

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO GARRIDO DE OLIVEIRA

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL E DA PAISAGEM DO
MUNICÍPIO DE PALOTINA – PR, UTILIZANDO IMAGENS DO LANDSAT 5 E
LANDSAT 8.

PALOTINA
2014

FERNANDO GARRIDO DE OLIVEIRA

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL E DA PAISAGEM DO
MUNICÍPIO DE PALOTINA – PR, UTILIZANDO IMAGENS DO LANDSAT 5 E
LANDSAT 8.

Trabalho apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas
no curso de graduação em Ciências Biológicas -
Bacharelado, Setor Palotina da Universidade Federal
do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Alessandra Svonka Palmeiro

PALOTINA
2014

TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDO GARRIDO DE OLIVEIRA

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL E DA PAISAGEM DO
MUNICÍPIO DE PALOTINA – PR, UTILIZANDO IMAGENS DO LANDSAT 5 E
LANDSAT 8.

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel
em Ciências Biológicas no curso de graduação em Ciências Biológicas -
Bacharelado, Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte
banca avaliadora:



Profa. Dra. Alessandra Svonka Palmeiro

Orientadora – Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, UFPR.



Prof. Dr. José Marcelo Rocha Aranha

Orientadora – Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, UFPR.



Prof. Dr. Carlos Eduardo Zacarkim

Orientadora – Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, UFPR.

Palotina, 04 de dezembro de 2014.

Dedico esse trabalho à minha mãe Maria, o maior exemplo que tenho. Obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido a vida e a graça de ter chegado até aqui.

Aos meus pais Dr. Sergio de Oliveira e Enf.^a Maria Aparecida Garrido por me mostrarem que a maior força transformadora é a educação.

Ao povo brasileiro por ser o custeador da educação pública.

Às Professoras: Márcia Santos de Menezes, Roberta Paulert, Carina Kozera e Cristina Beatriz Arouca Ribeiro pela amizade, conversas e orientações ao longo desses cinco anos.

Às minhas amigas: Camila, Andrea, Tânia, Larissa e Samaila por terem me ajudado ao longo dessa caminhada chamada graduação.

Aos meus amigos Juciely e Andrey por me mostrarem como se faz uma nota de rodapé.

Agradeço especialmente minha orientadora Alessandra por me aceitar como seu aluno, comprando minhas ideias até então perdidas e sem rumo. Muito Obrigado!

"Ora, Yahweh, Deus, havia plantado um jardim na região do Éden, no Oriente, para os lados do leste, e ali colocou o ser humano que formara.

O senhor Deus fez nascer do solo toda espécie de árvores agradáveis aos olhos e boas para alimento. E no meio desse jardim estavam a árvore da vida e a árvore do conhecimento do bem e do mal."

(Gn: 2, 8-9)

RESUMO

Desde sua fundação o Município de Palotina teve sua cobertura florestal nativa removida e fragmentada, cedendo espaço para as culturas agrícolas, as pastagens e as construções da cidade. Os sistemas e técnicas de Sensoriamento Remoto permitem o estudo da evolução ambiental de uma região, através de análises multitemporais, estabelecendo comparações de uma mesma paisagem entre dois ou mais períodos. Diante deste cenário o presente trabalho buscou realizar a análise temporal da cobertura vegetal e da estrutura da paisagem do Município de Palotina, entre os anos de 1985 e 2014, com o emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto e imagens de satélites Landsat 5 e 8. Para a análise temporal da cobertura vegetal e cálculo da área vegetal total, as imagens dos respectivos anos foram classificadas através do método supervisionado de máxima verossimilhança. Na análise da estrutura da paisagem no referido período, foram analisados índices de área, borda e forma. Os resultados indicaram que a cobertura vegetal do Município passou de 13,12 km² em 1985 para 55,03 km² em 2014, um aumento de 419,44%. Na análise da estrutura da paisagem os índices de área confirmaram os valores obtidos na análise de cobertura, apontando um aumento no número de fragmentos de 1563, área média de 0,0084 +/- 0,0825 km² em 1985, para 3105, área média de 0,0177 +/- 0,1104 km² em 2014. Já os índices de forma nos anos de 1985 e 2014 foram de 1,331 e 1,413, respectivamente, sendo a dimensão fractal da mancha média de 1,432 e 1,42, respectivamente. Os índices de densidade de borda foram 0,139 e 0,122, respectivamente. Esses valores indicaram que no período analisado embora tenha havido um aumento considerável da área vegetal, os fragmentos que a compõe apresentam formas irregulares e perímetros complexos, deixando-os mais susceptíveis à efeitos de borda, impactando diretamente a biodiversidade.

Palavras-Chaves: Análise temporal; Análise da paisagem; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Since its founding the city of Palotina had his removed and fragmented native forest, giving way for crops, pastures and buildings of the city. Systems and Remote Sensing techniques allow the study of the evolution of an environmental region through multi-temporal analysis, making comparisons of the same landscape between two or more periods. Against this backdrop the present study attempts to make a temporal analysis of vegetation cover and landscape structure of the Municipality of Palotina, between the years 1985 and 2014, with the use of remote sensing techniques and satellite images Landsat 5 and 8. For temporal analysis of vegetation cover and calculation of the total vegetable area, the images of the respective years were classified using the supervised method of maximum likelihood. In the analysis of landscape structure in that period, rates of area, edge and shape were analyzed. The results indicated that the canopy of the city rose from 13.12 km² in 1985 to 55.03 km² in 2014, an increase of 419,44 %. In the analysis of the landscape structure indices area confirmed the values obtained in the coverage analysis, indicating an increase in the number of fragments of 1563, average area of 0.0084 +/- 0.0825 km² in 1985 to 3105, average area of 0.0177 +/- 0.1104 km² in 2014. However, the rates of shape in the years 1985 and 2014 were 1,331 and 1,413, respectively, and the fractal dimension of the middle spot of 1,432 and 1,42, respectively. The edge density indices were 0.139 and 0.122, respectively. These values indicate that in the analyzed period although there was a considerable increase in the plant area, the fragments that compose it have irregular shapes and complex perimeters, leaving them more susceptible to edge effects, directly impacting biodiversity.

Key Words: Temporal analysis; Analysis of the landscape; Remote Sensing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - VISTA AÉREA DA CIDADE DE PALOTINA.....	19
FIGURA 2 - ONDA ELETROMAGNÉTICA.....	22
FIGURA 3 - MODO COMO A REM INTERAGE COM OS MATERIAIS.....	22
FIGURA 4 - DIVISÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	23
FIGURA 5 - TRAJETÓRIA DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	24
FIGURA 6 - COMPARAÇÃO DAS DIFERENTES REFLECTÂNCIAS DA VEGETAÇÃO.....	25
FIGURA 7 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA SENSOR.....	26
FIGURA 8 - COMPARAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE COM DIFERENTES RESOLUÇÕES.....	27
FIGURA 9 - RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA E SEUS DIFERENTES NÍVEIS DE QUANTIZAÇÃO.....	27
FIGURA 10 - REPRESENTAÇÃO MATRIZ-CORREDOR-MANCHA.....	31
FIGURA 11 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	34
FIGURA 12 - CURVA DE REFLECTÂNCIA DA VEGETAÇÃO.....	35
FIGURA 13 - COMPARAÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT.....	36
FIGURA 14 - PROCESSO DE GEORREFERENCIAMENTO DE IMAGEM.....	37
FIGURA 15 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
FIGURA 16 - DIFERENCIAÇÃO ESPECTRAL ENTRE ÁREAS DE VEGETAÇÃO.....	40
FIGURA 17 – SEGMENTAÇÃO DA IMAGEM LANDSAT 8 DE 2014	41
FIGURA 18 - MATRIZ DE CONFUSÃO TÍPICA.....	41
FIGURA 19 - ARQUIVOS VETORIAIS (POLYGON).....	43
FIGURA 20 - IMAGEM LANDSAT 5 DE 1985 NA COMPOSIÇÃO R4G3B2.....	46
FIGURA 21 - ACURÁCIA DO GEORREFERENCIAMENTO DA IMAGEM LANDSAT 5 DE 1985.	47
FIGURA 22 - MAPA TEMÁTICO IMAGEM LANDSAT 5 DE 1985.....	48
FIGURA 23 - MAPA TEMÁTICO DA IMAGEM LANDSAT 8 DE 2014.....	49
FIGURA 24 - IMAGEM DOS SEGMENTOS DA IMAGEM LANDSAT 8 DE 2014.....	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - QUADRO COMPARATIVO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA TÉCNICA DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	28
TABELA 2 - CARACTERIZAÇÃO DAS DIFERENTES CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA EM 1985.....	49
TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS DIFERENTES CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA EM 2014.....	50
TABELA 4 - MUDANÇA NAS ÁREAS DAS CLASSES NO PERÍODO ENTRE 1985 E 2014.....	51
TABELA 5 - MÉTRICAS DA PAISAGEM PARA A ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 1985.....	52
TABELA 6 - MÉTRICAS DA PAISAGEM PARA A ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 2014.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ACARPA - Associação de Crédito e Assistência Rural do Paraná

APP - Área de Preservação Permanente

BRAVIACO - Companhia Brasileira de Viação e Comércio

BRDE - Banco Regional de Desenvolvimento Econômico

DTC - Departamento de Terras e Colonização

EMATER - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural

FEMA - Fundo Estadual do Meio Ambiente

IAP - Instituto Ambiental do Paraná

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ITC - Instituto de Terras e Cartografia

ITCF - Instituto de Terras, Cartografia e Florestas

ITCG - Instituto de Terras, Cartografia e Geociências

MaxVer - Máxima Verossimilhança

MSS - *Multispectral Scanner Subsystem*

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

OLI - *Operational Land Imager*

REM - Radiação Eletromagnética

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SEUC - Sistema Estadual de Unidade Conservação

SUREHMA - Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente

TIRS - *Thermal InfraRed Sensor*

TM - *Thematic Mapper*

USGS - *United State Geological Survey*

UTM - Universal Transversa de Mercator

WGS84 - *World Geodetic System*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 PARTE 1: REALIZAR A ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	17
2.1.1 O Desflorestamento no Município de Palotina e seu Contexto Histórico.....	17
2.1.2 A Gestão das Florestas no Estado do Paraná.....	19
2.1.3 Sensoriamento Remoto.....	21
2.1.4 Radiação Eletromagnética.....	21
2.1.5 Espectro Eletromagnético.....	23
2.1.6 Comportamento Espectral dos Alvos.....	23
2.1.7 Plataformas de Sensores (ópticos).....	25
2.1.8 Vantagens e desvantagens do sensoriamento remoto.....	28
2.1.9 O Programa Landsat.....	28
2.1.9.1 Imagens Landsat aplicadas às análises temporais.....	29
2.2 PARTE 2: ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	30
2.2.1 Ecologia da Paisagem.....	30
2.2.2 Estrutura Espacial da Paisagem.....	31
2.2.3 Avaliação da Paisagem através de “Métricas” ou “Índices”.....	31
2.2.3.1 Índices de Área e Fragmentos.....	32
2.2.3.2 Índices de Borda e Forma.....	32

3. METODOLOGIA.....	34
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	34
3.2 PARTE 1: ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	34
3.2.1 Obtenção de Imagens de Satélite e Arquivos Shapefile.....	34
3.2.2 Determinação da Melhor Composição Colorida.....	35
3.2.3 Reprojeção de Hemisfério.....	36
3.2.4 Georreferenciamento da Imagem Landsat 5.....	37
3.2.5 Recorte da Área de Estudo.....	37
3.2.6 Análise da Cobertura Florestal (Classificação).....	38
3.2.7 Classificação Supervisionada (Método da Máxima Verossimilhança).....	39
3.2.8 Análise de confiabilidade (Matriz de confusão).....	40
3.2.8.1 O coeficiente <i>Kappa</i>	41
3.3 PARTE 2: ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	43
3.3.1 Análise da Paisagem.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1 PARTE 1: ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	46
4.2 PARTE 2: ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	52
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICES.....	60

1. INTRODUÇÃO

A falta de planejamento e consequente destruição dos recursos naturais, particularmente das florestas, caracterizam o processo de ocupação do Brasil. Ao longo da história do País, a cobertura florestal nativa, representada pelos diferentes biomas, foi sendo fragmentada, cedendo espaço para as culturas agrícolas, as pastagens e as construções das cidades (MARTINS, 2001).

Uma ferramenta para a avaliação, mapeamento e monitoramento de áreas verdes são as tecnologias provenientes do Sensoriamento Remoto que permitem análises de imagens orbitais e o estudo do ambiente terrestre, tornando-se uma alternativa de custo relativamente baixo, para determinadas imagens em função da sua resolução, e altamente precisa, eliminando o uso desnecessário de mão de obra e dispensando deslocamento de pessoal e equipamentos (ANDRADE *et al.*, 2013).

As técnicas de Sensoriamento Remoto permitem o estudo da evolução ambiental de uma região, através de análises multitemporais, estabelecendo comparações de uma mesma paisagem entre dois ou mais períodos, podendo desta forma, auxiliar no monitoramento ambiental da região. A utilização de imagens de satélite de média resolução, disponíveis gratuitamente, para a elaboração dos mapas temáticos constitui uma forma econômica de obtenção de dados confiáveis e adequada ao uso no planejamento rural ou urbano. As técnicas do Sensoriamento Remoto possibilitam o monitoramento de uso e cobertura do solo, visando preservar a biodiversidade e o meio ambiente (GRIGIO, 2003).

A Ecologia da Paisagem enfatiza a interação entre padrões espaciais e processos ecológicos, isto é, as causas e consequências da heterogeneidade espacial através de uma variedade de escalas. O recente surgimento da Ecologia da Paisagem como assunto nos estudos ecológicos resulta de três fatores principais: questões ambientais em larga-escala e problemas de gerenciamento de terras; o desenvolvimento de novos conceitos em ecologia; e avanços tecnológicos, incluindo a capacidade de avaliação de dados espaciais em larga escala, e computadores e softwares capazes de manipular esses dados (TURNER *et al.*, 2001).

