 07 nov. 2011

JESUS, Emanuel Fernando Reis de. Algumas considerações a respeito das mudanças climáticas atuais. **Boletim de Geografia Teórica**, v, 21 (41), p. 45 – 60, 1991.

KANDEL, Robert. **A evolução dos climas**. Lisboa: Terramar, 1995.

LATUF, Marcelo de O.; MARTINEZ, Mauro A.; PRUSKI, Fernando et al. Mudanças no uso do solo nas bacias do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros/MG a partir de imagens do sensor Landsat 5 TM. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13.,2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFV, 2007. p. 5855-5862.

MELO, Danilo Heitor Caíres Tinoco Bisneto. **Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - São José dos Campos: INPE, 2002.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **O Estudo Geográfico do Clima**. Florianópolis: Cadernos Geográficos, 1999.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **The Landsat Program**. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 18 abr. 2011.

NOGAROLI, Mozart. **Evolução climática do Estado do Paraná**. 1970 - 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NOVO, Evelyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, 1989. 3.a ed.

NUNES, José Luis da Silva. **Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/SensoriamentoRemoto.aspx>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

PASSOS, Andressa Lopes de Oliveira; ROCHA, Samille Santos; HADLICH, Gisele Mara. Análise multitemporal preliminar do uso do solo da folha de Barreiras (SD-23-V-V-B-III), Bahia. In: Simpósio do Instituto de Geociências da Universidade de Viçosa, 2009, Viçosa. **Anais...Viçosa**: UFV, 2009, p.1-5. Disponível em: <[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos\\_expandidos/eixo2/002.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos_expandidos/eixo2/002.pdf)>. Acesso em: 3 junho 2011.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, v.16, p. 81-90.

RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor et al. Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2004/2005. **Instituto Nacional de pesquisas**, São José dos Campos, 2004. Disponível em: <<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.04.09.57/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2011.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, Eduem, v. 16, n. 1, p. 119 – 131, 1998.

SAT IMAGENS. **Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.satimagens.com/geoprocessamento.htm>>. Acesso em: 19 abr. 2011.

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

SOUZA, Íris de Marcelhas et al. **Mapeamento do uso do solo urbano através das classificações por regiões baseada em medidas texturais**. Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/geu/Congressos\\_Simposios%20Nacionais/Iris\\_XISBSR.pdf](http://www.dsr.inpe.br/geu/Congressos_Simposios%20Nacionais/Iris_XISBSR.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2011.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; MORETI, Edmar; CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro: Edição do autor, 1992.

VARGAS, Ivens Cristian. **A agricultura de precisão**. Disponível em: <<http://www.webrural.com.br/webrural/artigos/tecnologia/ap/ap.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

VASCONCELOS, Cíntia Honório; NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí – PA. In: **ACTA AMAZONICA**, São José dos Campos v. 34 (3), p. 487-493, 2004. Disponível em: <<http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/34-3/PDF/v34n3a14.pdf>> Acesso em: 03 jun. 2011.

ZAVATTINI, João Afonso. **Estudos do clima no Brasil**. Campinas: Alínea, 2004.