UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, EDUCAÇÃO E LETRAS – CCHEL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG/MCRONDON

DIOGO VIEIRA SILVA

DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO (PERÍODO DE 1973 A 2011) DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO VERDADEIRO E SÃO FRANCISCO FALSO (OESTE DO PARANÁ) E CONSIDERAÇÕES SOBRE O CÓDIGO FLORESTAL

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, EDUCAÇÃO E LETRAS – CCHEL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG/MCRONDON

DIOGO VIEIRA SILVA

DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO (PERÍODO DE 1973 A 2011) DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO VERDADEIRO E SÃO FRANCISCO FALSO (OESTE DO PARANÁ) E CONSIDERAÇÕES SOBRE O CÓDIGO FLORESTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, como condição obrigatória para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de Concentração: "Espaço de Fronteira: território e ambiente" e Linha de Pesquisa: "Dinâmica e Gestão Ambiental em Zona Subtropical".

Orientador: Prof. Dr. Edson dos Santos Dias.

Coorientador: Prof. Dr. Ericson Hideki Hayakawa

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

S586 Silva, Diogo Vieira
Distribuição da vegetação (período de 1973 a 2011) das bacias hidrográficas dos rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso (Oeste do Paraná) e considerações sobre o código florestal / Diogo Vieira Silva. – Marechal Cândido Rondon, 2016.
124 f.

Orientador: Dr. Edson dos Santos Dias
Coorientador: Dr. Ericson Hideki Hayakawa

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016.

1. Bacias hidrográficas - Brasil. 2. Paraná, Rio, Bacia. 3. Mapeamento florestal - Paraná. 4. Florestas – Legislação. I. Dias, Edson dos Santos. II. Hayakawa, Ericson Hideki. III. Titulo.

CDD 22.ed. 333.73
551.4
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.
Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

Ao primeiro dia do mês de junho de 2016, às 14h00min, na Sala 57 (3º Piso, Bloco IV) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, reuniu-se, em sessão pública, a Banca Examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado em Geografia constituída pelos professores Dr. Edson dos Santos Dias (Orientador) (UNIOESTE), Drª Karin Linete Hornes (UNIOESTE) e Dr. Samuel Fernando Adami (UNILA), para avaliarem o trabalho *"Distribuição da Vegetação (Período de 1973 a 2011) das Bacias Hidrográficas dos Rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso (Oeste do Paraná) e Considerações sobre o Código Florestal"*, apresentado pelo pós-graduando **Diogo Vieira Silva** para a obtenção do título de "Mestre em Geografia" do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado da UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon. Após arguição a banca examinadora considerou o trabalho aprovado. Nada mais havendo a constar, eu Edson dos Santos Dias, orientador do trabalho, lavrei a presente ata que vai assinada por mim, pelos demais membros da banca examinadora e pelo pós-graduando avaliado.

Marechal Cândido Rondon, 01 de junho de 2016.

Edson dos Santos Dias
Orientador

Karin Linete Hornes
Membro

Samuel Fernando Adami
Membro

Diogo Vieira Silva
Pós-Graduando

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da Vida.

Aos meus pais, Odair e Roseli, por serem as pessoas mais importantes da minha vida, sempre me guiando para os bons caminhos, sendo fundamentais para a minha formação enquanto pessoa.

Em especial ao meu Orientador Dr. Edson dos Santos Dias, e ao Coorientador, Dr. Ericson Hideki Hayakawa. Pela confiança, apoio e orientação para a realização deste trabalho. Por toda a seriedade, ética e profissionalismo. Exemplos de profissionais a serem seguidos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores Dr. Samuel Fernando Adami e Dra. Karin Linete Hornes, por compartilhar seus conhecimentos, fornecendo sugestões para o aperfeiçoamento do trabalho no momento da qualificação. Ao pesquisador Dr. Marcos Adami, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pelo apoio na fase de validação do mapeamento.

Ao José Volnei Bisognin – Técnico IAP-Toledo, pela concessão de entrevista pertinente ao tema estudado.

À Gabryella, por ser uma pessoa presente. Sendo companheira ao longo do período de execução desta tarefa.

Aos professores que lecionaram as disciplinas do mestrado, compartilhando seus conhecimentos.

Aos colegas do mestrado e da graduação pelos momentos de discussões pertinentes ao meio acadêmico, descontração e companheirismo na participação em eventos científicos.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não
sou o que deveria ser, mas, graças a Deus,
não sou o que era antes".
(Marthin Luther King)

RESUMO

DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO (PERÍODO DE 1973 A 2011) DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO VERDADEIRO E SÃO FRANCISCO FALSO (OESTE DO PARANÁ) E CONSIDERAÇÕES SOBRE O CÓDIGO FLORESTAL

Em período recente a discussão sobre as alterações e o cumprimento do Código Florestal obteve destaque por envolver desde os prejuízos ambientais, como os interesses políticos e econômicos relacionados ao tema. No contexto da revisão do Código Florestal e do emprego de geotecnologias, o objetivo deste trabalho foi o de mapear temporalmente a vegetação em duas bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (BP3): bacia do rio São Francisco Verdadeiro e bacia do rio São Francisco Falso, situadas no Oeste do Paraná. O período do mapeamento compreendeu de 1973 a 2011, considerando a legislação de acordo com a Lei Federal nº 4771/1965, do Código Florestal, a fim de verificar até que ponto constata-se o cumprimento dessa legislação vigente no período. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-1 sensor *Multispectral Scanner* (MMS) para o ano de 1973, Landsat-5, sensor *Thematic Mapper* (TM) para os anos de 1990, 2000/2001 e 2011 e imagens RapidEye de 2011. O mapeamento da distribuição-temporal da vegetação foi obtido a partir do classificador *Bhattachatyya,* através do aplicativo SPRING 5.1.8. Em seguida, os dados foram exportados ao aplicativo ArcGis 10.3 para a confecção do *layout* final dos produtos cartográficos. Por meio do QGIS 2.12 foram gerados 500 pontos aleatórios para a validação do mapeamento de 2011, apresentando 87% de precisão global. A partir desses pontos, realizou-se o trabalho de campo, onde foram visitados 31 pontos das classes vegetação e não-vegetação, incluindo os pontos que apresentaram erro na validação de precisão. Com o mapeamento temporal, associado ao estudo bibliográfico, verificou-se que a distribuição da vegetação da área de estudo sofreu modificações em razão da devastação que abriu espaço para a ocupação agrícola, inclusive por incentivo do governo. Entretanto, houve recuperação de boa parte da cobertura vegetal, principalmente as margens dos rios, resultado do cumprimento da citada lei do Código Florestal.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Legislação Ambiental; Geotecnologias.

ABSTRACT

DISTRIBUTION OF VEGETATION (PERIOD 1973-2011) OF HYDROGRAPHIC BASIN THE SÃO FRANCISCO RIVER TRUE AND THE SÃO FRANCISCO RIVER FALSE (WEST OF PARANÁ) AND CONSIDERATIONS OF THE FOREST CODE

In recent period the discussion about the changes and compliance with the Forest Code was highlighted by involving from environmental damage, such as political and economic interests related to the topic. In the context of the revision of the Forestry Code and the use of geotechnology, the objective of this study was to map temporally vegetation in two basins that make up the Paraná River Basin 3 (BP3): the São Francisco River Basin True and the São Francisco River basin False, located in the West of Paraná. The mapping of period was 1973 to 2011, considering the legislation in accordance with the Law 4771/1965 the Forestry Code in order to verify to what extent there has to the compliance of current legislation in the period. Landsat-1 satellite image sensor Multispectral Scanner (MMS) were used for the year 1973, Landsat-5 Thematic Mapper sensor (TM) for the years 1990, 2000-2001 and 2011 and 2011 RapidEye images. The mapping of the temporal distribution of vegetation was obtained from Bhattachatyya classifier through the application SPRING 5.1.8. Then the data was exported to ArcGIS 10.3 application for making the final layout of cartographic products. Through Qgis 2:12 were generated 500 random points for mapping validation of 2011, reporting 87% overall accuracy. From these points, took place the field work, where were visited 31 points classes vegetation and non-vegetation, including the points that had an error on the accuracy of validation. With the temporal mapping associated with the bibliographic study, it was found that the distribution of the study area vegetation was modified due to the devastation that opened the way for agricultural occupation, including by government incentives. However, there was recovery of much of the vegetation cover, mainly the river banks as a result of compliance with Law 4771/1965.

Keywords: River Basin; Environmental Legislation; Geotechnologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas de Preservação Permanente (APPs)..... 27

Figura 2 - Mata Ciliar na margem do rio conforme Lei Federal nº 4.771/1965-Art. 2º..... 28

Figura 3 - Propriedade utilizando toda área para uso agropecuário. 30

Figura 4 - Propriedade utilizando a APP como recomposição dos 20% da RL. 30

Figura 5 - Propriedade atendendo todos os requisitos do CF de 1965. 30

Figura 6 - Processo de aquisição de dados de Sensoriamento Remoto. 44

Figura 7 - Espectro eletromagnético. 44

Figura 8 - Arquitetura de sistemas de informação geográfica. 46

Figura 9 - Seis partes que constituem oSIG. 47

Figura 10 - Espectro de reflectância de uma folha de vegetação verde e sadia. 56

Figura 11 - Localização da área de estudo. 60

Figura 12 - Municípios da Bacia do Paraná 3, com destaque para os pertencentes à área de estudo (Bacia do São Francisco). 61

Figura 13 - Mapa geológico e geomorfológico do Paraná. 63

Figura 14 - Mapa de solos do Paraná 64

Figura 15 - Cobertura vegetal nativa do Paraná 66

Figura 16 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Irati - PR, com predominância de Araucaria, Ocotea, Cedrela, Casearia, Sloanea, Podocarpus, Campomanesia, Ilex e Capsicodendron. 67

Figura 17 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual, com predominância de Aspidosperma, Peltophorum, Enterolobium, Parapiptadenia, Cordia, Gallesia, Balfourodendron, Holocalyx e Cedrela. 68

Figura 18 - Cobertura vegetal remanescente (2012) da Bacia do Paraná 3. 69

Figura 19 - Estrutura fundiária (2006) da Bacia do Paraná 3. 70

Figura 20- Principais fluxos de emigração interestadual do Oeste do Paraná – 1975-80, 1986-91 e 1995-2000. 72

Figura 21 - Pontos aleatórios da área de estudo, trajeto de campo e pontos visitados. 81

Figura 22 - Classificação da vegetação da Bacia do São Francisco – 1973. 84

Figura 23 - Classificação da vegetação da Bacia do São Francisco – 1990. 86

Figura 24 - Classificação da vegetação da Bacia do São Francisco – 2000/2001. 88

Figura 25 - Classificação da vegetação das Bacias do São Francisco – 2011. 89

Figura 26 - Distribuição da Vegetação (2011) e sua relação com a declividade. 92

Figura 27 - Plantação de eucaliptos, milho e pastagem em área de declive em Vera Cruz do Oeste - PR. 94

Figura 28 - Área desmatada em Diamante D'Oeste – PR. 95

Figura 29 - Área desmatada Diamante D'Oeste – PR. 95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
BP3	Bacia do Paraná 3
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CF	Código Florestal
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
GLCF	*Global Land Cover Facility*
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITCG	Instituto de Terras Cartografia e Geociências
IV	Índice de vegetação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MMS	*Multispectral Scanner*
MP	Medidas Provisória
NASA	*National Aeronautics and Space Administration*
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
REM	Radiação Eletromagnética
RL	Reserva Legal
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SEMA	Secretaria Especial de Meio Ambiente
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SISLEG	Sistema Estadual de Registro da Reserva Legal
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação Ambiental
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
SR	Sensoriamento Remoto
TM	*Thematic Mapper*
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **12**

1 CÓDIGO FLORESTAL E A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA **16**

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO 16

1.2 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO ÂMBITO DO CÓDIGO FLORESTAL DE 1965 26

1.3 PROCESSO DE REVISÃO E APROVAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL DE 2012 33

1.4 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS PRINCIPAIS MUDANÇAS DO CÓDIGO FLORESTAL DE 1965 E 2012 38

2 GEOCTENOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO **43**

2.1 SENSORIAMENTO REMOTO 43

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO 45

2.3 PROGRAMA LANDSAT 48

2.4 CLASSIFICAÇÃO 50

2.5 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO 53

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO **59**

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA 62

3.2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA 69

3.2.1 Programas, projetos e ações em andamento na Bacia do Paraná 3 76

4 METODOLOGIA **79**

4.1 MATERIAIS 79

5.2 MÉTODO 79

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO **83**

CONSIDERAÇÕES FINAIS **96**

REFERÊNCIAS **98**

APÊNDICES **109**

ANEXO **123**

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco[1] é uma das bacias que integram um conjunto de áreas de captação que formam a Bacia do Paraná 3 (BP3), no Oeste paranaense. A área compreendida por essa bacia teve seu processo de colonização iniciado a partir da década de 1940 e, atualmente, destaca-se pela intensa atividade agropecuária. O estímulo governamental e a participação de empresas colonizadoras e agricultores oriundos principalmente dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina dinamizaram a ocupação da região Oeste do Paraná. Nesse processo, a densa cobertura vegetal (Floresta Ombrófila Mista e predominantemente a Floresta Estacional Semidecidual) existente foi gradativamente retirada, dando lugar à agropecuária. Com a modernização da agricultura e o aumento das demandas por alimentos e mercadorias de origem rural, a substituição da vegetação foi intensificada. Atualmente, observam-se apenas alguns fragmentos de vegetação distribuídos aleatoriamente ou localizados nas margens dos recursos hídricos da bacia.