1.1 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA

Nas últimas décadas a conservação ambiental tem se tornado alvo de uma crescente preocupação por parte de governantes e cientistas, uma vez que já são evidentes as alterações climáticas causadas pela degradação ambiental. Para que esses problemas sejam corrigidos ou ao menos amenizados, é necessário o aprofundamento do conhecimento científico aliado ao emprego de novas tecnologias.

A realização de estudos das áreas de cobertura vegetal é importante para analisar o uso e ocupação do solo e fornecer elementos para o planejamento de uso ambiental e administração dos recursos naturais, visando avaliar e monitorar a preservação de áreas de vegetação, bem como a melhor qualidade de vida da população (TOEBE, 2012).

É neste contexto que o Sensoriamento Remoto tem se inserido como uma excelente ferramenta para estudos ambientais. Prina *et al.* (2011) avalia o uso de imagens de satélite como um facilitador em estudos de impactos ambientais, pois proporcionam o trabalho simultâneo de grandes volumes de dados e a análise de áreas com grandes extensões. Para Blaschke e Kux (2005), o Sensoriamento Remoto representa uma ferramenta importante para a obtenção de dados básicos e espaciais, para realização de tarefas de proteção do ambiente natural, bem como para decisões de planejamento, fornecendo estruturas básicas para a observação do meio.

As transformações da natureza em função da satisfação de necessidades é um processo contínuo e inevitável na história da humanidade. No entanto, quando esses processos se tornam excessivos e de maneira acelerada podem trazer consequências impactantes para os sistemas naturais. A paisagem vai perdendo suas características essenciais, em troca da presença de novos padrões de comportamento trazidos pelas alterações humanas (MORAIS *et al.*, 2013).

Atualmente, com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, observa-se um intenso processo de substituição das paisagens naturais por outros usos da terra. Essas interferências na paisagem convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, causando problemas ao meio ambiente e, em muitos casos, afetando a disponibilidade e a qualidade de

recursos naturais importantes à população de todas as regiões do mundo (VALENTE, 2001).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar a análise temporal da cobertura florestal e da estrutura da paisagem do Município de Palotina entre o período de 1985 a 2014 utilizando imagens de satélites ópticos (Landsat) via técnica de Sensoriamento Remoto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar a análise temporal da cobertura Florestal do Município de Palotina.
- ✓ Realizar a análise temporal da estrutura da paisagem do Município de Palotina.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PARTE 1: ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.

2.1.1 O Desflorestamento no Município de Palotina e seu Contexto Histórico

Até a década de 1940 o Oeste paranaense permanecia praticamente despovoado, pontilhado por estabelecimentos paraguaios e argentinos que obtiveram concessões para explorar erva-mate e madeira constituindo o sistema de *obrages*¹ ao longo do Rio Paraná (COLODEL, 1988 apud FREITAG, 2007).

Em 1953 a Empresa Colonizadora Pinho e Terra Ltda. Adquiriu as terras da antiga Companhia Brasileira de Viação e Comércio (BRAVIACO) que hoje correspondem ao Município de Palotina, nesse mesmo ano os primeiros funcionários chegaram para a abertura das primeiras picadas e demarcações de terras.

Os primeiros habitantes que convergem para a região, os chamados “pioneiros”, vindos principalmente dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina reproduzem na região seus modelos produtivos, com lavouras de subsistência, criação de gado leiteiro com produção para o consumo familiar e a fabricação de queijos, criação de suínos e uso intensivo da mão de obra familiar. (BERNO, 2008).

No ano de 1954, os agricultores começaram a dividir esta extensa e rica área de terras em propriedades e deram início às derrubadas da mata. Essas derrubadas eram executadas sem critérios e limites, desmatando as margens dos arroios e cabeceiras das águas. As árvores tombadas eram queimadas a fim de liberar as áreas para o plantio. Com isso, um grande volume de madeira industrializável foi destruído. Os agricultores que ali se estabeleceram viam-se obrigados a derrubar a mata de suas propriedades para não perdê-las para posseiros profissionais (TOMAZELLA *et al.*,2010).

¹ Expressão de origem argentina, consiste em uma propriedade típica de regiões cobertas de matas subtropicais em território argentino ou paraguaio. O interesse fundamental de um obragero não era a colonização em pequena ou média propriedade, nem o povoamento de suas vastas terras. Seu objetivo precípua era a extração de erva-mate nativa da região, bem como da madeira em toros, abundante na mata subtropical.

Do início da colonização, na década de 1950, até o final da década de 1960, o que predominou na economia palotinese foi a produção agrícola de subsistência, principalmente com o cultivo do milho, do feijão e da mandioca, utilizados principalmente para a alimentação e a criação de porcos. Também ocorreu entre a segunda metade da década de 1960 e a primeira metade da década de 1970 um período de intensa produção de hortelã, o que possibilitou um rápido crescimento demográfico do Município, visto ser uma cultura que exige grande quantidade de mão de obra, além de acelerar o desmatamento, já que sua produção se adapta muito bem em solos ricos em matérias orgânicas (BERNO, 2008).

Segundo Reginato (1979, p. 178) até 1969 cerca de 70% das terras do Município já estavam ocupadas por lavouras ou pastagens, porém eram terras não mecanizadas.

A partir do ano de 1970, a mecanização teve uma grande expansão no oeste do Paraná. Por meio do Banco Regional de Desenvolvimento Econômico (BRDE), cujos projetos eram elaborados pela Associação de Crédito e Assistência Rural do Paraná (ACARPA), custeava-se a aquisição de máquinas agrícolas para a destoca, com o objetivo de se conseguir um solo limpo e produtivo (TOMAZELLA *et al.*, 2010).

Logo as terras destocadas abriram espaço para os tratores e seus implementos, para as colheitadeiras e outros maquinários. O trabalho humano foi substituído pelas máquinas e pelos defensivos, e a paisagem rural transformou-se. Matas foram derrubadas e a soja se transformara no “ouro verde” trazendo progresso e riqueza. Aqueles que não se “adaptaram” à nova realidade foram expulsos, vendendo ou perdendo suas terras, dessa forma consolidou-se o binômio soja-trigo (BERNO *et al.* 2007).

Desde os anos de 1950 o Município de Palotina passou por um intenso processo de transformação, caracterizado pelo expressivo crescimento urbano (FIGURA 1):



FIGURA 1 – VISTA AÉREA DA CIDADE DE PALOTINA: À ESQUERDA EM 1955 E À DIREITA EM 2013.

FORNTE: ACERVO BIBLIOTECA PÚBLICA DE PALOTINA (2014).

2.1.2 A Gestão das Florestas no Estado do Paraná

O Estado do Paraná foi pioneiro na criação de um Código Florestal, a Lei n. 706, de 1º de abril de 1907, a qual já estabelecia como de “utilidade pública” as “florestas protetoras”. Cabia ao Estado demarcar às áreas consideradas de “florestas protetoras” e cabia aos proprietários comunicar a conversão da “floresta em campo”, o Governo, então, ficava responsável em consentir na conversão ou promover “os meios convenientes de evitá-la” (CARVALHO, 2007).

No entanto, esse código assegurava todos os direitos decorrentes da propriedade, estabelecendo normas que visavam à sistematização, otimização e racionalização da exploração madeireira. Martins (1944) apud Carvalho (2007) o definiu como “mera decoração da legislação paranaense”.

Já no Relatório da Secretaria de Fazenda e Obras Públicas, do ano de 1934 é informado que o Decreto Estadual n. 2.569, de 11/12/34, já mandava adotar no Estado do Paraná o Código Florestal Nacional, sendo confiado ao Departamento de Terras e Colonização (DTC) “a maior responsabilidade na execução do Código Florestal”. Já na década de 1950, criaram-se órgãos como o Instituto de Defesa do Patrimônio Natural, o Conselho de Defesa do Patrimônio Natural e a Polícia Florestal. Uma abordagem mais recente da política florestal no Estado do Paraná tem início nos anos 1970 e 1980 com a criação do Instituto de Terras e Cartografia (ITC) (1972). Em 1985, por meio do Decreto nº 5.799, foi criado o Instituto de Terras, Cartografia e Florestas (ITCF), em substituição ao ITC. A partir de então, grande

parte das atribuições florestais ficou concentrada no Departamento de Recursos Naturais Renováveis deste órgão, porém, ainda subordinado à Secretaria de Agricultura (BORINELLI *et al.*, 2012).

A promulgação da Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, responsável pela criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), na esfera federal, fez com que fossem desencadeadas pelo Governo Estadual reformas administrativas similares. A Lei Estadual nº 10.066/92 extinguiu o ITCF e criou a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) e o Instituto Ambiental do Paraná (IAP). À SEMA coube a missão de articular as políticas de meio ambiente, recursos hídricos, cartográficos e agrário-fundiários, enquanto ao IAP coube a missão de propor, coordenar e executar políticas de meio ambiente, conceder licenciamento ambiental e florestal, desenvolver programas de proteção ambiental, organizar e manter o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) e administrar o Fundo Estadual do Meio Ambiente (FEMA), além de definir prioridades da política florestal estadual (SANTOS *et al.*, 2007).

Como resultado do processo involutivo de nossas florestas, consolidou-se a criação do passivo ambiental paranaense que, atualmente, se tenta resolver. Os esforços desdobraram-se em diversos programas e projetos, tal como Projeto Matas Ciliares, coordenado pelo então Instituto de Terras e Cartografia/ITC (1978-1981), executado nas bacias dos Rios Tibagi, Piquiri e Ivaí, Programa Preservação dos Mananciais pelas Comunidades (1980-1983), coordenado pela então Secretaria de Estado da Agricultura (ITC e EMATER) e Secretaria de Estado do Interior (SUREHMA e SANEPAR), Programa de Desenvolvimento Florestal Integrado (1984-1991), Projeto Água Limpa, coordenado pelo IAP (1992-2002), Programa Estadual de Restauração e Conservação de Matas Ciliares – Programa Mata Ciliar (desde 2003, ainda em execução) (HAUER, 2010).

Nesse último período (1990 – 2006) observou-se um aumento na produção de leis florestais. Em nível federal, a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que trata do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, trouxe uma flexibilização e ampliação das modalidades de áreas de conservação. Em 2006, as leis que contemplavam a questão florestal somavam 118, sendo 87 novas legislações somente neste último período, muito mais do que já havia sido criado em todos os outros períodos (BORINELLI *et al.*, 2012).

2.1.3 Sensoriamento Remoto

Novo (2010) define Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície da Terra a partir do registro e da análise das interações entre radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

A maioria dos instrumentos de Sensoriamento Remoto (Sensores) registram a Radiação Eletromagnética (REM) que se desloca a partir da fonte, diretamente através do vácuo ou, indiretamente, por reflexão ou rerradiação para o sensor. Mudanças na quantidade ou propriedade da REM tornam-se, pela detecção pelo sensor, uma valiosa fonte de dados para interpretar importantes propriedades do fenômeno (e.g. temperatura, cor) (JENSEN, 2009, p. 8).

2.1.4 Radiação Eletromagnética

A dualidade do comportamento da radiação eletromagnética, onda e energia, é formulada pelos modelos denominados de ondulatório (onda) e corpuscular (energia). Esse conceito de dualidade é extremamente importante para o Sensoriamento Remoto, pois sempre que alguém estiver analisando qualquer tipo de imagem, a coexistência da REM na forma de onda e na forma de energia deverá ser considerada para que se possa explicar tudo o que se observa nas imagens com referência às características dos objetos (MENESES *et al.*, 2012).

No modelo ondulatório a onda eletromagnética é formada de dois campos flutuantes – um elétrico (E) e outro magnético (M). Os dois vetores estão em ângulos retos (ortogonais) entre si, e ambos são perpendiculares à direção do deslocamento da onda. A REM é gerada toda vez que uma carga elétrica é acelerada (FIGURA 2) (JENSEN, 2009, p. 40-41).

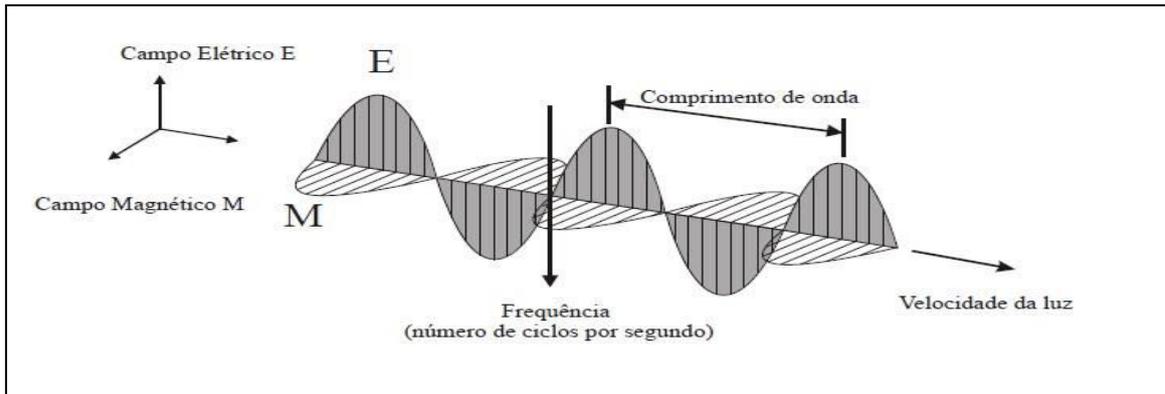


FIGURA 2 – ONDA ELETROMAGNÉTICA.

FUNTE: ARADIODALU (2014).

De acordo com o modelo corpuscular, parte da energia da REM que não é absorvida é refletida para o sensor. Nesse processo, as imagens medem a radiação refletida, mas, indiretamente, podemos avaliar o que foi absorvido pelos materiais, (FIGURA 3). Para cada comprimento de onda há uma específica quantidade de energia (MENESES, 2012, p. 8-9).

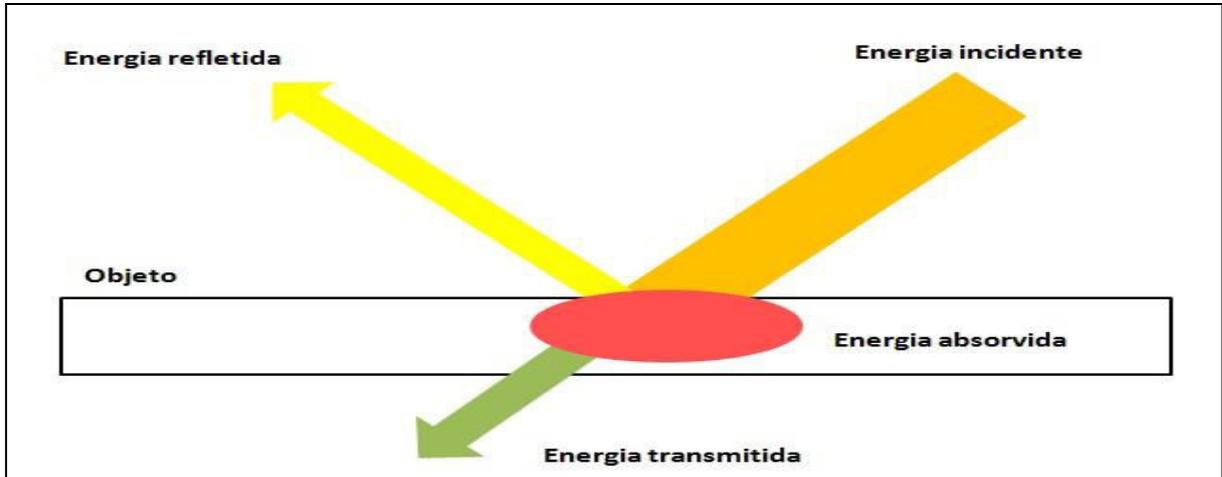


FIGURA 3 – MODO COMO A REM INTERAGE COM OS MATERIAIS.

FUNTE: ADAPTADO DE FÍSICA E QUÍMICA (2014).

Todos os objetos acima do zero absoluto (-273°C ou 0K) emitem energia eletromagnética, incluindo água, solo, rocha, vegetação e a superfície do Sol. O Sol representa a fonte inicial da maioria da energia eletromagnética registrada pelos sistemas de Sensoriamento Remoto. Por costume de uso, em Sensoriamento Remoto sempre nos referimos à radiação eletromagnética pelo seu comprimento e não pela sua frequência.

2.1.5 Espectro Eletromagnético

Denomina-se espectro eletromagnético as regiões espectrais da REM conhecidas pelo homem. O espectro eletromagnético se estende dos comprimentos de onda dos raios cósmicos aos comprimentos de corrente alternada emitidos pelas redes de alta tensão. A faixa de comprimento de onda da REM é praticamente ilimitada (MENESES, 2012, p. 18).

A divisão do espectro eletromagnético é feita de acordo com os respectivos comprimentos de ondas (FIGURA 4).

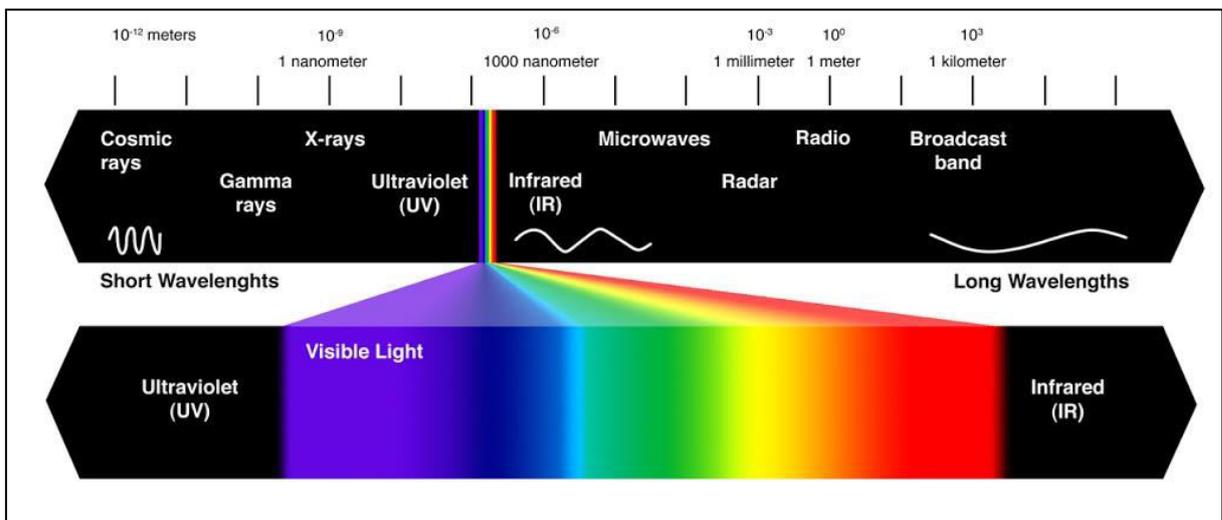


FIGURA 4 – DIVISÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.

FONTE: IMMUNOLIGHT (2014).

2.1.6 Comportamento Espectral dos Alvos

A radiação solar incidente na superfície terrestre interage de modo diferente com cada tipo de objeto fazendo assim com que cada alvo terrestre tenha sua própria *assinatura espectral*. Em outras palavras, cada alvo absorve ou reflete de modo diferente cada uma das faixas do espectro da luz incidente. Em decorrência desta interação, a radiação que deixa os alvos, leva para os satélites a assinatura espectral dos mesmos. Os sistemas sensores instalados nos satélites são sensíveis a estas diferenças, que as registram em forma de imagens (FIGUEIREDO, 2005, p. 7).

Quando colocados em plataformas orbitais, como é o caso, por exemplo, do satélite Landsat, os dados coletados apresentam algumas vantagens em relação àqueles coletados no campo ou aerotransportados. Os sensores orbitais permitem realizar um imageamento sinóptico (visão ampla da área imageada) e periódico. Além disso, a energia refletida ou emitida pelo alvo pode ser gravada em diferentes faixas espectrais, permitindo assim, fazer uma análise do comportamento espectral em diferentes bandas do espectro eletromagnético (DAINESE, 2001).

A REM percorre um longo trajeto desde a sua origem até seu registro pelos sensores presentes no satélite (FIGURA 5):

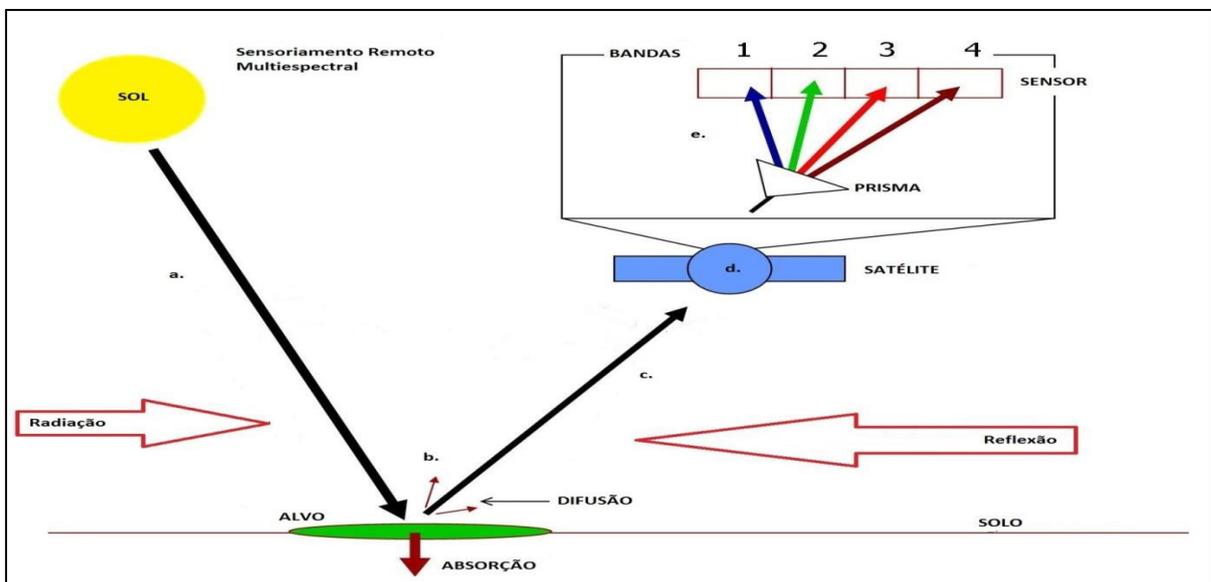


FIGURA 5 – TRAJETÓRIA DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA: (A) A REM INCIDE SOBRE O ALVO; (B) PARTE DA REM É ABSORVIDA PELO ALVO; (C) PARTE DA REM É REFLETIDA PELO ALVO; (D) A REM REFLETIDA É REGISTRADA PELO SENSOR E (E) A REM REGISTRADA É DECOMPOSTA E GRAVADA EM DIFERENTES BANDAS DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO. FONTE: ADAPTADO DE DHSPROJECTS (2014).

Na interação da radiação solar com a vegetação existem duas bandas de absorção distintas. Uma delas situada próximo a $0,48 \mu\text{m}$ devido à presença de carotenos. A outra próxima a $0,68 \mu\text{m}$, relacionada ao processo da fotossíntese. Entre estes dois pontos de absorção existe um pico de reflectância em torno de $0,5 \mu\text{m}$, correspondente à região da cor verde do espectro visível, o que explica a coloração verde das plantas. Outra característica marcante do comportamento espectral da vegetação é a existência de uma região de alta reflectância na região

entre $0,7 \mu\text{m}$ a $1,3 \mu\text{m}$ (infravermelho) que está associada à estrutura celular interna da folha (FIGURA 6). Esta característica decorre do comportamento natural da vegetação, visando manter o equilíbrio no balanço de energia no interior da planta, evitando um superaquecimento e a consequente destruição da clorofila. Dois outros picos de absorção ocorrem nas regiões próximas a $1,4 \mu\text{m}$ e $1,9 \mu\text{m}$ devido à presença de água na folha. Embora as características anteriores sejam fundamentais para o estudo da vegetação, elas dizem respeito a uma folha isolada, portanto não podem ser consideradas com tal precisão, para uma cobertura vegetal. O comportamento espectral de uma cobertura vegetal tem algumas diferenças quando comparadas a uma folha isolada, devido à influência de fatores diversos como parcelas de solo não cobertas pelas plantas, ângulo de iluminação solar e orientação das folhas (FIGUEIREDO, 2005, p. 8).



FIGURA 6 – COMPARAÇÃO DAS DIFERENTES REFLECTÂNCIAS DA VEGETAÇÃO: (A) IMAGEM INFRAVERMELHA OBTIDA PELO SENSOR ASTER, SATÉLITE DA NASA NA ÓRBITA DA TERRA. AS ÁREAS EM VERMELHO SÃO DE VEGETAÇÃO. (B.) IMAGEM OBTIDA PELO SATÉLITE WORDVIEW-2, AS ÁREAS EM VERDE SÃO DE VEGETAÇÃO.

FONTE: *EARTH OBSERVATORY (NASA)*; *GLOBALGEO*, (2014).

2.1.7 Plataformas de Sensores (ópticos)

Define-se sensores imageadores multiespectrais os instrumentos eletro-óptico capazes de obter múltiplas imagens simultâneas da superfície terrestre, desde o comprimento de onda da luz visível azul, até a região termal. Os sensores

ópticos (e os termais) são constituídos basicamente de três sistemas: um sistema óptico, um sistema de detecção e um sistema eletrônico de registro de dados, que são agrupados em uma única unidade aeroespacial (FIGURA 7) (MENESES, 2012, p. 34).

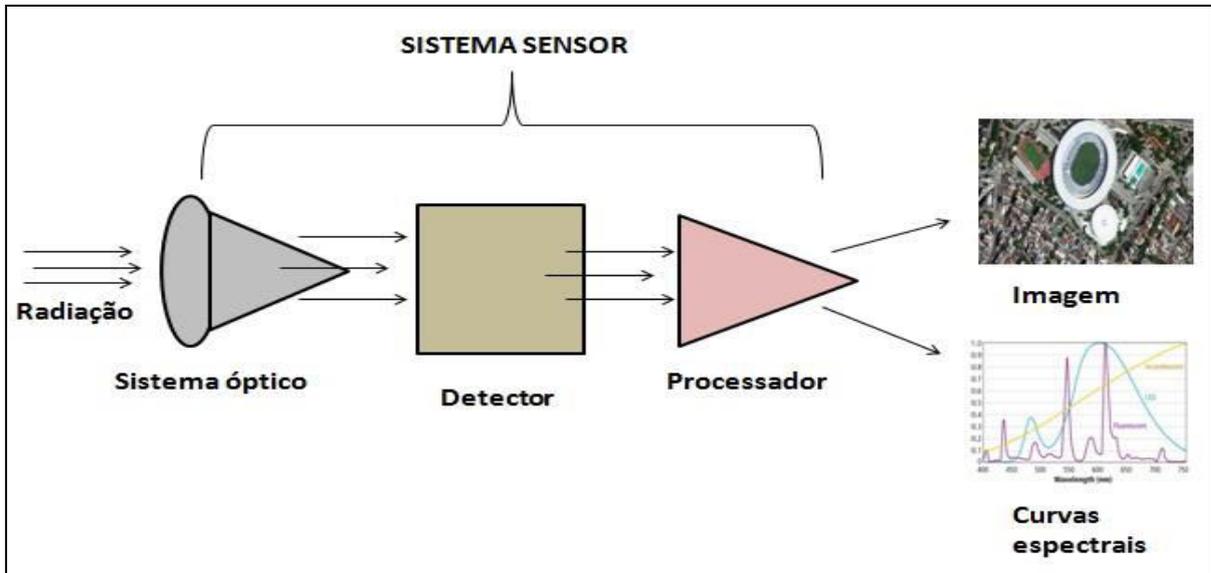


FIGURA 7 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA SENSOR.

FONTE: ADAPTADO DO INPE (2014).

O número de bandas que o sensor possui, a largura do comprimento de onda da banda e as posições que as bandas estão situadas no espectro eletromagnético são parâmetros que caracterizam a chamada resolução espectral do sensor.