Desde a década de 1990 o debate sobre as alterações e o cumprimento do Código Florestal ganhou maior destaque, motivado pela discussão sobre os prejuízos ambientais que foram desencadeados pela retirada indiscriminada da vegetação para diversos fins. Como resultado desses prejuízos ocorrem atualmente problemas recorrentes temporalmente e distribuídos por todo o país, como erosão, assoreamento, deslizamentos em áreas residenciais, entre outros.

O Código Florestal de 1965 apontava que as florestas presentes no território nacional eram de interesse comum a todos os habitantes do País, e o direito de propriedade era limitado pela legislação vigente na época. Contudo, ora pelo desconhecimento da lei, ora pelo descumprimento de forma deliberada, somado ao incentivo dos diversos governos às políticas econômicas para o meio rural ligadas a chamada "Revolução Verde", a supressão da vegetação não deixou de ser o vetor dominante no processo de colonização, incluindo a Bacia do Paraná 3. Atualmente, inúmeros problemas referentes ao assoreamento e/ou poluição de recursos hídricos, extinção de espécies animais e vegetais, degradação do solo por processos erosivos ou perda de nutrientes, dentre outros, podem, na maioria das vezes, ser associados à supressão indiscriminada da vegetação nativa ocorrida no passado.

[1] A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco mencionada no trabalho trata-se de duas bacias hidrográficas: São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso, no entanto, ao longo do texto será apresentado como Bacia Hidrográfica do rio São Francisco.

Nesse contexto, destacamos o debate sobre como gerenciar o uso da terra e como proceder com a definição de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reserva Legal (RL), fundamentais para a manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos. A retirada da vegetação e seus impactos nos ecossistemas terrestres e aquáticos ainda demandam muitos estudos a partir de diferentes áreas da ciência.

O presente estudo contribui com a reflexão sobre áreas protegidas e legislação pertinente, ao abordar a configuração atual da vegetação nas bacias hidrográficas do São Francisco Verdadeiro e Falso através do mapeamento sistemático dos fragmentos de vegetação ainda presentes na bacia. Estudos desse escopo foram desenvolvidos no Brasil principalmente no mapeamento de remanescentes florestais da Mata Atlântica no final da década de 1980 (PONZONI et al., 2012). A escolha da área de estudo justifica-se por sua importância na formação do conjunto de bacias da BP3. Também por ter sido palco de intensos processos de ocupação, com ênfase agrícola, ao longo do recorte temporal que compreende o mapeamento, promovendo, nesse sentido, parte do desenvolvimento socioeconômico da região Oeste paranaense.

A legislação ambiental brasileira atualmente está baseada em três pilares normativos: Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (1981), Constituição Federal (1988) e o Código Florestal (2012). Essa é a principal base legal que o poder jurídico toma como referência para julgar questões relativas ao meio ambiente. Assim, torna-se referência, também, para os órgãos de Estado responsáveis pela fiscalização da execução, conforme essas normativas, por parte dos agentes públicos ou privados (FÜHR, 2015). No entanto, a reflexão principal a respeito do Código Florestal, neste trabalho, está focada principalmente na Lei Nº 4.771/65. Esta opção foi feita em razão de que o mapeamento temporal da vegetação da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco está compreendido no período entre 1973 a 2011, quando se encontrava em vigência o Código Florestal de 1965. Isso não significa desconhecer a polêmica envolvida na aprovação do novo Código Florestal, de 2012, nem a análise preliminar de suas consequências, algo que também abordamos de forma complementar neste estudo. No entanto, como a proposta é associar o mapeamento da área no período indicado, são os pressupostos previstos no Código anterior, de 1965, que precisam ser levados em conta.

Atualmente, técnicas e ferramentas de geotecnologias permitem esse tipo de estudo e às empregamos para analisar a distribuição espaço-temporal da vegetação na Bacia do São Francisco a partir de informações colhidas nos anos de 1973, 1990, 2000/2001 e 2011, sempre levando em consideração a legislação ambiental pertinente, mais especificamente, o Código

Florestal de 1965. O mapeamento foi realizado a partir do ano 1973, em razão das imagens de satélite da área de estudo estarem disponíveis a partir desta data. Os demais períodos dos produtos cartográficos foram distribuídos ao longo do recorte temporal, levando-se em consideração as imagens com maior ocorrência de solo exposto, justificado em razão de minimizar a confusão entre vegetação e lavoura.

Recentemente, estudos desse escopo têm sido beneficiados com a disponibilidade de ferramentas e técnicas de geotecnologias. A presença de imagens de satélite de média e alta resolução espacial, associadas às técnicas de processamento digital de imagens e geoprocessamento, permite uma caracterização pormenorizada do ambiente. Com isso, o mapeamento dos fragmentos de vegetação da bacia forneceu não só a mensuração da cobertura florestal existente na bacia, como a sua forma de distribuição. O estudo permitiu avaliar, ainda, até que ponto as regras previstas no Código Florestal de 1965 podem ser percebidas na área de mata ciliar às margens do Rio São Francisco e sua bacia localizada no extremo Oeste paranaense.

A observação da situação da distribuição vegetal ao longo da Bacia do São Francisco permite verificar as mudanças ocorridas na vegetação no processo de colonização e nas imposições propostas pelo Código Florestal de 1965. Possibilita vislumbrar como ocorreram as diversas modificações em relação ao distanciamento que deve ser deixado no entorno dos rios na proposta da Lei Federal nº 4771/1965 e da Lei Federal nº 12651/2012 e quais consequências essas diferentes demarcações podem trazer ao meio ambiente. Essas informações podem ser desdobradas em ações que envolvam o planejamento e gerenciamento do uso e cobertura da terra na bacia, além de planos para resgatar e/ou manter aqueles ecossistemas que ainda estão presentes na área. A mesma pesquisa futuramente poderá ser base para outros trabalhos que venham pesquisar, erosão, assoreamento, poluição e também avaliar e mensurar os pontos positivos e negativos da área destinada à proteção ambiental.

Assim, devido à importância da conservação da cobertura vegetal para o equilíbrio ambiental, o presente estudo buscou realizar o mapeamento temporal da distribuição da vegetação em duas bacias hidrográficas que compõem a Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (BP 3): bacia do rio São Francisco Verdadeiro e bacia do rio São Francisco Falso, situadas no Oeste do Paraná. O trabalho ainda conta com outros objetivos: i) estruturação de um banco de dados da área de estudo, inserindo a classificação da vegetação nos anos: 1973; 2000/2001; 1990 e 2011; ii) análise da distribuição da vegetação no período de 1973 a 2011 considerando a Lei Federal nº 4771/1965 – do Código Florestal, a fim de identificar até que ponto ocorreu o cumprimento dessa legislação.

De forma geral, a estrutura do trabalho encontra-se organizada para abordar aspectos relacionados ao Código Florestal, ao uso de geotecnologias e à aplicação dessas geotecnologias associadas à legislação como representação da distribuição da vegetação pela área de estudo. Nesse sentido, o primeiro capítulo visa desenvolver a compreensão do que é o Código Florestal Brasileiro, com destaque para seus três principais momentos: 1934, 1965 e 2012. Além da abordagem do processo de revisão que resulta no Código de 2012, apresentam-se as principais mudanças ocasionadas entre os dois últimos códigos florestais. No segundo capítulo o intuito é apresentar os conceitos pertinentes ao campo das geotecnologias e como é a estrutura do geoprocessamento para o desenvolvimento de mapeamentos. Também aborda a relação entre o uso das geotecnologias para trabalhos que envolvem estudos da vegetação. No caso do terceiro capítulo, dada a importância de entender a relação da ocupação humana sobre determinado espaço geográfico, visa expor características físicas da área de estudo, assim como as peculiaridades socioeconômicas, revelando o processo de ocupação e alguns indicadores que permitem qualificar o desenvolvimento da região.

1 CÓDIGO FLORESTAL E A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA

O Código Florestal Brasileiro é considerado de suma importância no aparato jurídico que compõe a proteção da natureza no nosso país. Esse Código surge e sofre modificações conforme os diferentes momentos sociopolíticos e econômicos brasileiros. Também reflete as ingerências e as disputas políticas a partir de interesses econômicos envolvidos, além das mudanças no conhecimento científico disponível, sobretudo aqueles relacionados à produção agropecuária e aos novos paradigmas de concepção de natureza.

Antigamente, o debate para discutir as leis ambientais era realizado especificamente por profissionais especializados no campo das leis. Ao longo do tempo, porém, houve transformações no meio ambiente a partir das ações antrópicas com intuído socioeconômico, tornando a legislação ambiental presente na pauta da sociedade brasileira. Mesmo assim, no entanto, a participação no processo decisório que se refere à elaboração e implantação de leis ambientais no Brasil ainda é algo recente (BARRETO, 2012).

É importante compreender o processo que envolve o Código Florestal Brasileiro a partir do um contexto histórico, levando a compreensão das mudanças que se fazem necessárias ao decorrer do período desde o primeiro Código de 1934. O Código de 1965, neste estudo, torna-se como o principal ponto de discussão, de acordo com os objetivos mencionados anteriormente. Entretanto, é válido trazer à discussão o que envolve o atual Código de 2012. Entender as alterações é fundamental para perceber os avanços e retrocessos que podem ocorrer ao meio ambiente e à economia. Por trás dessa lei se encontram vários interesses distintos, com repercussão política, econômica e de preservação ambiental.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO

A derrubada das florestas, que, no início do processo de ocupação do território brasileiro, se deu no sentido do litoral rumo ao interior, resultou em clareiras que jamais se fecharam. Em decorrência disso, as áreas desmatadas revelavam, ao longo do tempo, por meio dos usos agrícolas, sinais de cansaço, e então eram substituídas por novas áreas, não havendo planejamento para o reflorestamento. Assim, tornava-se necessário estabelecer marcos legais reguladores da derrubada das matas e que impusesse a obrigação de replantio. Tinha-se a necessidade de medidas educativas sobre aqueles que promoviam a devastação sem medidas de recuperação (SILVA, 1945).

O primeiro Código Florestal[2] (CF) brasileiro, publicado em 1934, em sua proposta original, era para ser uma lei que disciplinaria a exploração das florestas como riqueza econômica. A aprovação e implementação dessa lei encontrou inúmeros obstáculos em decorrência da mentalidade criada ao longo de quatrocentos anos de prática exploratória, devido à falta de qualquer tipo de controle contra a devastação. A floresta era vista apenas como meio de exploração madeireira e obstáculo para as lavouras. Era, então, derrubada sem qualquer obrigação de recomposição (SILVA, 1945).

O maior problema referente aos obstáculos para a implementação do CF era a propriedade das matas, assunto que estava impregnado na tradição de nosso direito, sem admitir restrições em oposição à vontade do proprietário, que podia modificar qualquer tipo de vegetação existente em sua propriedade de acordo com seus interesses. Tinha-se o pensamento de que, se as terras eram dele, o proprietário poderia optar ou não pela devastação em massa, seguindo apenas seus interesses. A legislação em vigor, no período anterior ao primeiro CF, não tinha a compreensão de que era necessário manter as florestas por sua função social (SILVA, 1945).

A lei do CF ao longo dos anos tornou-se um dos mais importantes instrumentos da política de proteção ambiental. O primeiro CF foi implementado com o Decreto n° 23.793, de 23 de janeiro de 1934, resultado de um anteprojeto elaborado por uma Comissão, tendo Luciano Pereira da Silva (SILVA, 1945) como relator, ocupando o cargo de procurador jurídico do Serviço Florestal do Brasil, autarquia criada em 1921 e subordinada ao então "Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio." O objetivo da elaboração desse Código era regulamentar a utilização das florestas e classificar os atos que causam danos ao meio ambiente com medidas de ações penais aos infratores (AHRENS, 2003).

Essa lei fazia com que houvesse maior regulação, por parte do Estado, na preservação também de áreas privadas, por reconhecer que a proteção ambiental era de interesse de todos os habitantes do país. Foi com esse princípio que o primeiro CF, o de 1934, trouxe limitações aos donos de terras. Essas limitações tinham como objetivo garantir que os proprietários rurais mantivessem uma reserva de, no mínimo, 25% de mata em suas propriedades, conhecida na época como "quarta parte", sem componente da Reserva Legal (AGLIO, 2012).

[2] Em razão da recorrência ao longo do texto, a partir desta passagem o termo "Código Florestal" será sempre apresentado pela sigla CF.

Com o CF de 1934, o conceito de propriedade passou, então, por mudanças. A propriedade privada continuou a ser legalmente reconhecida, no entanto, o proprietário não poderia mais explorar a sua propriedade sem prestar contas à sociedade, representada pelo Estado e as suas regulações. Ficou determinado, com força de Lei, que "[...] as florestas existentes no território nacional, consideradas em conjunto, constituem bem de interesse comum a todos os habitantes do País", conforme o artigo 1º. Esse conceito veio a partir do conhecimento da ciência, pois estudos científicos passaram a alegar que a devastação florestal refletia prejuízos diretos ao meio físico. Assim, as florestas deviam ser vistas como um todo, e não em partes fragmentadas recorrentes de cada propriedade individual (SILVA, 1945).

O CF de 1934, em seu primeiro capítulo, cujo objetivo era tratar das disposições preliminares, determinava:

> Art. 1 ° - As florestas existentes no território nacional, consideradas em conjunto, constituem bem de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que as leis, em geral, e especialmente este Código, estabelecem.
>
> Art. 2° - Aplicam-se os dispositivos deste Código assim às florestas como às demais formas de vegetação reconhecidas de utilidade às terras que revestem. (BRASIL, 1934).

O que a passagem acima expressa é que as florestas interessam para o conjunto da sociedade, independentemente de comporem áreas públicas ou privadas, com destaque para "as limitações que a lei estabelece" para a propriedade privada no país.

O entendimento, ao menos no plano formal/jurídico, de que a floresta é um bem de interesse comum a todos, com limitações à propriedade privada, com o objetivo de manter e de preservar os bens naturais, caracteriza-se como um avanço ambiental para a época. Naquele período, no entanto, o Brasil tinha por base a produção agrícola como principal fonte econômica e, em razão da falta de tecnologia para melhor aproveitamento das terras, cada vez mais se praticava o desmatamento e a expansão agrícola, também incentivada pelo Estado. O que mudou então foi principalmente o dever de manter 25% de floresta em cada propriedade, mas essa parcela poderia ser preservada em qualquer parte da propriedade, não atendendo verdadeiramente à sua função ambiental. Somado a isso, a fiscalização daquela época não era suficiente para verificar os locais que estavam em desconformidade com as normas, ocorrendo, assim, a falta de cumprimento da legislação por parte da maioria dos produtores, o que deixa claro a falta de eficácia da legislação no plano real concreto.

No ano de 1946, o CF em vigência sofreu algumas alterações, elaborando-se um novo conceito de propriedade, passando a natureza a ser considerada um bem de domínio público[3]. Ainda com esse novo conceito, a legislação continuava defendendo o caráter comercial, no sentido de manter preservados os recursos naturais a fim de garantir o fornecimento de matéria-prima para os processos industriais (AGLIO, 2012).

Com o passar dos anos, por conta de inúmeras dificuldades que foram verificadas para a efetiva implementação do primeiro CF, uma nova proposta foi elaborada para que fosse normatizado de forma mais adequada à proteção jurídica ambiental. Tratava-se do então chamado "Projeto Daniel de Carvalho", que foi remetido ao Congresso Nacional em 2 de janeiro de 1950. Esse projeto buscou avançar no entendimento jurídico, porém sem a alteração da essência prevista no Código vigente. Foram incorporadas percepções que eram avançadas para aquela época e mesmo nos dias atuais (AHRENS, 2003).

Ao completar pouco mais de um ano de implantação do governo ditatorial no país, após a instalação do regime civil-militar de 1964, foi promulgada, no Diário Oficial da União, a Lei Federal nº 4.771, em 15 de setembro de 1965, que substituiu o CF de 1934.

Segundo Ahrens (2003), para entender melhor os motivos que levaram à revisão do CF de 1934 para o CF de 1965, é necessário entender a realidade socioeconômica e política brasileira no início do século XX. Parcela considerável da população concentrava-se na faixa litorânea e suas proximidades, inclusive a capital brasileira, que era na época a cidade do Rio de Janeiro. A cafeicultura, ao se expandir pelos morros do Vale do Paraíba, era responsável por extinguir toda a vegetação natural. Na produção animal, tinha a pecuária como principal fonte econômica, a qual utilizava de forma extensiva as terras, substituindo a vegetação nativa existente. A silvicultura também estava sendo iniciada na época, com a introdução de espécies de *Eucalyptus*, no entanto, essa atividade era restrita à Companhia Paulista de Estradas de Ferro no Estado de São Paulo.

Assim como São Paulo, as atividades do restante do território brasileiro eram fundamentadas no modo extrativista da madeira. No Estado do Paraná, por exemplo, as espécies de *Araucária Angustifólia* eram rapidamente derrubadas para fins comerciais e expansão para implantar outras atividades econômicas. A partir deste cenário de intensa exploração florestal, motivada pelas políticas econômicas do Estado, que o próprio Estado

[3] "A expressão domínio público ora designa o poder que o Estado exerce sobre todas as coisas de interesse público (domínio eminente), ora o poder de propriedade que exerce sobre o seu patrimônio (domínio patrimonial). São bens públicos todas as coisas, corpóreas ou incorpóreas, móveis ou imóveis, semoventes, créditos, etc., que pertençam às entidades estatais, autárquicas ou paraestatais" (BURLAMAQUE, s.d.).

procurou interceder, e estabeleceu limites para reduzir a pilhagem dos recursos naturais. Foi por essa intervenção que se materializou a implementação do primeiro CF.

No caso do CF de 1965, obteve-se o aperfeiçoamento de alguns instrumentos, mas manteve-se a questão de evitar ocupação em áreas que apresentavam fragilidades, além de manter conservada uma parcela da flora nativa e o uso racional das florestas. No primeiro artigo do CF de 1965 era mencionado que "[...] as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação [...] são bens de interesse comum a todos os habitantes do País [...]", no entanto, enfatizava o valor da vegetação nativa e florestas para interesses individuais (AGLIO, 2012).

O CF de 1965 tinha como objetivo não apenas proteger as florestas, mas utilizava-se delas para proteger outros elementos naturais, como os solos e a água, e de produção econômica, como a continuidade de suprimento e a estabilidade dos mercados de lenhas e madeiras (SOUZA, 2009). Com isso é possível verificar que, além da proteção do meio ambiente, como um bem comum a todos os integrantes da sociedade, o CF tinha por base a intenção de garantir os recursos naturais a fim de manter o "estoque natural", dando continuidade às atividades econômicas.

Com a lei de 1965 também foram atualizados os conceitos da antiga "quarta parte" e de floresta protetora, para Reserva Legal e Área de Preservação Permanente, além de definir áreas que estão situadas ao redor dos cursos hídricos, nascentes, lagos naturais e artificiais, topos de elevações, relevos com declividade acima de 45º e áreas que oferecem riscos ambientais na ausência da cobertura vegetal (AGLIO, 2012).

Esses novos conceitos foram definidos a partir de um grupo de trabalho que se dedicou à revisão dessa lei, utilizando-se de referências conceituais próprias do campo das ciências naturais, como a Geografia Física, Biologia, Ecologia e Geologia.

A partir da mobilização internacional para tratar da questão ambiental, com destaque para a Conferência de Estocolmo (5-16 de junho de 1972), o governo brasileiro sentiu a necessidade de participar dessa discussão e aprovar medidas voltadas à proteção do meio ambiente.

Assim, no começo da década de 1980 foi estruturada a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/1981), estabelecendo o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, criando, também, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (AGLIO, 2012).

A Política Nacional de Meio Ambiente teve como objetivo a adequação de novas exigências e visão de proteção ambiental, com maior responsabilização dos infratores do meio

ambiente, e a obrigação de reparar os danos causados (AHRENS, 2003). Independentemente dos avanços ambientais proporcionados pelo CF de 1965, ainda predominava a percepção utilitarista dos chamados "recursos florestais".

A criação e instituição da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981, e do artigo 225 da Constituição Federal de 1988, conjuntamente permitiram que o meio ambiente passasse a ser considerado de maneira oficial como um patrimônio de bem público. Isso é levado em consideração para tentar administrar da melhor forma os recursos naturais existentes (BARRETO, 2012).

No período abordado, no que se refere à proteção ambiental no Brasil, a criação das áreas protegidas era utilizada pelo governo militar como estratégia geopolítica, no que se refere à expansão, integração e controle do território (MEDEIROS et al., 2004). Ainda durante o governo militar houve a implantação de uma política que previa a ocupação da Amazônia por meio de assentamentos ao longo da rodovia Transamazônica, no entanto a implantação destes assentamentos permitia que os colonos, pelo termo de posse, desmatassem até 50% dos lotes rurais, causando conflitos controversos entre a política de ocupação e a preservação ambiental na lei que era responsável por garantir essa última. Havia, assim, uma grande distância entre o que previa a lei e a devida prática no território brasileiro (AGLIO, 2012).

Por volta da década de 1970, problemas econômicos afetaram de forma mais direta ou indireta as diversas nações. Um dos motivos que causaram essa crise financeira mundial estava associado à questão do petróleo, que se pautava no modelo de produção fordista. Com esses fatores ocasionados pelo sistema de produção capitalista, começou a ganhar espaço no noticiário a divulgação de pesquisas que apontavam que o planeta estava aquecendo devido às transformações ambientais ocasionadas pelo excesso das atividades industriais (BARRETO, 2012).

Poluição da atmosfera, desmatamento das florestas, assoreamento dos rios, mudanças na dinâmica do clima, ondas de calor nos grandes núcleos urbanos, dentre outros problemas ambientais, tomaram conta da agenda na imprensa, dos discursos dos políticos e da propagação de ONGs ambientalistas, em especial na Europa e nos EUA. Esse contexto levou à realização, em Estocolmo (Suécia), no ano de 1972, da primeira grande conferência internacional para discutir os problemas ambientais ocasionados pela atividade humana em escala mundial (BARRETO, 2012).

No Brasil, a conferência realizada em Estocolmo influenciou e motivou discussões sobre a agenda ambiental no país, alertando para a criação de políticas que tratassem da

preservação ambiental. Com isso, em 1973, foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), constituindo-se no primeiro órgão brasileiro de ação nacional voltado para o meio ambiente.

Após várias discussões acerca da problemática ambiental, no início da década de 1980 foi criada a Lei Federal nº 6.938/1981, que instituía a Política Nacional do Meio Ambiente. Nessa conjuntura de mudanças relacionadas à política nacional voltada ao meio ambiente no Brasil, não deve ser subestimada a atuação das ONGs ligadas à preservação ambiental e ao apoio das comunidades em escala local e da sociedade em geral, em questões nacionais.

A criação da Política Nacional do Meio Ambiente foi um grande marco que ocorreu no Estado brasileiro, mas, no período em que ela foi instituída, o país estava sob regime militar. Com isso, mesmo com a referida Lei Federal nº 6938/1981, a sociedade civil não tinha muita voz no processo de decisão sobre as questões ambientais do país. Assim, qualquer decisão tomada era indiscutivelmente dominada pelos interesses do governo de plantão. Após a redemocratização, a partir de 1985, somada à crise econômica dos anos 80 que assolou o Brasil, deu-se início a uma nova fase no que se refere à questão ambiental. No plano jurídico-institucional, o processo que marcou a redemocratização da sociedade brasileira está ligado à elaboração e à promulgação da Constituição Federal de 1988, sendo de suma importância para as reformulações judiciais no campo ambiental (BARRETO, 2012).

Mesmo que a lei da Política Nacional de Meio Ambiente de 1981 fosse restrita, inclusive no processo de participação popular na sua elaboração, ela contribuiu para a tomada de um caráter mais protecionista, criminalizando pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou de direito privado, que provocassem degradação ao meio ambiente. Também trouxe o princípio do poluidor pagador, fazendo com que o responsável tivesse a obrigatoriedade de reparar os danos ao meio ambiente (GOMES, 2008).

Mesmo assim, porém, as revisões e os avanços na política e na legislação ambiental só se deram pela organização e disposição de luta dos movimentos sociais e ambientalistas, que reivindicavam melhorias nessa Política Nacional do Meio Ambiente. Com toda a pressão por parte desses setores da sociedade, foi então possível a criação do artigo 225 da Constituição Federal de 1988, artigo que trata especificadamente a respeito do meio ambiente da seguinte maneira:

> **Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-

> se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preserva-lo para as presentes e futuras gerações.
> **§ 1º** Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:
> **I** - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;
> **II** - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;
> **III** - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;
> **IV** - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;
> **V** - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;
> **VI** - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;
> **VII** - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade (BRASIL, 1988).