Toda imagem captada pelo sensor é armazenada em formato digital como qualquer outro arquivo de dados. Cada registro deste arquivo corresponde a uma linha da superfície terrestre. Os campos destes registros são todos do mesmo tamanho e correspondem aos pixels. O valor armazenado em cada campo é proporcional à intensidade da REM, proveniente da parcela da superfície terrestre. Cada sistema sensor tem uma capacidade de definição do tamanho do pixel, que corresponde a menor parcela imageada. A dimensão do pixel é denominada de resolução espacial. 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 (FIGURA 8) (FIGUEIREDO, 2005, p. 12 -13).



FIGURA 8: COMPARAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE COM DIFERENTES RESOLUÇÕES: (A) IMAGEM DO SATÉLITE SPOT (5 M), (B) IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT (30 M).

FONTE: ADAPTADO DE VASGEO (2014).

Outra característica dos sensores ópticos é a resolução radiométrica que está relacionada à faixa de valores numéricos associados aos pixels. Este valor numérico representa a intensidade da radiância proveniente da área do terreno correspondente ao pixel e é chamado de nível de cinza. (FIGURA 9) (MENESES, 2012, p. 30).

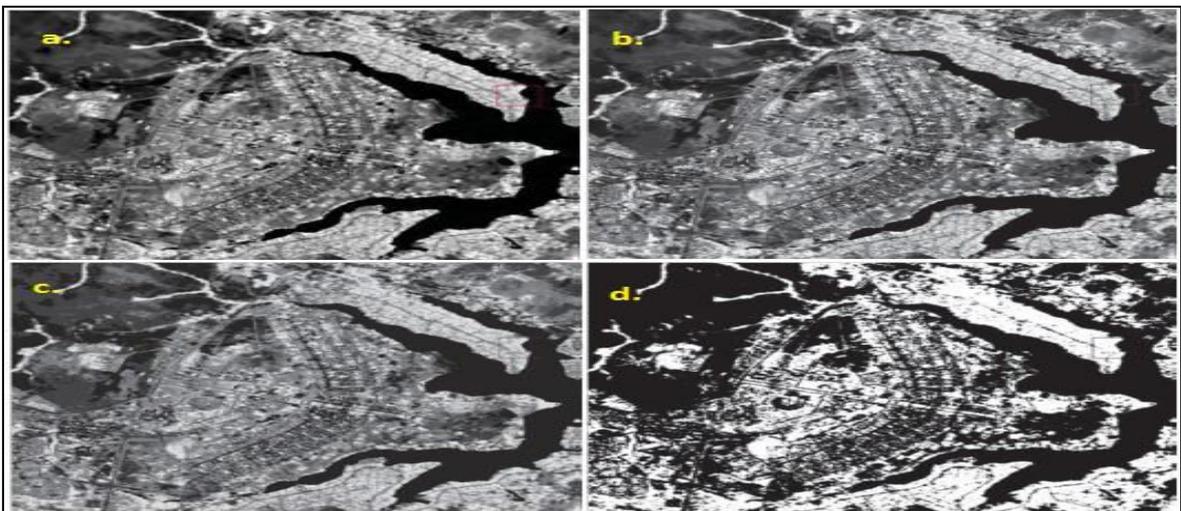


FIGURA 9 – RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA E SEUS DIFERENTES NÍVEIS DE QUANTIZAÇÃO: (A) 8 BITS; (B) 6 BITS; (C) 4 BITS E (D) 2 BITS.

FONTE: ADAPTADO DE MENESES (2012).

Por fim a resolução temporal corresponde à frequência com que o satélite revisita o mesmo local e obtém imagens periódicas ao longo de sua vida útil.

2.1.8 Vantagens e desvantagens do sensoriamento remoto

A TABELA 1, a seguir, apresenta um quadro comparativo das vantagens e desvantagens da técnica de sensoriamento remoto (sensor óptico):

TABELA 1 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SENSORES ÓPTICOS

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo (Imagens e softwares gratuitos).	Imagens em alta resolução não são gratuitas.
Praticidade (Análise pode ser feita sem a necessidade de contato direto com os alvos).	Necessário conhecimento prévio da área de estudo.
Imageamento sinóptico e periódico.	Possível ocorrência de nuvens no período.
Sensores multiespectrais (Visível, infravermelho, termal, micro-ondas).	Interferências atmosféricas (Absorção e dispersão).
Resolução espacial (Podendo variar de quilômetros à centímetros)	Depende da acuidade visual do pesquisador.
Processamento (Imagens podem ser usadas no desenvolvimento de sistemas de informações geográficas e bancos de dados).	Há necessidade de computadores com grande capacidade de processamento.
Aplicabilidade (Meteorologia, Meio Ambiente, Geologia, Agricultura...).	Há necessidade de constante atualização (capacitação).

FONTE: AUTOR (2014).

2.1.9 O Programa Landsat

O programa Landsat foi desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) no início dos anos de 1970. Dentro do programa Landsat foram desenvolvidos e colocados em órbita oito satélites, e atualmente encontra-se em operação o Landsat 5, o Landsat 7 e mais recentemente o Landsat 8, lançado em 11 de fevereiro de 2013.

Existem dois tipos de sensores a bordo do Landsat 5, o *MSS (Multispectral Scanner Subsystem)* e o *TM (Thematic Mapper)*, ambos os sensores possuem sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo a resolução espacial das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 de 30 m e 120 m para a banda 6. Uma imagem inteira do satélite representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km.

O Landsat 8 possui dois sensores, o *OLI (Operational Land Imager)*, que consiste de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9), já a banda 8 do instrumento *OLI* é a pancromática, com resolução espacial de 15 metros. As faixas térmicas de 10 e 11 pertencem ao sensor *TIRS (Thermal InfraRed Sensor)*, sendo úteis no fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados com uma resolução espacial de 100 metros. O tamanho aproximado da cena Landsat 8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste. Ambos Landsat 5 e Landsat 8 possuem uma resolução temporal de 16 dias (NASA, 2014).

2.1.9.1 Imagens Landsat aplicadas às análises temporais

Imagens Landsat têm sido amplamente utilizadas nas últimas décadas nas análises espaço-temporais do uso e ocupação do solo, crescimento urbano e da cobertura vegetal.

Farias *et al.* (2011), em sua análise temporal das alterações da cobertura vegetal no Estado do Mato Grosso do Sul entre os anos de 1990 e 2010 através de imagens Landsat 5 conseguiu avaliar e quantificar alterações na cobertura vegetal e inferir alterações no uso das terras. Já Guisard *et al.* (2007) constatou o decréscimo das áreas, a fragmentação, assim como a diminuição do tamanho médio dos fragmentos de mata, além do aumento das áreas de borda ao utilizar imagens Landsat na análise temporal entre os anos de 1973 e 2004 do Município de São José dos Campos.

Moraes *et al.* (2011) utilizou imagens Landsat 5 na análise temporal das alterações do uso do solo da área de proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná durante a década de 2000, onde definiu os produtos obtidos do Sensoriamento Remoto de importância fundamental na obtenção dos dados de uso do solo possibilitando sua quantificação. Da mesma forma, Rodrigues *et al.* (2013), utilizando imagens Landsat 5 na análise temporal do desmatamento na bacia do rio Preto no Distrito Federal entre os anos de 1990 e 2010, concluiu que as técnicas Sensoriamento Remoto utilizando imagens Landsat 5 são eficazes na quantificação de desmatamento por meio de mapeamento do uso solo. Já Conceição *et al.* (2011) utilizando imagens Landsat 5 na análise temporal da cobertura vegetal da bacia

hidrográfica do rio São João no Estado do Rio de Janeiro, entre o mesmo período (1990 e 2010), concluiu que os resultados quando se tratam de qualidade e tempo de trabalho são muito satisfatórios, em decorrência de sua aplicabilidade no monitoramento e gestão ambiental.

Desta forma justifica-se a utilização deste método na análise temporal a que se propõe o presente trabalho, a partir das imagens do Landsat 5 e Landsat 8 recentemente disponibilizadas.

2.2 PARTE 2: ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.

2.2.1 Ecologia da Paisagem

Os processos ecológicos estudados podem ser tanto foco de estudos da ecologia de populações (e.g. natalidade, mortalidade, imigração) ou da interação entre populações (e.g. polinização, dispersão), quanto da ecologia de comunidades (processos de estruturação da comunidade, como a predação ou a competição) ou da ecologia de ecossistemas (produtividade, ciclagem e dispersão de um nutriente), ou mesmo da genética (e.g. variabilidade gênica).

A ecologia de paisagens lida assim com as mesmas perguntas de outras disciplinas da ecologia, modificando apenas a perspectiva na qual elas são analisadas, inserindo-as num contexto espacial. Nesse contexto, possivelmente, o maior desafio da ecologia de paisagens é de estabelecer uma teoria de mosaicos, procurando entender como diferentes padrões de organização espacial de seus constituintes (as unidades da paisagem) influem sobre seu funcionamento. Desta forma, a ecologia de paisagens procura testar uma das propriedades fundamentais da teoria hierárquica. Para tanto, procura distinguir grandes tipos de paisagens, baseado no modelo de fragmento-corredor-matriz (METZGER, 2001).

2.2.2 Estrutura Espacial da Paisagem

Forman & Godron (1986) apud Saleh (2007), definem a estrutura da paisagem como sendo composta por três elementos:

- Fragmentos: são superfícies não lineares que estão inseridos na matriz que diferem na aparência do seu entorno, varia em tamanho, formato, tipo de heterogeneidade e limites;
- Matriz: é o elemento paisagístico com maior extensão e de maior conectividade com os outros e exerce influência no funcionamento da paisagem;
- Corredores: são áreas estreitas e longas que diferem da matriz em qualquer lado, com a presença de uma vegetação característica associada (FIGURA 10).

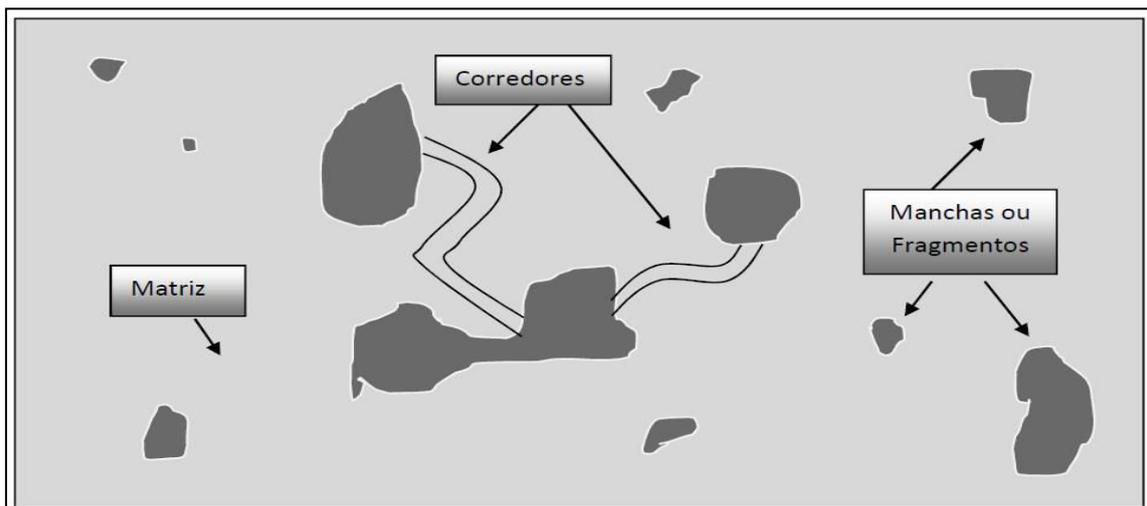


FIGURA 10 - REPRESENTAÇÃO MATRIZ-CORREDOR-MANCHA.

FONTE: ADAPTADO DE BEZERRA (2010).

2.2.3 Avaliação da Paisagem através de “Métricas” ou “Índices”

A estrutura da paisagem pode ser quantificada por diferentes parâmetros, índices ou métricas da paisagem. Essas métricas são, em geral, agrupadas em duas categorias: os índices de composição e os de disposição.

Os parâmetros de composição dão uma ideia de quais unidades estão presentes na paisagem, da riqueza dessas unidades e da área ocupada por elas (o que permite inferir sobre o grau de dominância espacial) (BEZERRA, 2010).

Os parâmetros de disposição vão quantificar o arranjo espacial dessas unidades em termo de grau de fragmentação e frequência de contato entre as diferentes unidades; grau de isolamento e conectividade de manchas de unidades semelhantes e, finalmente, área, formato e complexidade de formas das manchas que compõem o mosaico da paisagem (CULLEN *et al.*, 2003).

2.2.3.1 Índices de Área e Fragmentos

A área é a medida da estrutura da paisagem mais próxima e mais difundida e, por isso, talvez a mais importante. A área total de uma classe é a soma de todas as áreas de manchas de uma determinada classe numa paisagem. A posição central do atributo espacial “área” deve ser considerada inteiramente relacionada à sua grande importância na ecologia. Fragmentos com grandes áreas significam, para a interpretação da paisagem, áreas mais homogêneas, ou ainda, que sofrem pouca interferência com a ocupação ao redor (CULLEN *et al.*, 2003).

2.2.3.2 Índices de Borda e Forma

A fragmentação aumenta a quantidade de ambientes de borda e diminui a quantidade relativa de habitat interior. Assim, os organismos respondem de maneira diversa, sendo as espécies que encontram-se na região de borda aquelas que mais sofrem com os efeitos causados pela fragmentação. Considerando dois fragmentos de áreas iguais, aquele com forma mais próxima à circular apresenta menos relação perímetro/área e, logo, menos proporção de borda. Por outro lado, fragmentos de formas irregulares, como aqueles alongados e muito recortados, apresentam maior relação perímetro/área, tendo maior proporção de borda (BEZERRA, 2010).

Com relação à forma, os remanescentes florestais apresentam vulnerabilidade devido a sua forma irregular, estando mais sujeitos ao efeito de borda. O índice de forma é um importante parâmetro a ser considerado, pois está

diretamente relacionado ao efeito de borda, determinando o grau com que esse efeito age sobre o fragmento e a maior ou menor influência dos fatores externos sobre a sua biodiversidade (PIRES *et al.*, 2002).