O artigo 225 da Constituição Federal evidencia a importância de se promover o equilíbrio ambiental, colocando a floresta como parte do patrimônio nacional e a importância de promover a educação ambiental. No Brasil foram criados órgãos de Estado como: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 1986; a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), em 1989; criação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 1992 e Agência Nacional de Águas (ANA), em 2000. E leis como: lei contra Crimes Ambientais em 1998 (Lei Federal nº 9.605/1998); lei sobre Educação Ambiental (Lei Federal nº 9.795/1999); criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação Ambiental (SNUC) em 2000 (Lei Federal nº 9.885/2000); e a criação mais recente da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, em 2010 (Lei Federal nº 12.305/2010).

No âmbito de monitoramento das ações que envolvem o meio ambiente, a partir de técnicas de sensoriamento remoto, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), órgão vinculado ao MMA, realizou um levantamento, entre 1991 e 1995, dos desmatamentos na região amazônica, constatando uma área de quase 30 mil km^2 de vegetação derrubada. Com isso, a partir de 1996, o então presidente da República, Fernando Henrique Cardoso, emitiu Medidas Provisórias que restringiram com maior rigor o uso da terra (AGLIO, 2012).

Essas medidas mostraram-se bastante eficazes, pois os dados do INPE evidenciaram que, entre 2004 e 2010, as taxas anuais de desmatamento caíram de 27 para 6 mil km^2. Ainda

de forma a completar essas medidas, vieram outras do campo legal, como a aprovação da Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei Federal nº 11.482/2006), e da Lei da Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428/2006), e a edição de vários decretos presidenciais, em especial os de números 6.321/2007 e 6.514/2008, que definiram mecanismos muito consistentes para fazer valer o cumprimento do CF (CAPOBIANCO, 2011). Essas medidas conseguiram ser estabelecidas, no plano jurídico-institucional**,** a partir da existência do CF de 1965, que era a maior lei responsável por oferecer o suporte necessário (AGLIO, 2012). Apesar da importância do CF de 1965, é preciso considerar que os avanços, tanto no combate ao desmatamento, quanto da legislação ambiental, passa por um complexo de disputas políticas e fortalecimento de órgãos do governo, como o IBAMA. Aqui é preciso realçar que não se pode também conceber esse processo numa perspectiva linear de aperfeiçoamento, pois, ao considerar os interesses políticos e, principalmente, econômicos envolvidos. Há sempre a possibilidade de retrocessos, a depender das disputas de projetos travadas no Congresso Nacional, no Judiciário ou no Executivo, para ficarmos só na esfera do Estado.

Com o passar dos anos, a consolidação de grandes centros urbanos e a mecanização da agricultura ocasionaram pressões urbanas produtivas que se expandiram para o interior do país, onde havia terras que não estavam sendo utilizadas no âmbito exploratório. Com isso, a legislação ambiental passou a ser vista, por parte de setores ligados ao grande capital, como o do agronegócio, o da mineração, o da produção de energia, entre outros, como restritiva, ao atrapalhar o desenvolvimento econômico (DINIZ, 2012).

No que se refere à produção agrícola, temos uma contradição básica que persiste desde a promulgação do CF de 1934, e também do CF de 1965, qual seja a contradição de que muitos produtores foram incentivados pelo Estado, por intermédio da política de ocupação e financiamento agrícola expansionista, a desenvolverem a sua produção desconsiderando o CF.

No período de vigência do CF de 1934 e no momento de implantação do CF de 1965, a atividade agrícola encontrava-se mais concentrada em algumas regiões do país. Com o tempo, a atividade produtiva foi se intensificando, ao mesmo tempo em que houve uma expressiva expansão da área destinada à produção. Na mesma proporção em que se expandia a área produtiva, aumentava-se o desmatamento em todo o território brasileiro, ocorrendo, de acordo com Machado et al. (apud KLINK E MACHADO, 2005), em áreas de Cerrado, com as taxas mais elevadas de desmatamento entre os anos de 1970 e 1975, sendo superior ao desmatamento da Amazônia. Isso se deveu às diferenças de exigências estipuladas pelo CF de 1965 dos diferentes biomas do Brasil. Assim, enquanto é exigido apenas 20% da reserva legal no Cerrado, o bioma Amazônico tem a exigência de manter um percentual de 80%.

Mais recentemente, temos o Decreto Presidencial nº 6.514/2008, assinado em 22 de julho de 2008, que instaura a Lei de Crimes Ambientais e "[...] dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências". Umas das providências que o decreto estabelece é o prazo de 180 dias para os proprietários rurais regularizarem a averbação[4] da Reserva Legal (RL) em sua propriedade (DINIZ, 2012).

Esse Decreto também tinha objetivos que não dispunham apenas a respeito de sanções penais, mas preconizava sanções administrativas em decorrência de atividades que prejudicassem de forma direta o meio ambiente. Essa lei foi elaborada com normas de maneira mais clara e objetiva e então possibilitou, de maneira sistematizada, a execução da fiscalização por parte de órgãos competentes.

Com isso, revelou-se a situação já esperada, no caso, a maior parte dos proprietários rurais encontrava-se em condição conflitante com o previsto na Lei Federal nº 6.514/2008, sendo que, no período anterior a implementação da lei, não existia a fiscalização adequada para o cumprimento das exigências previstas pela lei do CF. Assim, os proprietários de imóveis rurais estavam sujeitos a punições administrativas e judiciais.

O interessante desse contexto é que marcou um novo momento, como se, "de repente", os produtores rurais tivessem "notado" a existência de uma legislação que interferia na forma de uso de suas propriedades, no caso, o CF, e mais grave, como se o Estado resolvesse, a partir de agora, fazer cumprir a lei. Na verdade, tanto o CF de 1934, quanto o CF de 1965 foram legislações que, no plano geral, "não pegaram", ou seja, num misto de desconhecimento, de desinteresse e de conveniência, elas ficaram apenas no papel.

Diante de uma conjuntura que passou a cobrar a aplicação do CF, determinados setores da sociedade começaram a se mobilizar de forma mais ativa para discutir o assunto, com destaque para o setor econômico ligado ao agronegócio, que passou a trabalhar para promover mudanças no CF, a fim de flexibilizar a legislação ambiental.

O ponto mais polêmico do CF está na aplicação das Reservas Legais (RL) e das Áreas de Preservação Permanente (APPs) nas propriedades rurais. Em razão da especificidade da presente pesquisa, voltada para o mapeamento da vegetação localizada às margens dos rios

[4] A averbação vem da necessidade de criar modificações na matrícula ou registo de uma propriedade imobiliária. No caso de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente (APP), o proprietário da terra deve reconstituir sua RL e APP e posteriormente, por meio da confecção de um mapa georreferenciado (a ser feito por um profissional habilitado no CREA-PR) da propriedade rural, com as informações de uso da terra, e os locais onde estão a RL e as APPs, para assim ser aprovado pelo órgão público responsável (No Estado do Paraná, o Instituto Ambiental do Paraná – IAP é o responsável por tal medida). Com isso devem-se fazer as devidas alterações no órgão oficial responsáveis pelas matrículas ou registros.

da bacia do São Francisco, abordaremos exclusivamente as APPs, que são responsáveis por proteger áreas ambientalmente frágeis e vulneráveis. De acordo com o CF de 1965, a implementação dessas áreas deve atender às especificidades de cada ambiente e a ocorrência mais comum está às margens dos rios, denominada de mata ciliar.

1.2 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO ÂMBITO DO CÓDIGO FLORESTAL DE 1965

No caso do CF de 1965, o motivo da grande importância atribuída à sua implantação foi o avanço obtido, a partir dele, no conhecimento dos ecossistemas brasileiros da época, quando houve a ampliação da proteção sobre as porcentagens destinadas à Reserva Legal em cada bioma (AGLIO, 2012).

Na Amazônia Legal era obrigatório reservar, no mínimo, 80% de RL em cada propriedade rural localizadas em área de floresta ou em qualquer outro tipo de vegetação nativa, 35% no cerrado e 20% nas demais áreas do país (BRASIL, 1965). Mesmo com essas reservas de preservação, ainda era garantida aos donos das propriedades área suficiente para a exploração de atividades econômicas, no entanto apenas nas pequenas propriedades – onde era obrigatório, além da RL, manter as APPs – isso tornaria, em alguns casos, dependendo da localização da propriedade, limitação à exploração econômica.

É clara a importância da manutenção das APPs para a qualidade das condições ambientais e, inclusive, para a garantia da produção a longo prazo. As APPs foram definidas a partir do Código Florestal Brasileiro, em 15 de setembro de 1965, pela Lei 4.771, nos artigos 2º e 3º, como: "[...] área protegida [...] coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (Incluído pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001)" (BRASIL, 1965).

Conforme alínea "a" (com redação dada pela Lei nº 7.803, de 18/7/1989) do artigo 2º do CF brasileiro de 1965 (BRASIL, 1965), consideravam-se de preservação permanente as florestas e as demais formas de vegetação situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde que seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja (Figuras 01 e 02):

1. de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2. de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3. de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4. de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5. de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinqüenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

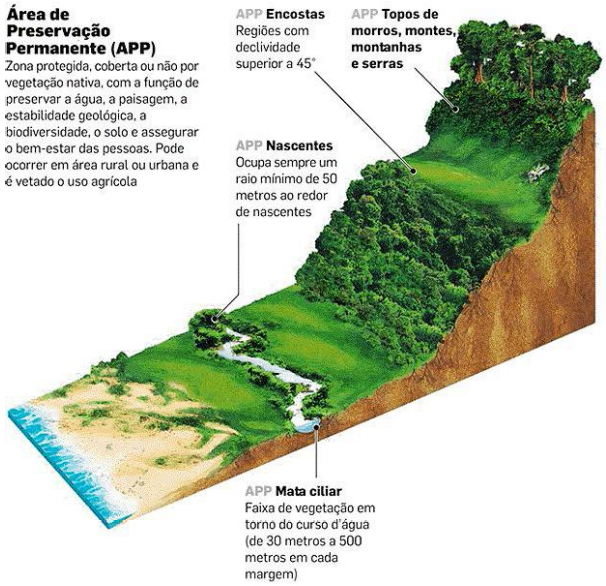
e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

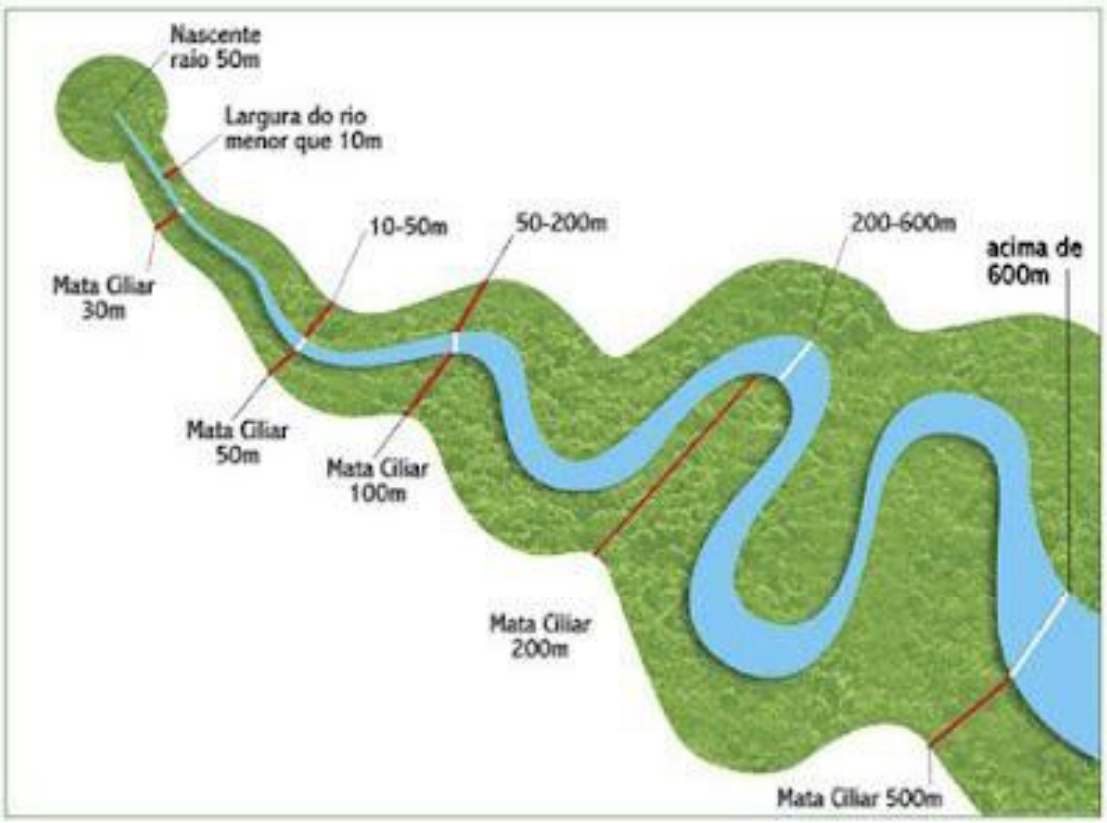
h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação (BRASIL, 1965).