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo nesta pesquisa corresponde ao Município de Palotina, localizado na região Oeste do Estado do Paraná (24° 17' 2" S, 53° 50' 24" W), com uma área total de 651,238 km², (FIGURA 11) (IBGE 2014). Segundo a classificação proposta por Köppen o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical: a média temperatura do ar no mês mais frio é inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média dos meses mais quentes fica acima de 22 °C. Quanto à vegetação o Município insere-se no contexto da Floresta Estacional Semidecidual.



FIGURA 11 – MAPA DA LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.
FONTE: ADAPTADO ITCG (2014).

3.2 PARTE 1: ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.

3.2.1 Obtenção de Imagens de Satélite e Arquivos Shapefile

As imagens de satélite Landsat 5, sensor TM de 10 de Janeiro de 1985, e Landsat 8, sensor OLI de 11 de Fevereiro de 2014, ambas da órbita 224 ponto 77,

foram adquiridas nos catálogos de imagens dos sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do *United State Geological Survey* (USGS), respectivamente. Os arquivos em formato shapefile dos limites municipais do Estado do Paraná foram adquiridos no site do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG). Todas as imagens e arquivos shapefile foram disponibilizados gratuitamente.

Para o manuseio das imagens e dos arquivos shapefile obtidos para realização deste trabalho foi utilizado o software de geoprocessamento ArcGIS 10.2.2 *for Desktop Advanced (Free 60-day Trial)* da ESRI.

3.2.2 Determinação da Melhor Composição Colorida

A escolha das bandas assim como a definição da melhor composição para cada imagem foi realizada empiricamente, uma vez conhecidos os comprimentos de onda em que a vegetação apresenta uma maior reflectância (FIGURA 12). Tal processo teve como objetivo alcançar o melhor realce das feições de interesse em ambas as imagens facilitando assim o processo de identificação e análise das feições de interesse.

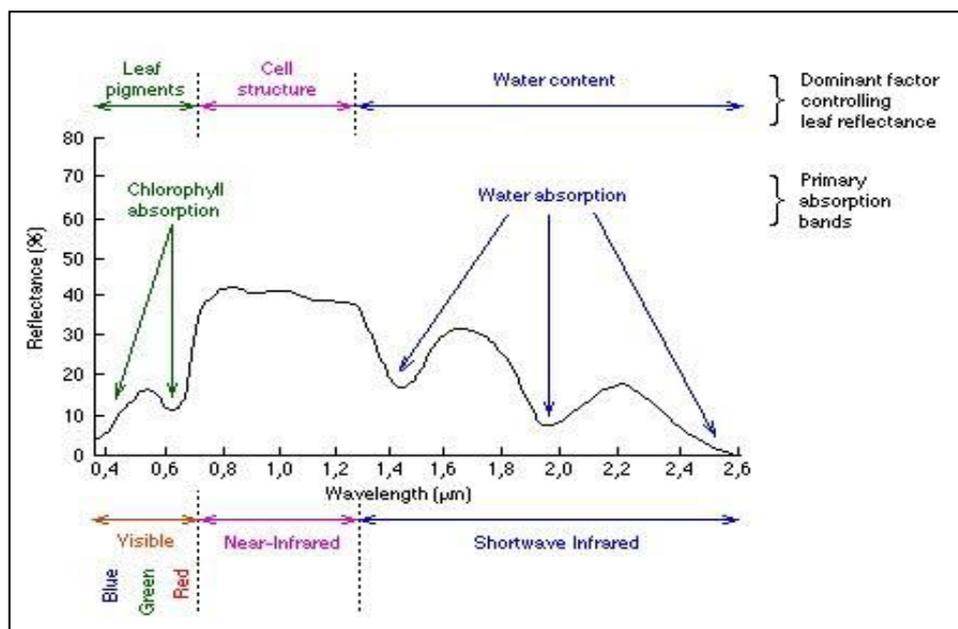


FIGURA 12 – CURVA DE REFLECTÂNCIA DA VEGETAÇÃO.

FONTE: ADAPTADO DE UCALCARY (2014).

Para a imagem Landsat 5 foi utilizada a composição no R7G3B2, as bandas 3 e 2 correspondem ao vermelho (0,63-0,69 μm) e ao verde (0,52-0,60 μm) respectivamente, a banda 7 corresponde ao infravermelho médio (2,08-2,35 μm), todas com uma resolução espacial de 30 m. Já para a imagem Landsat 8 foi utilizada a composição no R5G8B3, as bandas 3 e 5 correspondem ao verde (0,525-0,600 μm) e ao infravermelho próximo (0,845-0,885 μm) respectivamente, ambas com uma resolução de 30m, já a banda 8 corresponde a pan-cromática (0,500-0,680 μm) com uma resolução espacial de 15 m (NASA, 2014). A composição das bandas R5G8B3 apresenta uma resolução de 15 m (FIGURA 13).

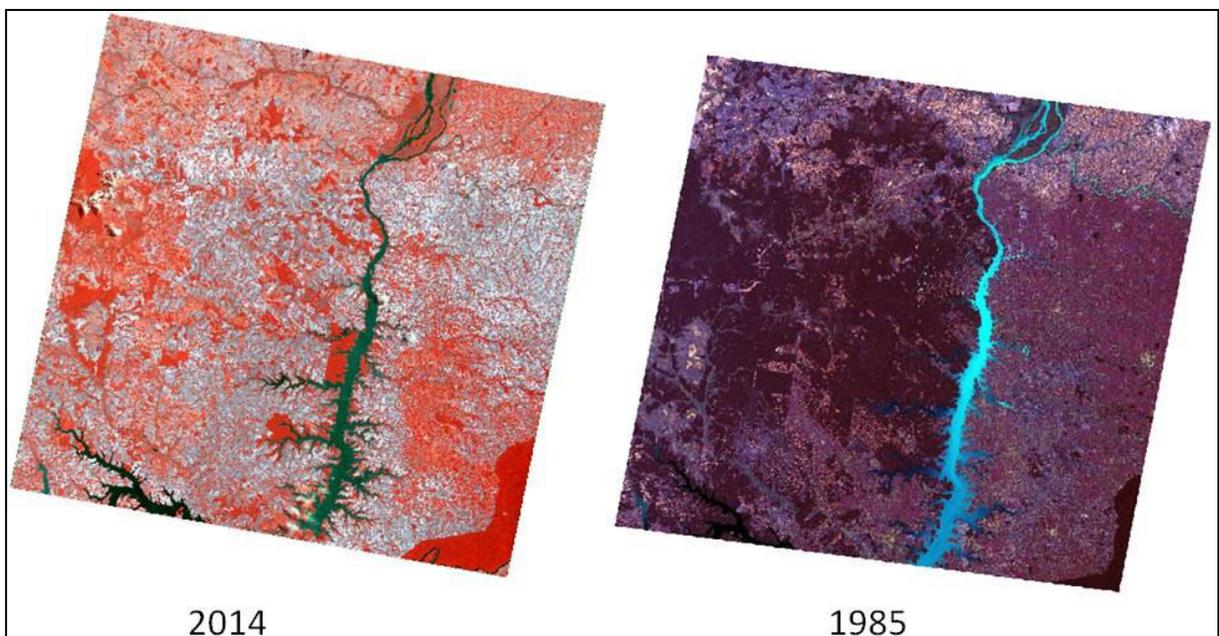


FIGURA 13 – COMPARAÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT: À ESQUERDA IMAGEM LANDSAT 8 DO ANO DE 2014 (R5G8B3), E À DIREITA IMAGEM LANDSAT 5 DE 1985, (R7G3B2).

FONTE: AUTOR (2014).

3.2.3 Reprojecção de Hemisfério

A imagem Landsat 8 do ano de 2014 foi reprojeta para o fuso 22S no sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), *World Geodetic System* (WGS84), tal procedimento torna-se necessário uma vez que as imagens do Landsat 8 são orientadas ao norte verdadeiro, sendo necessário reprojeta-las para o hemisfério sul.

3.2.4 Georreferenciamento da Imagem Landsat 5

Devido a utilização de sistemas de referência distintos a imagem Landsat 5 de 1985 teve de ser georreferenciada novamente para compatibilização destas informações, (FIGURA 14). Este procedimento foi realizado selecionando-se pontos de controle extraídos da imagem Landsat 8 de 2014. Tais pontos correspondem à locais de fácil reconhecimento visual, distribuídos pela área periférica da imagem, a fim de minimizar possíveis distorções obtendo-se um erro inferior à um metro.

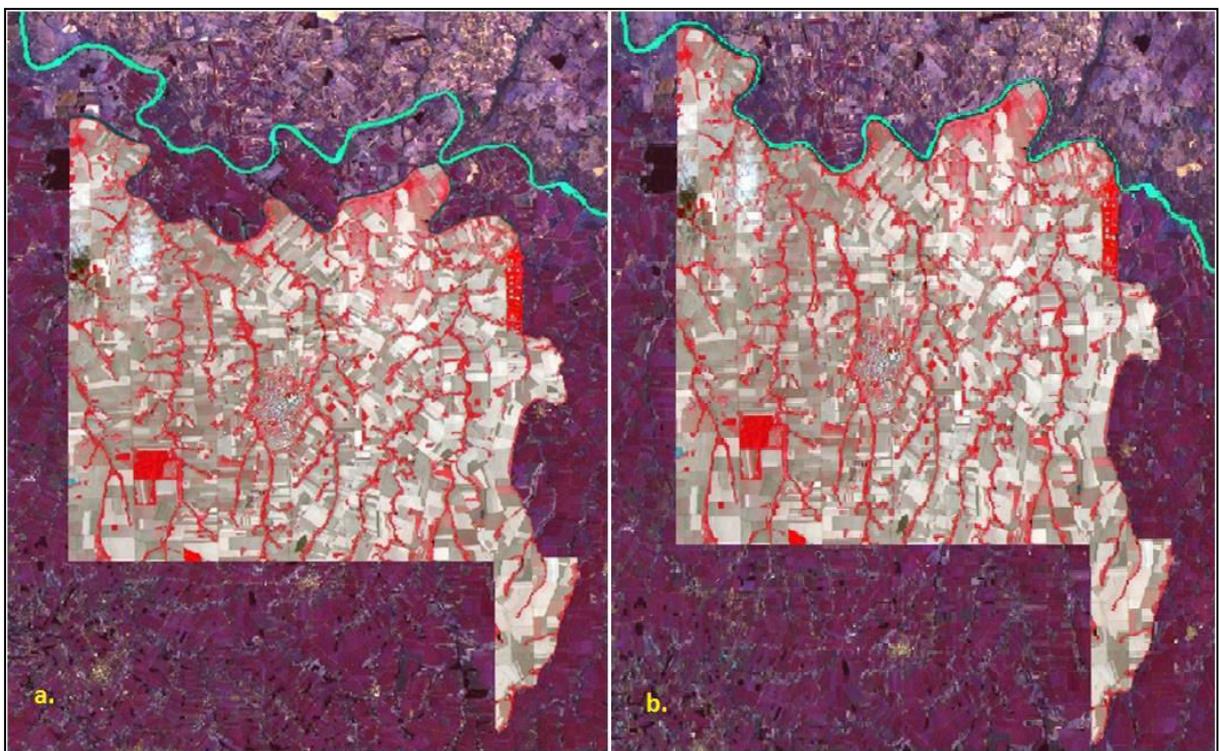


FIGURA 14 – PROCESSO DE GEORREFERENCIAMENTO DE IMAGEM: (A) IMAGEM LANDSAT 5 COM ERRO DE REFERENCIAMENTO; (B) IMAGEM LANDSAT 5 GEORREFERENCIADA.

FONTE: AUTOR (2014).

3.2.5 Recorte da Área de Estudo

O recorte da área do Município de Palotina em ambas as imagens Landsat foi realizado sobrepondo-se o arquivo em formato shapefile dos limites municipais do Estado do Paraná adquiridos no site do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG) (FIGURA 15). Tal procedimento foi realizado com o intuito de

reduzir a área total de cada imagem (aprox. 35.000 km²) à somente a área de interesse (aprox. 651 km²), isso também contribui de forma significativa ao desenvolvimento da análise, pois minimiza o tempo de processamento e o uso de memória do computador.

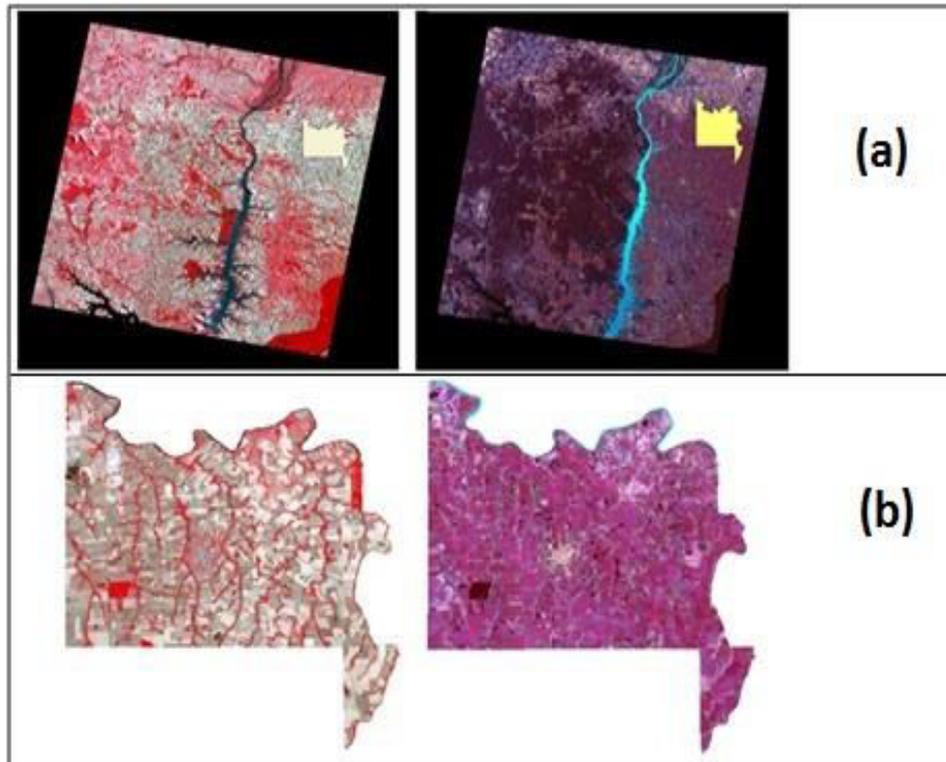


FIGURA 15 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO: (A) SOBREPOSIÇÃO DO SHAPE SOBRE AS IMAGENS LANDSAT; (B) RECORTES DAS ÁREAS DO MUNICÍPIO EM AMBAS AS IMAGENS LANDSAT.