Figura 1 - Áreas de Preservação Permanente (APPs)



Fonte: Blog. Padre Telmo Figueiredo. Adaptado por SILVA, Diogo Vieira (2015). Disponível em: <http://padretelmofigueired .blogspot.com.br/2011_05_01_archive.html > Acesso em: 18 jul. 2015.

Figura 2 - Mata Ciliar na margem do rio conforme Lei Federal nº 4.771/1965-Art. 2º.



Fonte: DOMINGUES, s.d. A polêmica do Código Florestal. Disponível em: <http://charlesdomingues.blogspot.com.br/2012/05/polemica-do-codigo-florest al.html > Acesso em: 19 jul. 2015.

No artigo 3º do CF de 1965 (BRASIL, 1965) ainda considerava-se preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

a) a atenuar a erosão das terras;

b) a fixar as dunas;

c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares;

e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;

f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção;

g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;

h) a assegurar condições de bem-estar público.

A delimitação das APPs, que era uma barreira para adequar a implementação da política florestal no Brasil, atualmente encontra-se mais acessível, mesmo ainda não tendo um

padrão específico para a delimitação das áreas em todo o território. Isso acontece porque cada estado federativo também tem suas leis específicas. No Brasil, muito se tem discutido a respeito de propostas de parâmetros para a delimitação das áreas de APPs no terreno e os mecanismos de fiscalização adotados pelos órgãos públicos, porém deve-se atentar para a avaliação de seu verdadeiro cumprimento como instrumento de preservação ambiental (LANA, 2011).

Para tentar minimizar os conflitos entre a implantação de RL e APPs, a fim de viabilizar a pequena propriedade e se enquadrar nas normas da legislação, na avaliação de Tourinho (2005), a proposta de computar a APP no índice de RL, foi a melhor que apareceu desde o início da discussão do CF. Isso porque, além de incentivar a recuperação das APPs, iria ao encontro de facilitar a regularização das propriedades rurais quanto à legislação.

Tourinho realizou simulações da situação de pequenas propriedades rurais em relação ao CF de 1965. Segundo ele, a situação da maior parte das propriedades rurais encontra-se como mostra a Figura 3, no caso, de forma irregular à legislação do CF. A Figura 4 mostra a propriedade com a APP correta quanto às margens do rio, incorporando a função de RL, e o restante sendo utilizada para fins econômicos. A Figura 5 simula um esquema da pequena propriedade cumprindo todos os requisitos de acordo com o CF de 1965.

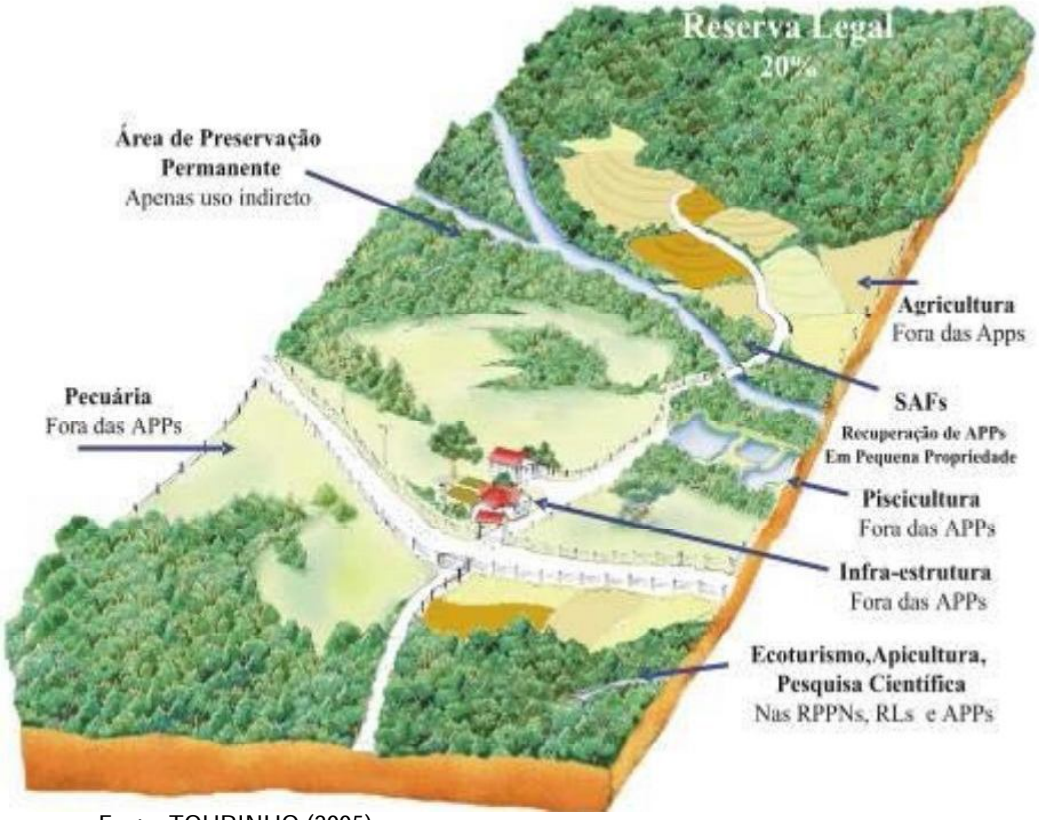
Figura 3 - Propriedade utilizando toda área para uso agropecuário.

Fonte: TOURINHO (2005).

Figura 4 - Propriedade utilizando a APP como recomposição dos 20% da RL.

Fonte: TOURINHO (2005).

Figura 5 - Propriedade atendendo todos os requisitos do CF de 1965.



Fonte: TOURINHO (2005).

O último esquema condiz com a melhor forma de preservação ambiental, porém, no caso de pequenas propriedades, que, além da necessidade dos 20% de RL, tenham necessidade de manter as APPs, isso inviabiliza sua produção econômica. Isso resultaria na busca, por parte do pequeno produtor, de outros meios de complementar sua renda e poderia obrigá-lo a venda de sua propriedade, buscando alternativas no meio urbano.

Para a viabilidade da pequena propriedade em total acordo com a legislação do CF de 1965, uma alternativa para que mantivesse a preservação e, ao mesmo tempo, fosse economicamente sustentável ao produtor, haveria a necessidade de alguma compensação ambiental. Essa compensação seria repassada pelo Estado a partir de um fundo financeiro criado com esse objetivo. Assim, todas as atividades econômicas (do meio rural e urbano) seriam responsáveis por manter a preservação ambiental em todo o território nacional. Já existe um tipo de tributo verde com caráter eminentemente extrafiscal como incentivo de preservação, definido como ICMS Ecológico.

Trata-se de um instrumento de política pública, sendo o Paraná o primeiro a adotar essa ação. Seu objetivo é repassar recursos financeiros aos municípios que abrigam em seus territórios Unidades de Conservação ou áreas protegidas, ou ainda mananciais para abastecimento de municípios vizinhos. Sua aprovação se deu por meio da Lei Complementar nº 59, de 1º de outubro de 1991, aprovada pela Assembleia Legislativa do Estado do Paraná (IAP, s.d.).

O ICMS ecológico surgiu como uma forma de incentivo fiscal intergovernamental entre o Estado paranaense e seus municípios que possuem Unidades de Conservação (UCs) em seus limites políticos. Por meio da dimensão ambiental, tem por objetivos a conservação e preservação obedecendo a critérios quantitativos e qualitativos, cabendo assim o repasse de recursos para os municípios que atendem às exigências (DIAS, 2015).

A tributação ecológica do ICMS serve como uma espécie de Sanção Premial, que age como forma de reeducação institucional. Esses incentivos agem para a proteção do meio ambiente, no entanto, devem ser respeitadas as limitações estabelecidas na Lei de Responsabilidade Fiscal. É autorizado o repasse de até 5% de acréscimo ao ICMS para os municípios que possuem cuidados com sua biodiversidade (REIS, 2011).

O ICMS Ecológico se destina: i) cinquenta por cento para municípios que tenham integrado em seu território Mananciais de Abastecimento;
ii) cinquenta por cento para municípios que tenham integrado em seu território Unidades de Conservação, Áreas de Terras Indígenas, Reservas Particulares do Patrimônio Natural, Faxinais e Reservas Florestais Legais. E para municípios com sobreposição de áreas com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental, será considerado o critério de maior compensação financeira (IAP, s.d.).

A dinâmica socioambiental do município, os remanescentes de cobertura florestal a serem protegidos, também as Unidades de Conservação instituídas, devem estar inseridos na Política de Desenvolvimento Municipal, Plano Diretor, Política de Proteção, Controle,

Conservação e Recuperação do Meio Ambiente e seus respectivos planos de manejo. Assim, os instrumentos econômicos municipais precisam estar articulados também com outras esferas de governo, além de particulares, para promover a proteção da cobertura florestal (DIAS, 2015).

Para que sejam efetivadas as atividades ou projetos relacionados com a proteção e conservação florestal, é necessária uma interface entre os instrumentos de comando e controle, econômicos e fiscais. Ainda, é importante destacar que os repasses financeiros do ICMS ecológico dependem da arrecadação do ICMS pelo Estado, da inclusão de novas unidades no sistema e da melhora dos índices ambientais de cada município (DIAS, 2015).

As reservas florestais em propriedades particulares devem estar devidamente cadastradas no órgão ambiental estadual e reconhecidas como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)[5], estando à disposição do Estado como um gerador de riquezas naturais (REIS, 2011). Ocorre, porém, que nem todas as propriedades têm suas reservas reconhecidas e cadastradas como RPPN. Além disso, mesmo que todas as propriedades particulares tivessem suas RPPNs cadastradas, não haveria recursos financeiros de repasse do Estado suficientes para suprir toda a demanda dos proprietários, mas com maior área de vegetação preservada não seria apenas o meio ambiente beneficiado, senão os próprios produtores, a partir da melhor qualidade de sua produção econômica, com menores riscos de erosão e manutenção das nascentes d'água e maior biodiversidade.

Como bem indica Ab'Saber (2011), em artigo publicado no contexto de revisão final do novo CF, determinada parcela da classe social privilegiada, como empresários do setor industrial e rural, além de políticos, pouco entende a respeito dos impactos ambientais e não priorizam a busca de estudos científicos para recuperar áreas degradadas e conservar áreas com fragilidade. Seria necessário primordialmente levar em consideração o modelo vegetativo do país, no entanto, para os legisladores de Brasília, esta é uma proposta complexa e inoportuna.

Como exemplo, o CF de 2012, que teve como relator o deputado Aldo Rebelo, leva em consideração o tamanho das propriedades rurais, ao estabelecer a largura da vegetação marginal. Isso leva a crer que, de fato, não se tem qualquer preocupação com as especificidades ecológicas de cada ambiente. Esta medida será responsável por trazer inúmeros desgastes ambientais a curto e médio prazo. Desregulação do clima, assoreamento

[5] Conforme a Lei do SNUC (Lei Federal nº 9.985/2000), a RPPN é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica, a partir da iniciativa do proprietário e não inclui a área destinada para a RL e APP.

de rios, maior incidência de pragas sem predadores naturais, e baixa resistência contra a poluição, são algumas das consequências causadas por medidas norteadas exclusivamente para o "crescimento" econômico.

Além do mais, não se faz qualquer tipo de projeto em nível nacional pensando apenas nas demandas da geração presente em curto prazo, em termos de especulação com espaços ecológicos. Ainda, deve-se pensar no conjunto florestal da Amazônia, que possui relação com o clima em nível global, algo que preocupa não apenas os pesquisadores no Brasil, mas os demais presentes em todo o planeta (AB'SÁBER, 2011).

Até aqui, foram elencadas discussões com enfoque mais voltado ao CF de 1965, principal objetivo de análise da pesquisa. Entretanto, é necessário considerar o CF de 2012, que está em vigência no presente, e trazer uma breve contextualização do que se trata, pois é responsável por promover mudanças significativas, que também serão tratadas no item que apresenta as distinções entre as leis citadas.

1.3 PROCESSO DE REVISÃO E APROVAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL DE 2012

Com a importância que se reveste na economia do país a produção ligada ao agronegócio[6] e a sua consequente influência política (que não foi organizada recentemente, mas faz parte da história da política representativa deste país há muitas décadas), houve o fortalecimento, no Congresso Nacional, da chamada "Bancada Ruralista"[7], organizada para defender os interesses dos grandes produtores rurais. Esse grupo promoveu diversas pressões e, aos poucos, estabeleceu uma nova fase de modificações responsáveis por desencadear uma segunda grande revisão do CF Brasileiro (AGLIO, 2012).

Em 2009 teve início a tramitação, no Congresso Nacional, de uma série de propostas que pretendiam a flexibilização do CF Brasileiro, definindo, conforme a argumentação

[6] Agronegócio refere-se a um processo econômico que vincula tradicionais atividades agropecuárias a outros setores da economia. Esse termo não se refere a agentes econômicos particulares, mas a diversos atores que estão inseridos em um processo de integração: agricultores, fabricantes de maquinários, insumos agrícolas, transportadores, bancos, comerciantes, entre outros. Agronegócio remete a um sistema que integra diversos setores econômicos que têm a agropecuária como eixo articulador. A agropecuária é uma atividade que engloba distintas formas sociais de produção e setores da economia (CAUME, 2009).

[7] "A Bancada Ruralista é formada por parlamentares oriundos de partidos distintos que se propõem a defender um assunto ou tema específico, que culminam na defesa dos seus interesses de classe, como proprietários de terra ou capitalistas da agricultura. Ou seja, um grupo de deputados federais e senadores que se mobilizam para defender, no Congresso Nacional, os interesses dos ruralistas, encaminhando Projetos de Lei, mobilizando suas bases eleitorais e outros deputados e senadores aliados para fazer pressão sobre o Congresso e o Governo" (COSTA; OLIVEIRA, 2011).

apresentada pelos seus propositores "uma política florestal mais justa para os pequenos produtores e diminuir a interferência no crescimento econômico do País". A partir destas e outras justificativas, houve diversas sugestões, como a alteração dos valores de proteção das Áreas de Preservação Permanente, marginais dos cursos d'água, nova definição sobre o topo de morro e até mesmo a eliminação das APPs nas áreas que rodeiam as nascentes, margens de rios e linhas de cumeada. (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2010; MMA, 2010 apud LANA, 2011).

Na disputa política que se desdobra no Congresso Nacional, os grandes produtores sempre utilizaram os pequenos proprietários como justificativa para atender aos seus interesses particulares de segmento produtivo, como se não houvesse diferenças entre aagricultura familiar[8] e a empresa rural[9]. Também essa é uma forma de convencer a sociedade que para o Brasil produzir alimentos, é necessário mais espaço para isso. No entanto, os grandes produtores estão voltados à produção da monocultura de exportação, na forma de *commodities*, e os produtores familiares, em geral, é que produzem os alimentos básicos que vão para a mesa dos brasileiros. Apesar de a bancada ruralista ser a maior interessada nas modificações do Novo Código Florestal, e usar o pequeno produtor como principal vítima das exigências do CF, é inegável que existe uma parcela de pequenos agricultores que se interessa em minimizar as exigências para a regularização ambiental e ampliar as áreas disponíveis para as atividades econômicas, além de não ter que recompor áreas em desconformidade com a legislação, o que acarretaria na reversão de áreas usadas em atividades econômicas em áreas de recomposição florestal. Conforme Rodrigues e Guerrero (2014) estima-se que 90% das propriedades do país estariam em desconformidade ambiental de acordo com a Lei nº 4.771/65, e esse número se reduziria para 30% com as exigências do Novo CF/2012, facilitando a adequação legal das pequenas propriedades.

---

[8] De acordo com a Lei Federal nº 11.326/2006,a agricultura familiar é considerada quando a prática ocorre no meio rural. Considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo os seguintes requisitos: i) não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;ii) utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;iii) tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo;iv) dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família. (BRASIL, 2006).

[9] "(...) é o empreendimento de pessoa física ou jurídica, pública ou privada, que explore econômica e racionalmente imóvel rural, dentro de condição de rendimento econômico da região em que se situe e que explore área mínima agricultável do imóvel segundo padrões fixados, pública e previamente, pelo Poder Executivo. Para esse fim, equiparam-se às áreas cultivadas, as pastagens, as matas naturais e artificiais e as áreas ocupadas com benfeitorias" (BRASIL, 1964).

A preocupação dos agricultores, principalmente após o decreto federal 6.514, em 2008, que estabeleceu uma série de sanções e multas a serem aplicadas por atividades lesivas ao meio ambiente, dentre elas a não regularização das APPs e RL, está na diminuição das áreas exploráveis, com o risco de inviabilização de algumas pequenas propriedades, pois seria obrigatório destinar uma proporção relevante da área da propriedade apenas para o fim de preservação sem benefício econômico. Outra preocupação é em relação aos custos financeiros para a recomposição das APPs e RL e as dificuldades burocráticas de regularização das propriedades a fim de evitar gastos com multas ao não cumprimento da legislação ambiental (KLEIN; ROSA, 2011).

A razão para que não se diminua as áreas produtivas, se justifica em razão de um mercado onde os ganhos reais da agricultura dependem mais do volume de produção do que o valor do produto. Assim, no âmbito da produção de *commodities,* menos espaço para produzir resulta em menor capacidade produtiva e reflete em uma viabilidade econômica mais baixa. Boa parte dos estabelecimentos familiares está voltada a esse tipo de produção e são os que estão mais favoráveis ao rearranjo do CF no tocante às APPs e Reserva Legal, pois cada pedaço de terra a mais para a produção torna-se valioso. Por outro lado, agricultores que adotam a policultura e trabalham com diversidade agrícola, têm obtido bons resultados financeiros, ao mesmo tempo em que enxergam que a preservação ambiental traz benefícios para o projeto econômico de seus estabelecimentos. (ONG REPÓRTER BRASIL; CENTRO DE MONITORAMENTO DE AGROCOMBUSTÍVEIS, 2011).

Nesse contexto começaram as disputas no Congresso Nacional, envolvendo mais diretamente a bancada ruralista, composta por expressivo número de deputados, e a bancada ambientalista, bem mais restrita, mas que contava com o apoio de ONGs para divulgar o debate. A partir de então, formou-se um grupo de trabalho que foi responsável por resgatar o Projeto de Lei (PL) 1.876/1999 para propor novas alterações na legislação ambiental. Após mais de trinta anos da promulgação do CF de 1965, surgiu a proposta de um novo projeto apresentado pelo Deputado Aldo Rebelo (em meados de 2010), para a reformulação do Código. Conseguinte, o novo CF foi aprovado pela Câmara dos Deputados e submetido ao Senado Federal, onde sofreu novas alterações, sendo novamente encaminhado para a segunda apreciação na Câmara. Assim, a partir de mais alterações, o novo CF foi aprovado em abril de 2012, sendo encaminhado para a sanção presidencial (DINIZ, 2012).

Em razão da mobilização contrária ao projeto de lei aprovado no Congresso, por parte de setores como a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e determinados movimentos sociais, isso somado às pressões feitas por ONGs ambientalistas e

a própria divisão na base governista, a presidente Dilma vetou alguns artigos e inseriu regulamentações adicionais a serem estabelecidas através de Medidas Provisórias (MPs). Como resultado, houve alterações na Lei Federal 12.651/1012, sendo publicada em 25 de maio de 2012 no Diário Oficial da União.

A Medida Provisória nº 571, de 25 de maio de 2012, estabeleceu (em seu Art. 61-A) que as novas faixas de Preservação Permanente nas margens dos rios têm relação direta com o tamanho das propriedades rurais, variando de cinco a cem metros (Quadro 01).

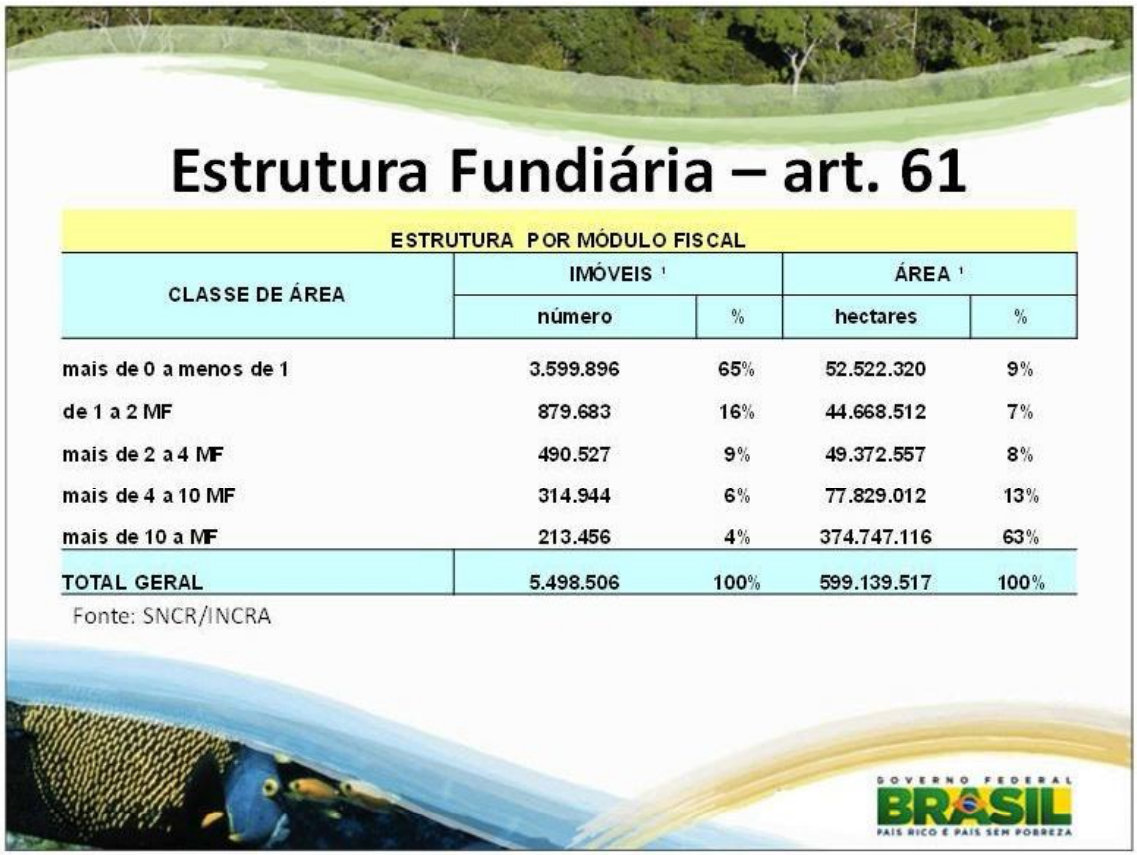
Quadro 1- Áreas consolidadas em APP - beira de rios.

Tamanho da propriedade em módulos fiscais	**Largura da APP consolidada em cada uma das faixas marginais ao longo do curso d'água ***		**Somadas as APPs a exigência de recuperação não deve ultrapassar**
	APP de rios menos de 10m	APP de rios de mais de 10m	
0 a 1	5m	5m	10%
1 a 2	8m	8m	10%
2 a 4	15m	15m	20%
4 a 10	20m	Metade da largura do curso d'água, observando o mínimo de 30 e o máximo de 100 metros **	Sem limites
acima de 10	Metade da largura do curso d'água, observando o mínimo de 30 e o máximo de 100 metros **		Sem limites

Fonte: Instituto Ambiental do Paraná - IAP. **Cadastro ambiental rural**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1386#sobre03 > Acesso em 27 ago. 2015.

Isso mostra que os produtores com propriedades acima de quatro módulos fiscais serão os responsáveis por manter maiores porcentagens de áreas preservadas em suas propriedades. Ainda de acordo com a justificativa do governo, isso se pauta em decorrência de 90% das quase 5,5 milhões de propriedades de todo o país possuir até quatro módulos fiscais, compreendem apenas 24% da área produtiva de um pouco mais de 599 milhões de hectares. Sendo que 65%, portanto, a maioria possui até 1 módulo fiscal, conforme indicado pela Tabela 01.

Tabela 1- Estrutura Fundiária, conforme art. 61-A dó Código Florestal – MP 571/2012



Fonte: INCRA-SNCR - Sistema Nacional de Cadastro Rural. Disponível em: https://sncr.serpro.gov.br/sncr-web/public/pages/security/login.jsf?windowId=236. Acesso em: fev. 2016.

Os vetos da presidente Dilma Rousseff ao texto que modificou as Medidas Provisórias do CF foram responsáveis por atingir uma parcela dos médios e grandes produtores rurais, diminuindo suas vantagens. Mesmo assim, no entanto, no decreto publicado em 18 de outubro de 2012, foram definidas regras que facilitam a regularização daqueles que cometeram o desmate ilegal de Áreas de Preservação Permanente. Desse modo, multas que seriam aplicadas por desmatamentos ilegais foram convertidas em melhorias e recuperação da qualidade ambiental (ALTAFIN, 2012).

Em 26 de maio de 2013, entidades da sociedade civil lançaram no Parque Ibirapuera, em São Paulo, um manifesto para que houvesse o cumprimento do CF aprovado há um ano. O documento foi assinado por quinze entidades. A carta preocupa-se com o cumprimento da legislação: "Preocupa-nos a falta de investimento, a lentidão e a fragilidade do governo. Um ano depois, o novo CF continua no papel. O apoio aos agricultores, com orientação técnica e incentivos econômicos, vai ajudar muito no cumprimento da lei." (AMBIENTE BRASIL, 2013a).