FONTE: AUTOR (2014).

3.2.6 Análise da Cobertura Florestal (Classificação)

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos com o objetivo de mapear as áreas da superfície terrestre. O resultado final de uma classificação de uma imagem é um mapa temático, onde os pixels classificados são representados por símbolos, gráficos ou cores em um determinado padrão cartográfico pré-estabelecido em função da necessidade da informação do usuário. Cada cor ou símbolo está associado a uma classe (área urbana, tipos de florestas, tipos de solo, etc.) definida

pelo usuário. A classificação pode ser executada por meio da classificação não supervisionada ou pela supervisionada.

No método não supervisionado, o computador classifica a imagem, com pouca intervenção do usuário, pois o mesmo define apenas o número de classes desejadas. Este método de classificação agrupa os pixels com características espectrais semelhantes organizando-os em grupos, conforme alguns critérios estatisticamente determinados. Já na classificação supervisionada, é necessário conhecer a área de estudo, e o analista informa amostras pontuais ou por regiões das classes de interesse para que o computador execute a operação usando este padrão pré-estabelecido para toda a imagem, sendo que a qualidade das amostras determinará o resultado da classificação. Neste método, o agrupamento em classes é feito automaticamente, porém, o usuário define as classes ou regiões de interesse. Estas regiões de treinamento irão servir de padrão para a comparação com os demais pixels da imagem (ROVEDDER, 2007).

3.2.7 Classificação Supervisionada (Método da Máxima Verossimilhança)

O mapa de classes de uso de solo foi elaborado por meio de classificação supervisionada pelo método de Máxima Verossimilhança (MaxVer) que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Assume que todas as bandas têm distribuição normal e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica. Portanto, na classificação de Máxima Verossimilhança cada pixel é destinado à classe que tem a mais alta probabilidade, isto é, a Máxima Verossimilhança (MENESES, 2012).

Para a classificação supervisionada da imagem Landsat 5 de 1985 foram coletados pontos de amostragem das seguintes classes:

- a. Vegetação (Floresta Estacional Semidecidual);
- b. Solo exposto (Área urbana e Plantações);
- c. Água (Rios e Lagos).

Já para a imagem Landsat 8 de 2014 foram coletados pontos de amostragem das seguintes classes:

- a. Vegetação (Floresta Estacional Semidecidual);
- b. Solo exposto (Área urbana e Plantações);
- c. Água (Rios e Lagos);
- d. Silvicultura (*Eucalyptus sp.*).

Graças à maior resolução espectral da imagem Landsat 8 foi possível diferenciar áreas de vegetação natural (vermelho) e áreas de silvicultura (vermelho forte), (FIGURA 16), para a qual foi criada uma classe própria.



FIGURA 16 – DIFERENCIAÇÃO ESPECTRAL ENTRE ÁREAS DE VEGETAÇÃO.
FONTE: AUTOR (2014).

No entanto, devido a dificuldades na diferenciação dessa classe pelo programa, a imagem teve de ser dividida em duas partes, sendo analisadas individualmente (FIGURA 17).

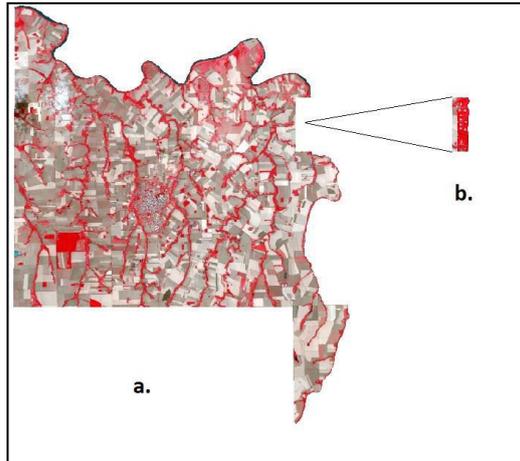


FIGURA 17 – SEGMENTAÇÃO DA IMAGEM LANDSAT 8 DE 2014.

FONTE: AUTOR (2014).

3.2.8 Análise de confiabilidade (Matriz de confusão)

Uma das últimas etapas da classificação de imagens é a da validação dos resultados da classificação. O que se busca nessa etapa é avaliar a acurácia da classificação. A acurácia é normalmente expressa em termos de índices que são calculados a partir de matrizes de erros que expressam a concordância entre a imagem classificada e o conjunto de amostras de referência. A matriz de erros compara, classe por classe, a relação entre os dados de verdade terrestre (dados de referência) e os correspondentes resultados da classificação. O número de linhas e o número de colunas dessa matriz devem ser iguais ao número de classes espectrais do estudo (FIGURA18) (MENESES, 2012).

		Verdade terrestre						TOTAL
		1	2	3	4	5	6	
Interpretação de imagens	1	1	0	1	0	0	0	2
	2	1	57	20	3	0	24	105
	3	1	1	33	0	0	1	36
	4	0	0	1	71	21	5	98
	5	1	0	0	5	53	1	60
	6	0	0	3	0	1	10	14
	TOTAL	4	58	58	79	75	41	315

FIGURA 18 – MATRIZ DE CONFUSÃO TÍPICA.

FONTE: ADAPTADO DE MENESES (2012).

3.2.8.1 O coeficiente *Kappa*

O coeficiente *Kappa* considera todos os elementos da matriz de erros ao invés de apenas aqueles que se situam na diagonal principal da mesma, ou seja, estima a soma da coluna e linha marginais. Antunes *et al.* (1997) concluiu que o coeficiente de acurácia *Kappa* para classes individuais, como o mais indicado na avaliação da classificação de imagens de Sensoriamento Remoto, por levar em conta os erros comissão e omissão na matriz de erros no seu cálculo.

Segundo Cohen (1960) apud Antunes *et al.* (1997) o coeficiente *Kappa* mede o grau de concordância em escalas nominais assumindo que:

- As unidades são independentes;
- As classes ou categorias da escala nominal são independentes e mutuamente exclusivas;
- O classificador e os pontos de referência operam de forma independente.

$$K = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2} \quad (1)$$

Onde,

$$\theta_1 = \frac{\sum_{i=1}^c x_{ii}}{n}$$

$$\theta_2 = \frac{\sum_{i=1}^c (x_{i+} * x_{+i})}{n^2}$$

Esse índice varia de 0 (concordância nula) a 1 (concordância perfeita).

Landis e Koch (1977) propuseram uma escala de qualidade da classificação associada aos valores da estatística *Kappa*, como descrita a seguir: 0 – 0,2 = ruim; 0,2 – 0,4 = razoável; 0,4 – 0,6 = boa; 0,6 – 0,8 = muito boa; e 0,8 – 1,0 = excelente.

3.3 PARTE 2: ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.

3.3.1 Análise da Paisagem

Para a análise da paisagem dos respectivos anos de 1985 e 2014 foram utilizados os arquivos Grid gerados na análise temporal do mesmo período realizada anteriormente. Os arquivos Grid de ambos os anos foram convertidos ao formato vetorial (Polygon) para a análise dos índices de paisagem, sendo o arquivo do ano de 2014 formado pela união dos dois arquivos Grid que compunham o mapa temático do respectivo ano (FIGURA 19).

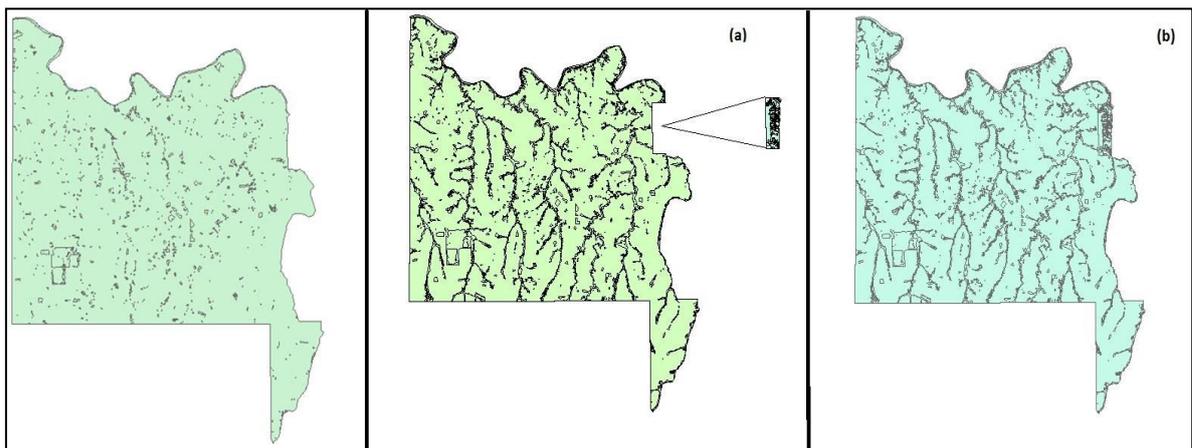


FIGURA 19 - ARQUIVOS VETORIAIS (POLYGON): À ESQUERDA ARQUIVO DE 1985; (A) ARQUIVOS INDIVIDUAIS DE 2014; (B) ARQUIVO ÚNICO DE 2014. FONTE: AUTOR (2014).

Para a realização dessa análise foi utilizada a extensão *V-Late* do software de geoprocessamento ArcGIS 10.2.2. Os índices analisados para cada classe foram:

a. Índices de Área (CA, NP, MPS e PSSD)

$$CA = \sum_{i=1}^n C_i \quad (2)$$

$$NP = \sum ni \quad (3)$$

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \quad (4)$$

$$PSSD = \frac{\left[\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2 \right]}{n_i} \quad (5)$$

a. Índices de Borda (TE e ED)

$$TE = \sum_{i=1}^n e_i \quad (6)$$

$$ED = \frac{TE}{CA} \quad (7)$$

b. Índices de Forma (MSI e MPFD)

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left| \frac{0,25p_{ij}}{f a_{ij}} \right|}{n_i} \quad (8)$$

$$MPFD = \frac{2 \ln(0,25p_{ij})}{\ln a_{ij}} \quad (9)$$

Onde:

CA = Soma das áreas de todas as manchas que pertencem a uma determinada classe, em quilômetros quadrados;

NP = Número total de manchas ou fragmentos dentro de uma mesma classe ou paisagem;

MPS = Tamanho médio dos fragmentos em quilômetros quadrados;

PSSD = Desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos;

TE = Soma de todas as bordas da classe ou paisagem em metros;

ED = Densidade de bordas em quilômetros por quilômetros quadrados;

MSI= Índice de forma média;

MPFD = Dimensão fractal da mancha média;

C_i = Área da i -ésima mancha correspondente à classe avaliada;

n_i = número de fragmentos da classe;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j ;

$j = 1$ a n número de fragmentos;

e_i = borda (perímetro) da i -ésima mancha;

p_{ij} = perímetro do fragmento ij

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PARTE 1: ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PALOTINA

Inicialmente esperava-se utilizar para a imagem de 1985 a composição no infravermelho próximo R4G3B2 (FIGURA 20), assim como foi utilizada para a imagem de 2014, aonde o pico de reflectância da vegetação é máxima (FIGURA 12), no entanto, devido a dificuldades do programa em diferenciar a vegetação natural e as áreas de cultivo, a imagem de 1985 teve de ser analisada na composição R7G3B2 (FIGURA 13), que corresponde ao menor pico de reflectância da vegetação (FIGURA 12).

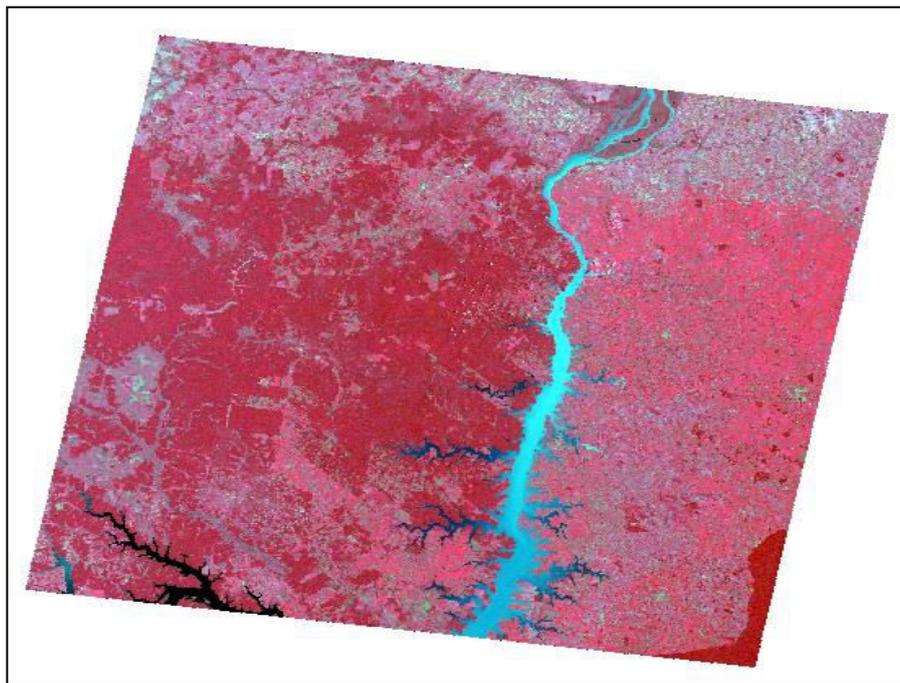


FIGURA 20 – IMAGEM LANDSAT 5 DE 1985 NA COMPOSIÇÃO R4G3B2.
FONTE: AUTOR (2014).

O georreferenciamento da imagem de 1985 foi realizado selecionando-se pontos de referência distribuídos pela periferia da imagem de 2014, evitando-se dessa forma possíveis distorções. Esperava-se também que fosse alcançado um erro menor de um metro entre as imagens, o valor obtido de acurácia RMS foi de 0,93, indicando a confiabilidade do georreferenciamento (FIGURA 21).

Link		Total RMS Error: Forward:0.935653						
	Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
<input type="checkbox"/>	1	216289.796154	7303120.009757	217144.453881	7309649.485178	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	2	213830.004341	7302129.965804	214714.120341	7308689.240927	-0.0596727	0.016025	0.061787
<input type="checkbox"/>	3	205039.954777	7305280.412484	205894.196452	7311808.967579	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	199369.674916	7321359.909780	200284.618397	7327889.349486	-1.21405	0.326013	1.25706
<input checked="" type="checkbox"/>	5	200539.948766	7320159.849331	201454.467341	7326688.555736	1.336	-0.358759	1.38333
<input checked="" type="checkbox"/>	6	210620.457512	7314040.707752	211503.373627	7320539.909145	-0.0622709	0.0167206	0.0644767

FIGURA 21 – ACURÁCIA DO GEORREFERENCIAMENTO DA IMAGEM LANDSAT 5 DE 1985.
FONTE: AUTOR (2014).

Para a análise de acurácia da classificação (matriz de confusão) das imagens foram coletados pontos de conferência, por classe, em número 10 vezes maior que o número total de classes, no entanto, recomenda-se que esses pontos sejam distribuídos proporcionalmente, de acordo com a área de cada classe.

A distribuição dos pontos em ambas as imagens foi realizada da seguinte forma:

(a) Imagem Landsat 5 de 1985

- Vegetação (30 pontos);
- Solo exposto (50 pontos);
- Água (10 pontos).

(b) Imagem Landsat 8 de 2014

- Vegetação (50 pontos);
- Solo exposto (70 pontos);
- Água (25 pontos);
- Silvicultura (15 pontos).

O processo de classificação da imagem Landsat 5 de 1985 gerou um mapa temático com 3 classes de uso de cobertura do solo (FIGURA 22), sendo que a acurácia da imagem classificada, dada pela matriz de confusão entre a classificação e as amostras, foi de 81% (Coeficiente de *Kappa* = 0,81), indicando excelente representação gráfica.

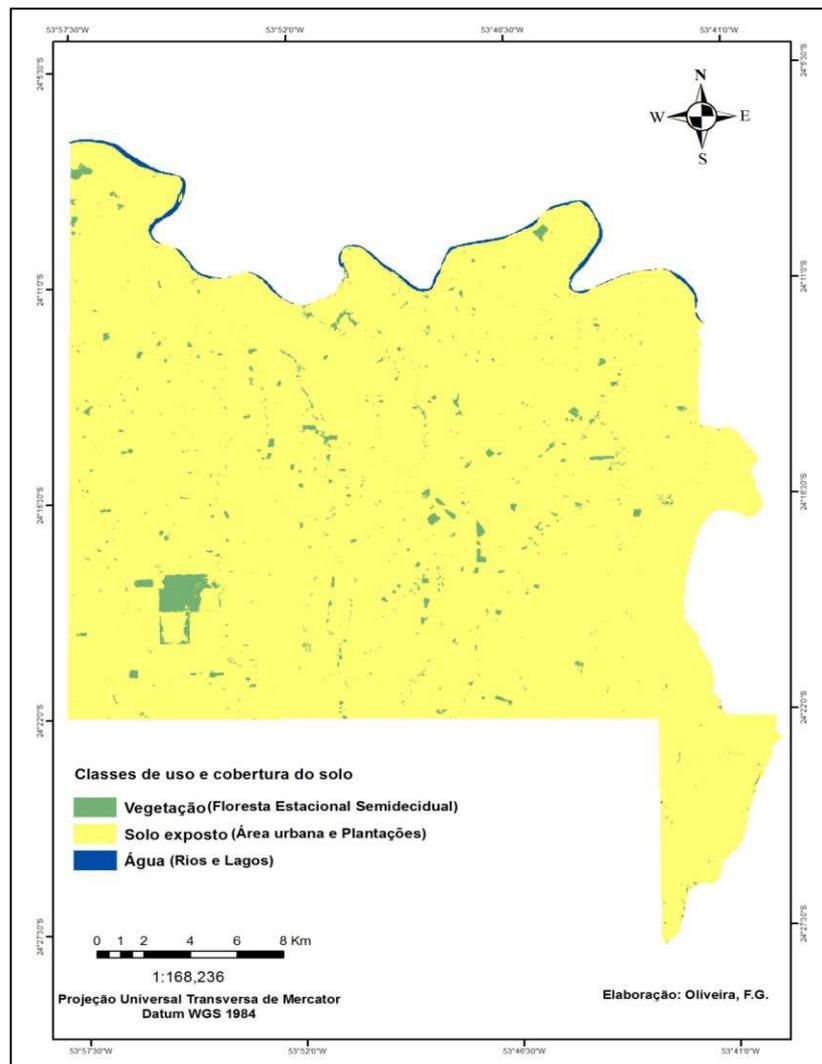


FIGURA 22 – MAPA TEMÁTICO IMAGEM LANDSAT 5 DE 1985.

FONTE: AUTOR (2014).

A caracterização das diferentes classes de uso e cobertura do solo do Município de Palotina em 1985 (TABELA 2) mostra que a vegetação (Floresta Estacional Semidecidual) correspondia a 2,03 % da área do Município; solo exposto (Área urbana e Plantações) correspondia a 97,35% e água (Rios e Lagos) a 0,62%.

TABELA 2 - CARACTERIZAÇÃO DAS DIFERENTES CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA EM 1985.

CLASSES	Área (km ²)	Proporção (%)
Vegetação (Floresta Estacional Semidecidual)	13,12	2,03
Solo exposto (Área urbana e Plantações)	630,71	97,35
Água (Rios e Lagos)	4,02	0,62
Total	647,85	100

FONTE: AUTOR (2014).

O processo de classificação da imagem Landsat 8 de 2014 gerou um mapa temático com 4 classes de uso de cobertura do solo, composto por duas partes distintas (FIGURA 23).

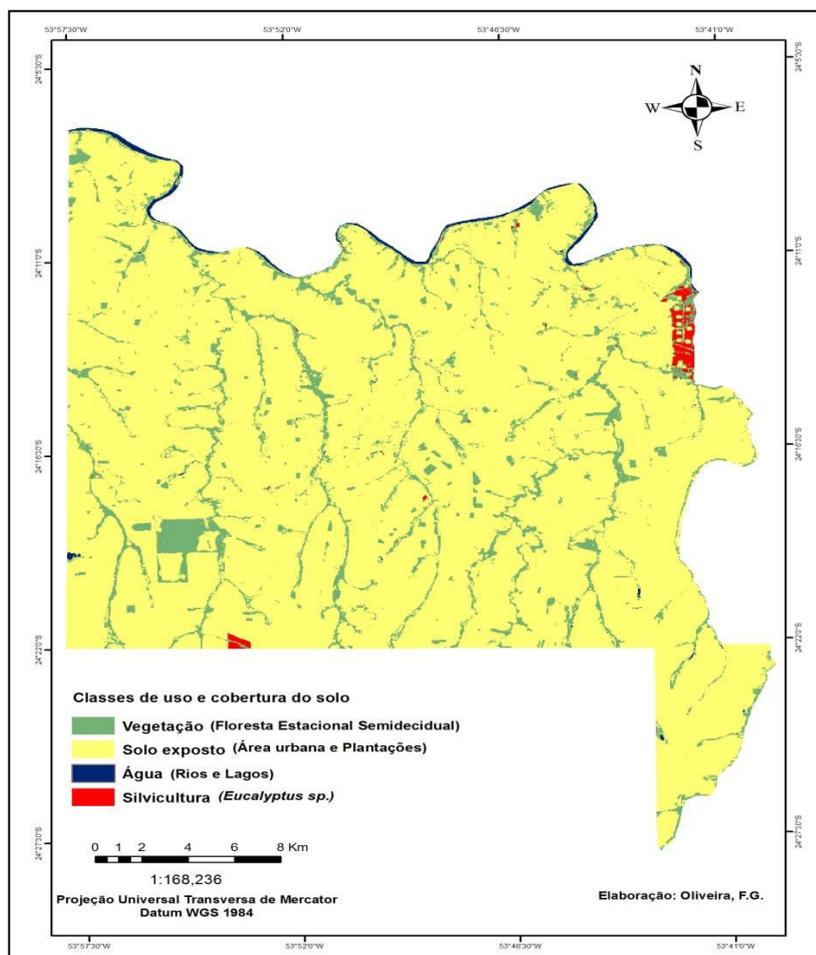


FIGURA 23 – MAPA TEMÁTICO DA IMAGEM LANDSAT 8 DE 2014.

FONTE: AUTOR (2014).

A acurácia dada pela matriz de confusão entre a classificação e as amostras, foi de 95% (Coeficiente de *Kappa* = 0,95), e 96% (Coeficiente de *Kappa* = 0,96) para as partes (a) e (b), respectivamente, indicando uma excelente representação gráfica (FIGURA 24).

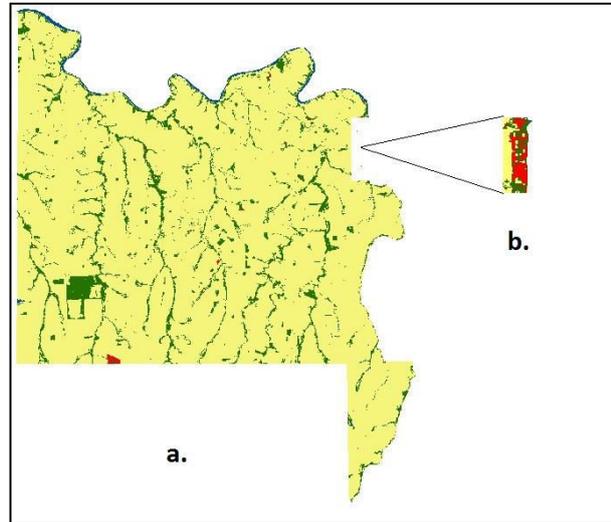


FIGURA 24 – IMAGEM DOS SEGMENTOS DA IMAGEM LANDSAT 8 DE 2014.

FONTE: AUTOR (2014).

A caracterização das diferentes classes de uso e cobertura do solo do Município de Palotina em 2014 (TABELA 3) mostra que a vegetação (Floresta Estacional Semidecidual) corresponde atualmente a 8,49% da área do Município; solo exposto (Área urbana e Plantações) corresponde a 90,29%, água (Rios e Lagos) a 0,75% e áreas de silvicultura (*Eucalyptus sp.*) corresponde a 0,47%.

TABELA 3: CARACTERIZAÇÃO DAS DIFERENTES CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA EM 2014.

CLASSES	Área (km ²)	Proporção (%)
Vegetação (Floresta Estacional Semidecidual)	55,03	8,49
Solo exposto (Área urbana e Plantações)	584,95	90,29
Água (Rios e Lagos)	4,84	0,75
Silvicultura (<i>Eucalyptus sp.</i>)	3,05	0,47
Total	647,87	100

FONTE: AUTOR (2014)

Na análise do respectivo período foi possível observar uma considerável mudança na área de cobertura vegetal no Município no período estudado (TABELA 4). A cobertura vegetal (Floresta Estacional Semidecidual) passou de 13,12 km² em 1985 para 55,03 km² em 2014, um aumento de 419,44%, uma área aproximadamente 4,2 vezes maior. Já a classe solo exposto (área urbana/plantações) passou de 630,71 km² em 1985 para 584,95 km² em 2014, uma redução de 7,26%, e a classe água passou de 4,02 km² em 1985 para 4,84 km² em 2014, um aumento de 20,40% em área.

TABELA 4: MUDANÇA NAS ÁREAS DAS CLASSES NO PERÍODO ENTRE 1985 E 2014.

CLASSES	1985 (km ²)	2014 (km ²)	Aumento (%)	Decréscimo (%)
Vegetação (Floresta Estacional Semidecidual)	13,12	55,03	419,44	
Solo (Área urbana e Plantações)	630,71	584,95		7,26
Água (Rios e Lagos)	4,02	4,84	20,40	
Silvicultura (<i>Eucalyptus sp.</i>)	-	3,05	-	-

FONTE: AUTOR (2014).

A partir da análise temporal realizada através das imagens de satélite foi possível observar o elevado aumento da área de cobertura vegetal (Floresta Estacional Semidecidual) por toda a área do Município no respectivo período. Tal crescimento desenvolveu-se principalmente ao longo dos rios e nascentes, que são definidas juridicamente como Áreas de Preservação Permanentes (APP). Já o aumento da classe água pode ser atribuído ao aumento do número de viveiros de piscicultura. O evidente aumento da cobertura vegetal sem dúvida contribui para a recuperação e conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos.

4.2 PARTE 2: ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE PALOTINA

A análise da estrutura da paisagem do Município de Palotina no período entre 1985 e 2014 mostra a caracterização das diferentes classes que compõem seus respectivos mosaicos, apresentando as métricas de paisagem e suas modificações através do respectivo período (TABELAS 5 e 6).

TABELA 5 – MÉTRICAS DA PAISAGEM PARA A ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 1985.

CLASSE	NP	CA (Km ²)	MPS (km ²)	PSSD (km ²)	TE (km)	ED	MSI	MPFD
Vegetação	1563	13,12	0,0084	0,0825	417,29	0,139	1,331	1,432
Solo exposto	133	630,71	47,422	54,46	567,43	0,160	1,307	1,448
Água	62	4,02	0,0649	0,1728	84,52	0,092	1,605	1,396

NP=NÚMERO DE FRAGMENTOS, CA=ÁREA DA CLASSE, MPS=TAMANHO MÉDIO DO FRAGMENTO, PSSD=DESVIO PADRÃO DO TAMANHO, TE=PERÍMETRO TOTAL, ED=DENSIDADE DE BORDAS, MSI=ÍNDICE DE FORMA, MPFD=DIMENSÃO FRACTAL DA MANCHA MÉDIA.

FONTE: AUTOR (2014).

TABELA 6 - MÉTRICAS DA PAISAGEM PARA A ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 2014.