O manifesto traz a seguinte afirmação: "Para que o Código Florestal seja para valer, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) é o primeiro passo. Cada produtor precisa dizer onde está e o que vai proteger. Por meio do CAR é possível planejar e regularizar os imóveis rurais para que produzam e ao mesmo tempo conservem a natureza, cumprindo a função social, prevista na Constituição." (AMBIENTE BRASIL, 2013a).

O CAR é obrigatório para todos os imóveis rurais e realizado via internet, podendo o proprietário indicar os limites de sua propriedade preenchendo as informações solicitadas, como as APPs e RLs. Essas informações são necessárias para que o governo tenha um maior acompanhamento da situação ambiental, como o controle sobre o desmatamento.

A partir do que foi abordado até o momento, no sentido de contextualizar a abordagem lei do CF brasileiro desde seu início até a lei em vigente, a seguir serão evidenciados alguns pontos importantes entre a Lei Federal nº 4.771/1965 – principal foco deste estudo – e a Lei Federal nº 12.651/1012, do atual CF.

1.4 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS PRINCIPAIS MUDANÇAS DO CÓDIGO FLORESTAL DE 1965 E 2012

A partir da promulgação da Lei Federal nº 12.651/2012, conhecida como "Novo Código Florestal", o Brasil apresentou um processo regressivo na legislação que promove a proteção do meio ambiente, pois no processo foi ignorada a opinião pública e manifestações das principais instituições científicas do país, dando prioridade aos interesses de determinados setores econômicos. A lei do Novo CF promove sérios riscos aos processos ecológicos essenciais, à conservação dos biomas e ao equilíbrio ecossistêmico (FÜHR, 2015).

O novo CF inclui pontos polêmicos e de prejuízos ambientais, pois prevê a anistia nos crimes ambientais, com o fim da obrigação de recuperação de áreas desmatadas até 22 julho de 2008, incluindo topos de morros, margens dos rios, reservas legais, dentre outros pontos necessários de preservação. Ainda, os Estados terão prazo de cinco anos para a criação de projetos que visam à recuperação das áreas degradadas. Assim, até sua efetivação: as multas ficarão suspensas; diminuirá a extensão das APPs de 30 para 15 metros, demarcando as matas ciliares a partir do leito menor do rio, e não no maior como era feito; a não obrigatoriedade de recuperar Reserva Legal para propriedades rurais até quatro módulos fiscais; e a liberdade de compensação de áreas desmatadas em outros estados (BARRETO, 2012).

Assim, essa proposta cria a figura da área rural consolidada, considerando que aquela ocupação existente até a data definida, com construções de âmbito agrícola independente de qualquer espaço, incluindo as APPs. De acordo com a lei, os Estados terão prazo estipulado de cinco anos, após sua aprovação, para criar programas que irão regularizar a condição ambiental. Até essa regularização ser realizada, as multas aplicadas antes de julho de 2008 se manterão suspensas (FÜHR, 2015).

Compensar a Reserva Legal (RL) em outros estados, talvez, seja um grande equívoco, pois cada área possui suas necessidades específicas de recuperação, ou seja, algumas áreas necessitam de maiores concentrações de vegetação, outras nem tanto. Assim, isso poderá gerar uma recuperação errônea. Entretanto, conforme o CF de 2012, a exigência de manter a reserva nativa a título de RL continua com uma parcela que varia entre 80% localizado na Amazônia Legal (em imóveis localizados em áreas de floresta) 35% em propriedades em área de Cerrado, e 20% nas demais regiões brasileiras. Também a questão da desobrigação de propriedades com até 4 módulos recuperar a RL, anterior a data de 22 de julho de 2008. Extinção de espécies animais e plantas de uma região específica do ecossistema; proliferação de pragas; redução da polinização de plantas; assoreamento de recursos hídricos estão entre os problemas causados pela não obrigatoriedade de recomposição da vegetação.

O risco mais grave é que se estimulem novas ilegalidades ambientais, isso devido à noção de impunidade. Os agricultores podem tentar alegar que o desmatamento que fizeram após julho de 2008 foi realizado anteriormente a essa data. Também proprietários de terra com áreas maiores de 4 módulos podem dividir suas terras a fim de não ter a obrigatoriedade de recompor a RL com o mínimo de 20%. Isso ocorre em razão de o CF de 2012 não exigir a averbação pelo Sistema Estadual de Registro da Reserva Legal (SISLEG), que implica consolidar as APPs e as RLs com o objetivo de não poder sofrer alterações. Com a nova legislação, o SISLEG é substituído pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR) e, com este novo sistema, as áreas de preservação terão a cobrança de estarem consolidadas.

No que diz respeito às principais modificações realizadas na nova Lei está a criação do Programa de Regularização Ambiental, com o objetivo de inibir a burocracia da legalização dos proprietários que não estariam de acordo com a legislação, e os novos critérios para o cômputo das APPs e das RLs. Em relação aos últimos, é o que mais causa discussão, pois as APPs e as RLs são mecanismos de suma importância para a conservação e proteção da natureza, porém determinados setores insistem na avaliação de que limitam a expansão da produção agropecuária (DINIZ, 2012).

Nessa questão em particular, a Lei Federal nº 12.651/2012 apresenta algumas mudanças que permitem o aumento da área disponível para a expansão de atividades econômicas, mas ao mesmo tempo diminui as obrigações de regularização ambiental, podendo trazer riscos à preservação do meio ambiente. No Quadro 02 estão destacadas algumas diferenças entre o CF de 1965 e o de 2012.

Quadro 02- Comparativo entre os CF de 1965 e de 2012.

Código Florestal antigo (Lei 4.771 de 1965)	**Novo Código Florestal** (Lei 12.651 de 2012)
No cálculo das áreas a serem mantidas como Reserva Legal eram excluídas aquelas destinadas às APPs. A sobreposição é permitida somente em casos particulares, regidos pelo parágrafo 6º do art.16.	Admite-se que as Áreas de Preservação Permanente sejam abatidas no cálculo do percentual da Reserva Legal do imóvel, desde que isso não implique conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo.
O referencial para cômputo das APPs ripárias era o nível mais alto dos cursos d'agua.	O referencial passa a ser a borda da calha do leito regular.
Estabelece delimitações rígidas para as Áreas de Preservação Permanente e não permite flexibilização no caso de regularização.	Mantém parte das delimitações da legislação atual, mas, para efeito de regularização ambiental, as APPs nas margens dos cursos d'agua e no entorno de nascentes, olhos d'água, lagos e lagoas naturais são reduzidas de acordo com o tamanho da propriedade.
Não há imóveis rurais dispensados de cumprir as exigências da Reserva Legal	Para os imóveis rurais com até 4 módulos fiscais, a Reserva Legal será constituída com a vegetação natural existente até 22 de julho de 2008, mesmo que esta área corresponda a um percentual inferior àquele determinado em Lei. Para propriedades maiores, são excluídos os 4 módulos fiscais da base de cálculo da RL.
Para fins de recomposição, permite compensar a reserva legal por outra área equivalente em importância ecológica e extensão, desde que pertença ao mesmo ecossistema e esteja localizada na mesma microbacia.	Permite compensar a Reserva Legal inclusive em outros Estados, desde que a área seja equivalente em extensão à área da Reserva Legal a ser compensada e esteja localizada no mesmo bioma.

Fonte: Lei Federal nº 4.771/1965. Lei Federal nº 12.651/2012. Elaboração Diniz (2012, p.15).

Neste quadro é importante mencionar a respeito das delimitações das APPs na margem do rio. No CF de 1965 cumpria-se a função ambiental, ou seja, a mata ciliar deveria ser reconstituída de acordo com a largura do rio em seu nível mais alto. Assim, quanto maior a largura, maior a necessidade de proteção por meio da mata ciliar. No CF de 2012, a função ambiental é flexibilizada, visto que não se leva em consideração a largura do rio, e sim o tamanho da propriedade, comprometendo a proteção dos cursos d'água. Ainda, com a nova lei, propriedades com até quatro módulos fiscais são isentas de recuperar a mata ciliar existente até 22 de julho de 2008, mesmo que tenham um percentual menor do que 5 metros. Isso trará prejuízo em locais com extensa rede de drenagem, principalmente se houver o predomínio de pequenas propriedades.

A legislação ambiental em nosso país, e em especial o CF, não apresentou resultados mais concretos quanto à sua aplicação, visto que a maioria das propriedades rurais apresentam déficits de Área de Preservação Permanente e Reserva Legal. Conforme dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), do ano de 1998, apenas 7,04% dos imóveis rurais do país registraram a presença de Reserva Legal. Ainda assim essa Reserva Legal não correspondia 9,58% da área total dos imóveis cadastrados (BACHA, 2005). Com isso, percebe-se que, se antes não havia cumprimento mesmo com a obrigatoriedade exigida em lei, com a nova Lei, através da anistia de regularização ambiental de propriedade com até 4 módulos fiscais, a tendência é piorar a situação, mesmo não sendo permitida a retirada do que já existe.

As estimativas relacionadas ao CF de 1965 indicaram que, no período de 2011, o Brasil apresentava um déficit de APP em 43 milhões de hectares (Mha) e 42 Mha de Reserva Legal, desconsiderando ainda a vegetação nativa existente. Considerando a estimativa da RL a partir das alterações discutidas no Congresso Nacional (PL 1.876/1999), o déficit seria menor, no entanto, ainda com a necessidade de reverter algumas áreas utilizadas da agropecuária em RL para sua devida regularização (SPAROVEK et al., 2011).

Conforme artigo sobre o assunto (SPAROVEK et al., 201), a reformulação do CF de 1965 teve por base o conceito errôneo da falta de área disponível para a expansão agrícola do Brasil, alegando a indisponibilidade de áreas suficientes para dar impulso para a economia. Ocorre, no entanto, como demonstra o estudo feito pelos autores citados, que a área utilizada para o cultivo no país pode aumentar significativamente se existir melhor aproveitamento das áreas improdutivas utilizadas apenas para especulação e o aproveitamento da pecuária extensiva, usando a tecnologia disponível para transformá-la em intensiva. O Brasil possui uma lotação de 1,14 cabeças de gado por hectare, mas com um pouco mais de adoção de recursos tecnológicos, a lotação média poderia facilmente atingir 1,5 cabeças por hectare. Considerando medidas a partir de tecnologia mais intensiva, como correção do solo, adubação na formação de pastagens, entre outros, os índices poderiam trazer resultados ainda mais satisfatórios. A partir disso, seria reduzido 69 Mha de pastagens, para manter a mesma produção (SPAROVEK et al., 2011).

A produção de alimentos no Brasil não é atrasada pelas condições/exigências colocadas pelo CF — que supostamente dificultaria a disponibilidade de áreas para a produção, conforme argumento reiteradamente expostos por ruralistas. Mais relevante para estimular a produção de alimentos em nosso país é abordar a grande desigualdade fundiária, o menor crédito aos produtores que produzem alimento de forma direta, a falta de assistência

técnica que garanta uma alta taxa de produção, a falta de investimentos em infraestrutura para escoamento e armazenamento da produção agrícola (MARTINELLI et al., 2010).

O CF é uma lei de abrangência nacional, e levando-se em consideração o tamanho do território brasileiro, é praticamente inviável a fiscalização apenas por via terrestre em toda sua extensão. Com isso, a fim de melhorar o planejamento e a fiscalização ambiental, tem-se recorrido às geotecnologias. No caso específico deste estudo, o sensoriamento remoto, o sistema de informação geográfica e o geoprocessamento, são cruciais para fornecer dados para a análise mais fundamentada no que diz respeito à conservação da natureza, pois permite o monitoramento temporal das mudanças ocorridas em bacias hidrográficas por meio das ações antrópicas, assim, também é possível adotar medidas de recuperação e de conservação do meio ambiente.

2 GEOCTENOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO

Em estudos ambientais que envolvem mapeamento da cobertura vegetal, é utilizado um conjunto de materiais e de dados, aliados a técnicas para sua execução. Nesse contexto, o sensoriamento remoto é primordial para o fornecimento de dados da superfície terrestre, pois permite a obtenção de imagens de satélite para estudos com os mais variados objetivos, como: uso e cobertura da terra, uso militar, planejamento de infraestrutura urbana e planejamento ambiental. O sensoriamento é primordial sobretudo em grandes escalas espaciais e temporais, admitindo análises de mudanças ao longo do tempo.

Com o avanço no desenvolvimento das geotecnologias, os dados de sensoriamento remoto podem ser manipulados por meio de *softwares* de sistemas de informações geográficas a partir de distintas metodologias, gerando o aperfeiçoamento nas pesquisas com informações sobre os recursos naturais, fazendo com que os planejamentos ambientais e até mesmo econômicos tenham maior eficácia e abrangência.