CLASSE	NP	CA (Km ²)	MPS (km ²)	PSSD (km ²)	TE (km)	ED	MSI	MPFD
Vegetação	3105	55,03	0,0177	0,1104	1560,95	0,122	1,413	1,42
Solo exposto	1161	584,95	0,5038	16,46	1664,29	0,139	1,296	1,429
Água	238	4,84	0,0203	0,1085	128,06	0,133	1,395	1,428
Silvicultura	152	3,05	0,0201	0,09	73,39	0,13	1,373	1,424

NP=NÚMERO DE FRAGMENTOS, CA=ÁREA DA CLASSE, MPS=TAMANHO MÉDIO DO FRAGMENTO, PSSD=DESVIO PADRÃO DO TAMANHO, TE=PERÍMETRO TOTAL, ED=DENSIDADE DE BORDAS, MSI=ÍNDICE DE FORMA, MPFD=DIMENSÃO FRACTAL DA MANCHA MÉDIA.

FONTE: AUTOR (2014).

A classe vegetação (Floresta Estacional Semidecidual) apresentava em 1985 uma área de 13,13 km², correspondente a apenas 2,03% da área total, sendo de 1563 o número de fragmentos, com um tamanho médio de 0,0084 +/- 0,0825 km², evidenciando um elevado processo de desmatamento e fragmentação. Já em 2014, nota-se um aumento da área (55,03 km²), correspondendo a 8,49 % da área total, do número de fragmentos (3105), e de seu tamanho médio (0,0177 +/- 0,1104 km²).

Apesar do considerável aumento de área vegetal durante o período, essa ainda corresponde a uma porcentagem pequena, em relação à área total do Município, sendo os fragmentos com áreas relativamente pequenas.

Turner & Corlett (1996) apud Saleh (2007), salientam que atividades antrópicas associadas ao desmatamento como a retirada seletiva de madeira, uso do fogo, caça, intrusão de espécies exóticas (gado, por exemplo) são fatores relacionados à degradação e fragmentação de habitat que também provocam alterações na estrutura de populações e na distribuição de espécies, podendo levar a redução da biodiversidade. Segundo Azevedo *et. al.* (2003) fragmentos menores são os mais vulneráveis a pressões antrópicas, se comparados aos fragmentos maiores.

Em 1985 o perímetro total da respectiva classe era de 417,29 km, sendo a relação perímetro/área de 0,139, o índice de forma no valor de 1,331, e uma dimensão fractal de mancha média de 1,432. Já em 2014 nota-se um aumento do perímetro total (1.560,96 km), do índice de forma (1,413), e da dimensão fractal de mancha média (1,42), já na relação perímetro/área ouve uma redução para 0,122.

Os índices de forma e de dimensão fractal de mancha média são muito importantes na ecologia da paisagem, pois nos mostram qual a forma dos fragmentos analisados. Quanto mais próximo de 1 for o índice de forma, mais circulares serão os fragmentos, já na dimensão fractal de mancha média, os valores se aproximam de 1 para formas com perímetros simples e chega a 2 quando as formas forem mais complexas. Dessa forma conclui-se que os fragmentos florestais em ambos os anos apresentam formas irregulares e perímetros complexos, sendo mais susceptíveis a efeitos de borda.

Guisard *et al.* (2007) expõem como consequências do aumento do perímetro, como evidenciado, as mudanças na composição de espécies, assim como nas relações entre elas (aumento da competição, predação, etc).

Segundo Azevedo *et al.* (2003), as vegetações localizadas nas bordas passam a ser afetadas por um aumento intenso da radiação solar e de ventos, que causam aumento da temperatura e da diminuição da umidade do solo. A fragmentação ao mudar o microclima da floresta, torna-a mais iluminada e menos úmida, podendo favorecer o desenvolvimento das espécies pioneiras, comprometendo a estrutura dos fragmentos.

A partir da análise da paisagem do Município de Palotina, foi possível constatar as alterações sofridas pela área vegetação devido às ações antrópicas, que historicamente marcaram o processo de ocupação do Município, na qual o desmatamento se destacou como instrumento para a abertura de novas áreas de agricultura. Tal processo reduziu drasticamente a área vegetal original, produzindo numerosos fragmentos de pequena área e formas irregulares, causando uma perda incalculável de biodiversidade.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através do presente trabalho concluí-se que a área vegetal (Floresta Estacional Semidecidual) do Município de Palotina foi amplamente devastada em decorrência do processo de ocupação do território iniciado nos anos de 1950, para o estabelecimento de amplas áreas de cultivo agrícolas.

No período analisado, fica evidente a recuperação da área vegetal do Município, uma vez que sua área total foi aproximadamente quadruplicada. No entanto, é importante salientar que tal crescimento não garante a recuperação da biodiversidade, uma vez que não são todas as espécies que possuem seus respectivos habitats em áreas de vegetação ciliar.

Esse crescimento pode ser atribuído a uma série de fatores, como a criação de órgãos de fiscalização e gestão ambientais em nível Estadual e Federal, a consolidação de uma legislação ambiental moderna, além da implantação de inúmeros projetos de fomento à preservação e recuperação ambiental.

No estudo da estrutura da paisagem concluí-se que apesar do aumento da área vegetal no período analisado, os fragmentos da vegetação encontram-se sob uma intensa pressão externa, em decorrência de apresentarem áreas pequenas e perímetros irregulares, além de serem circundados, em sua maioria, por áreas agrícolas.

Através dos resultados das análises estatísticas Kappa, conclui-se que a acurácia das classificações das imagens Landsat obtiveram uma excelente confiabilidade, representando dessa forma a realidade do ambiente analisado.

Recomenda-se que outras análises temporais sejam realizadas, para o melhor entendimento dos processos de ocupação do solo e alterações da estrutura vegetal que ainda encontram-se em andamento. Também se recomenda o uso de outros softwares de geoprocessamento, imagens com maiores resoluções e diferentes interpoladores, tendo em vista as dificuldades encontradas no desenvolvimento do presente trabalho.

No âmbito da ecologia da paisagem também se recomenda o uso de outros índices, como por exemplo, os de proximidade, muito utilizados em estudos de conservação, objetivando-se a identificação de locais aptos para o estabelecimento corredores ecológicos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. C.; REIS, T. E. S. REIS, L. C. **Análise temporal da cobertura florestal do município de cândido Mota - SP, utilizando fotografias aéreas e imagens de satélite por meio de SIG.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.
- ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. Uso dos Índices de Acurácia para Avaliação de Mapas temáticos obtidos por meios de classificação digital. In: **III Congresso e Feira para Usuário de geoprocessamento**, 1997, Curitiba, III Congresso e Feira para Usuário de geoprocessamento, Curitiba: Sagres, 1997.
- AZEVEDO, THIAGO S.; MANZATTO, A. G.; FERREIRA, M. C. **As perturbações ambientais sofridas pelos fragmentos de matas ciliares no Setor da Alta Bacia do Rio passa Cinco, Ipeúna – SP: uma abordagem baseada em ecologia da paisagem e caracterização fisionômica da vegetação.** Anais VI Congresso de Ecologia do Brasil, P. 87-88 Fortaleza, 2003.
- BERNO, M. L. **Relações culturais dentro do contexto de modernização de Palotina.** Dia a dia educação, 2008. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1148-4.pdf>>. Acesso em: 23/05/2014.
- BERNO, M. L. SCHNEIDER, C. I. Modernização e Mecanização Agrícola em Palotina – Pr: A Idéia de Desenvolvimento Econômico e Social no Período de 1970 – 1983. **Akrópolis**, Umarama, v. 15, n. 4, p. 217-227, 2007.
- BEZERRA, C. G. **Estudo Da Fragmentação Florestal e Ecologia da Paisagem na Sub-Bacia do Córrego Horizonte, Alegre - ES.** Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.
- BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: novos sistemas sensores métodos inovadores.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- BORINELLI, B.; CAPELARI, M. G. M.; SANTOS, L. V.; GODOY, D. F. S.; MATOS, L. V. S. **A Política de Conservação de Florestas no Estado do Paraná (1977- 2006): Pontos de uma Trajetória Sinuosa.** VI Encontro Nacional da Anppas 18 a 21 de setembro de 2012, Belém - PA
- CARVALHO, E. B. **Legislação Florestal, Território e Modernização: O caso do Estado do Paraná 1907-1960.** Associação Nacional de História – ANPUH XXIV SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA – 2007.
- COHEN, J. **A Coeficient of Agreement for Nominal Scales.** Educational and Measurment. Vol XX, No 1, p. 37-46, 1960. In: ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. Uso dos Índices de Acurácia para Avaliação de Mapas temáticos obtidos por meios de classificação digital. In: **III Congresso e Feira para Usuário de geoprocessamento**, 1997, Curitiba, III Congresso e Feira para Usuário de geoprocessamento, Curitiba: Sagres, 1997.

COLODEL, J. A. **Obrages e companhias colonizadoras: Santa Helena na história do Oeste paranaense até 1960**. Santa Helena: Prefeitura Municipal, 1988. In: FREITAG, L. C. **Extremo - Oeste Paranaense: História Territorial, Região, Identidade E (Re)Ocupação**. 208f. Tese (Doutorado em História), Faculdade de História, Direito e Serviço Social, da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Franca, 2007.

CONCEIÇÃO, T. S.; REIS, R. B.; ROSÁRIO, L. S. **Análise espaço-temporal da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio São João, RJ, para os anos de 1990 a 2010**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, Curitiba, PR, Brasil, p.2097, 2011.

CULLEN, Jr, RUDRAN, R.; PADUA, C. **Métodos e Estudos em Biologia da Vida Silvestre**. Curitiba: Editora da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 668p, 2003.

DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual**. 185 f. Tese (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu, 2001.

FARIAS, F. O.; QUARTAROLI, C. F.; ANDRADE, R. G.; VICENTE, L. E. **Avaliação das Alterações na Cobertura Vegetal de Área no Estado de Mato Grosso do Sul Entre 1990 E 2010 Por Meio de Imagens Landsat TM**. 5º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC – Campinas, SP, 2011.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Conab, 2005.

FORMAN, R. T. T; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York, John Wilwy e Sons. 619p, 1986. In: SALEH, Z. K. A. D. **Fragmentação Florestal e Atividade Madeireira: Um Estudo da Ecologia da Paisagem em Curitibaanos (SC)**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental no Município de Guamaré (RN): Simulação de Risco às Atividades da Indústria Petrolífera**. Natal. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.

GUISARD, D. M. P.; KUPLICH, T. M.; MORELLI, A. F. **Análise da cobertura florestal do município de São José dos Campos entre 1973 e 2004 utilizando sensoriamento remoto e ecologia de paisagem**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 1691-1698, 2007.

HAUER, M. **As Florestas no Paraná: um Processo de Involução**. In. Reforma Agrária e Meio Ambiente: teoria e prática no estado do Paraná./ Claudia Sonda (Org.), Silvia Cristina Trauczynski (Org.). Curitiba: ITCG, 2010.

IBGE, INFOGRÁFICOS, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=411790&search%7C%7Cinfogr%E1ficos:-dados-gerais-do-munic%EDpio>>. Acesso em: 02/05/2014.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo [et al.]. – São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

MARTINS, R. **Livro das árvores do Paraná**. Curitiba: Emp. G. Paranaense, 1944. In: CARVALHO, E. B. **Legislação Florestal, Território e Modernização: O caso do Estado do Paraná 1907-1960**. Associação Nacional de História – ANPUH XXIV SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA – 2007.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Mata Ciliar**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. UnB, Brasília, 2012.

METZGER, J. P. O Que é Ecologia de Paisagens? **Biota Neotropica**, v.1, n.1, 2001.

MORAES, A. R.; BERNARDES, R. S. **Alterações no uso do solo da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná (MS/PR/SP) durante a década de 2000**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

MORAIS, R. P.; CARVALHO, T. M. Cobertura da Terra e Parâmetros da Paisagem No Município de Caracaraí – Roraima. **Geografia Acadêmica**, v.7, n.1, 2013.

NASA, **The Landsat Program**. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 02/06/2014.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2010.

PIRES, J. S. R.; MATTEO, K. C.; CASTRO, M. B.; DEL PRETTE, M. E. **Zoneamento ecológico econômico e áreas protegidas: o caso do Baixo Parnaíba**. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Fortaleza, 2002. Anais. Fortaleza: Rede Nacional Pró-Unidades de Conservação: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, p. 124-134, 2002.

PRINA, B. Z.; MONGUILHOTT, M. **Análise das transformações da paisagem de áreas próximas ao rio Jaguarí aplicando técnicas de sensoriamento remoto em imagens do satélite TM Landsat-5**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE p.3812, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

REGINATO, Pe. P. **História de Palotina 1954 – 1979**. Santa Maria: Pallotti, p. 178, 1979.

RODRIGUES, R. T.; MATRICARDI, E. A. T. **Análise temporal de desmatamento e passivos ambientais da bacia do rio Preto no Distrito Federal**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.

ROVEDDER, J. **Validação da classificação orientada a objetos em imagens de satélite ikonos ii e elaboração de indicadores ambientais georreferenciados no município de Torres, planície costeira do Rio Grande do Sul**. 83 f. Tese (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEP SRM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SANTOS, A. J.; NOGUEIRA, A. S. Evolução da política florestal paranaense a partir da década de 90. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, 2007.

TOEBE, D.; LÚCIO, L. T. **Análise temporal da cobertura vegetal arbórea do município de Foz do Iguaçu – PR utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2012.

TOMAZELLA, P.D.; SCHALLENBERGER, E. A exploração territorial do município de Palotina, oeste do Paraná, e o remanescente florestal. **Tempo da Ciência**, v.17, n.34, p. 71-83, 2010.

TURNER I. M.; CORLETT. R. T. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. **Trends in Ecology and Evolution**, v.1, n.11, p. 330-333, 1996. In: Saleh, Z.K.A.D. Fragmentação Florestal e Atividade Madeireira: Um Estudo da Ecologia da Paisagem em Curitiba (SC). Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. **Landscape Ecology in Theory and Practice, Pattern and Process**. Springer-Verlag, New York, 2001.

VALENTE, R. O. A. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**, 2001. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – MAPA TEMÁTICO DE 1985.....	61
APÊNDICE 2 – MAPA TEMÁTICO DE 2014.....	62