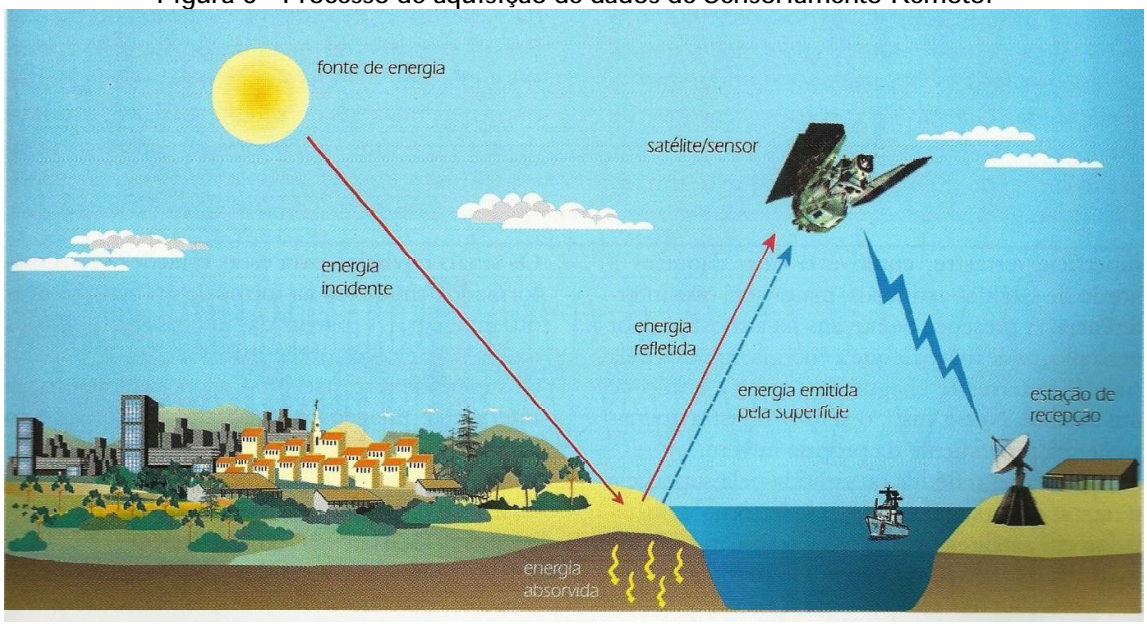
2.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O termo "Sensoriamento Remoto" (SR) foi criado no início dos anos de 1960 por Evelyn L. Pruit e colaboradores. Atualmente é uma das principais tecnologias para a coleta de dados, os quais podem ser utilizados para o levantamento e monitoramento da superfície terrestre (MENESES, 2012). Na literatura encontram-se várias definições para o SR. Para Jensen

> [...] sensoriamento remoto é o registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infra-vermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos [...] localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélite, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens. (JENSEN, 2009, p. 4).

Já Meneses (2012, p. 3) define: "Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da Radiação Eletromagnética (REM) com os materiais terrestres". Ou seja, a imagem é resultado da captação pelo sensor da REM refletida após a interação entre a radiação e os alvos ou fenômenos presentes na superfície terrestre. A principal fonte de REM para o sensoriamento remoto é exemplificado pelo Sol (Figura 6).

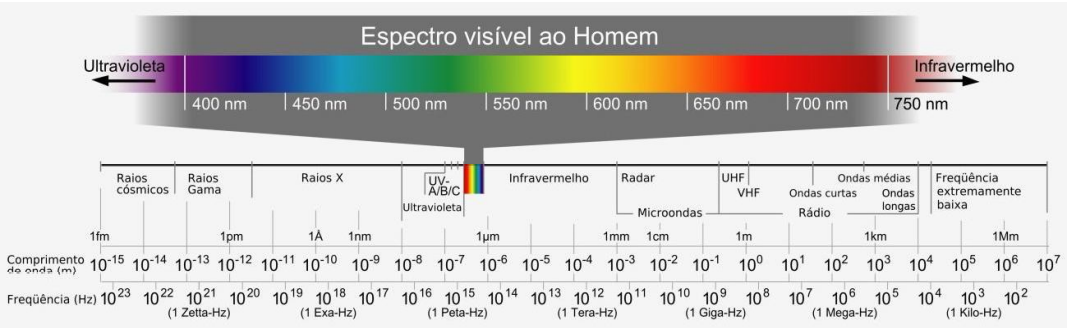
Figura 6 - Processo de aquisição de dados de Sensoriamento Remoto.



Fonte: FLORENZANO, Teresa Galloti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128p.

A Radiação Eletromagnética (REM) pode ser descrita em função do seu comprimento de onda ou frequência no espectro eletromagnético. O espectro eletromagnético é a ordenação contínua da REM em função do seu comprimento de onda e frequência (Figura 7). As faixas espectrais utilizadas para o SR são o visível, o infravermelho e suas variações (próximo, de ondas curtas, de ondas médias e termais), e as micro-ondas (MENESES, 2012).

Figura 7 - Espectro eletromagnético.



Fonte: MASSUIA, Felipe. 2013. **Redshift e Efeito Doppler**. Disponível em: < http://www.universoracionalista.org/redshift-e-efeito-doppler/ > Acesso em: 15 ago. 2015.

Atualmente, o SR é constituído por inúmeros satélites que possuem diferentes características referentes à resolução espectral, temporal, espacial e radiométrica. Essas

características atendem a distintas necessidades dos seus usuários. Quando o objetivo é uma observação detalhada do tamanho e das formas dos objetos, existem sensores capazes de detectar áreas unitárias inferiores a 1 metro e até mesmo com meios para visualização estereoscópica 3D, sendo úteis para levantamentos cadastrais multifinalitários, urbanos e cartografia digital. Usuários cujo interesse é o monitoramento para acompanhar a evolução e mudanças na paisagem, esses podem buscar sensores com alta taxa de revisita à área de estudo. Nesse sentido, é importante estar atento às potencialidades de cada sensor, por meio do dimensionamento de suas resoluções (MENESES, 2012).

Diversos campos do conhecimento utilizam o SR como ferramenta para suas práticas. Um dos principais motivos dá-se pela praticidade de aquisição de dados dos sensores remotos, disponibilidade dos equipamentos para processamento de seus estudos e a necessidade de compreensão de diversos elementos presentes na superfície terrestre (EPIPHANIO et al., 1996).

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO

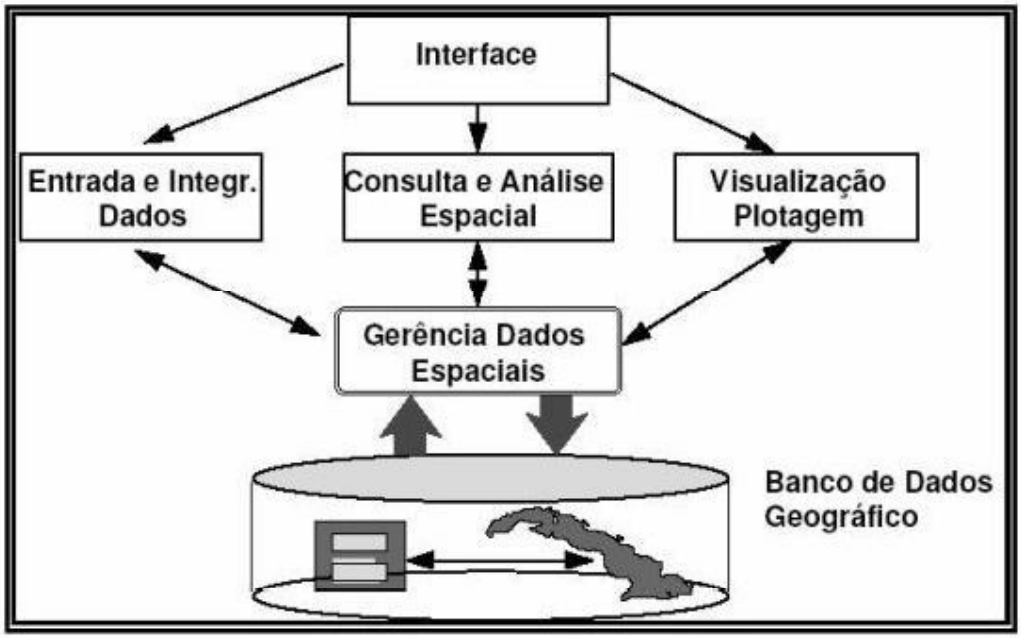
O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Existem diferenças entre um sistema de informação convencional e um Sistema de Informação Geográfica. Este último, além de ter a capacidade de armazenar informações descritivas como proprietário e valor do IPTU, também armazenam as informações geométricas e as coordenadas geográficas dos elementos da superfície terrestre. As principais características do Sistema de Informação Geográfica são:

> a) Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de dados censitários, de cadastros urbano e rural, e outras fontes de dados como imagens de satélite, e GPS; b) Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos (CÂMARA, 2005, p.2).

As aplicações com o SIG são as mais variadas possíveis, mas comumente são utilizadas para a elaboração de mapas. Exemplos de aplicação são: classificação de uso e cobertura da terra, classificar a distribuição de vegetação, entre outros. Estão comumente ligados aos campos da Geografia e Geociências, e áreas afins (CHRISTOFOLETTI, 1999).

De acordo com Moreira (2011), um SIG pode ser estruturado considerando os seguintes componentes: i) interface com o usuário; ii) entrada e integração de dados; iii) consulta e análise espacial; iv) visualização e plotagem; e v) banco de dados geográficos (Figura 8).

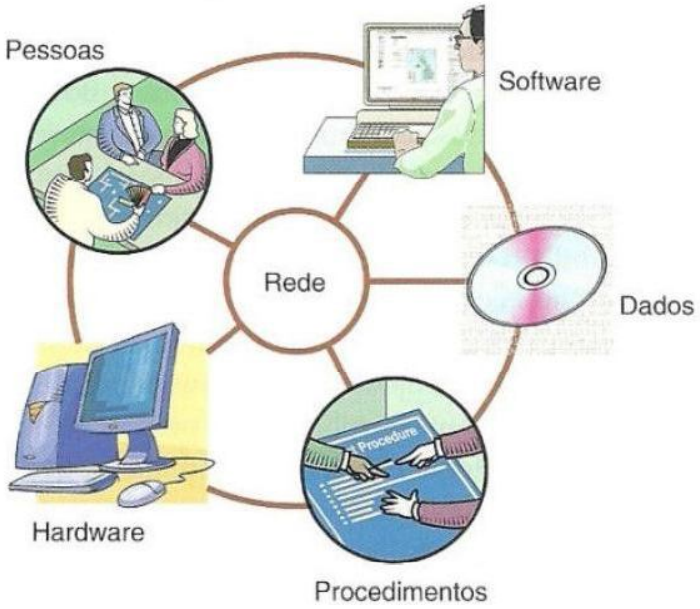
Figura 8 - Arquitetura de sistemas de informação geográfica.



Fonte: CÂMARA (2005).

De modo geral, a interface é como o *software* SIG se apresenta ao usuário, como funções acionadas por meio dos menus. A entrada e a integração de dados refere-se à importação dos dados espaciais, por meio de mapas, imagens de satélite, cartas topográficas, entre outros. A consulta e análise espacial permitem implementar ou criar algoritmos para a realização das classificações, nos níveis pré e pós-classificação, utilizando dados para gerar novas informações. A visualização e plotagem consiste na visualização dos dados desde o processo inicial até o final. De outro lado, Longley et al. (2013) dividem o SIG em seis partes (Figura 9):

Figura 9 - Seis partes que constituem oSIG.



Fonte: LOGLEY et. al. (2013).

De acordo com Logley et al. (2013), as definições para cada componente são as seguintes:

- Rede: Permite a comunicação e o compartilhamento rápido de informações digitais em todos os pontos do globo terrestre. Com a internet é possível adquirir inúmeros dados utilizados para manipular através do SIG, como exemplo: imagens de satélites, modelos digitais de elevação, dentre outros. Atualmente, muitos dados são disponíveis gratuitamente em sites especializados.

- *Hardware*: É o dispositivo que o usuário utiliza diretamente para realizar as operações do SIG. Essas operações podem ser utilizadas por meio de computadores de mesa, notebooks e até mesmo, em alguns casos, por celulares. O mais comum é por meio dos PCs.

- *Software*: Este roda localmente na máquina do usuário. É um programa SIG que pode ser pago ou gratuito. Um exemplo de *software* cuja licença é paga é o ArcGis. O Spring é um exemplo de *software* livre. A cada ano, independentemente de ser gratuito ou não, os pacotes SIG têm se apresentado cada vez mais sofisticados, permitindo lidar com todos os requisitos de projetos padrão de SIG.

- Banco de dados: Consiste em uma representação digital com dados de uma determinada área científica específica. É onde ficam armazenado todos os dados importados para dentro do *software* SIG. Seu tamanho varia de acordo com a quantidade de informações arquivadas.

- Procedimentos: É necessário que se faça um gerenciamento dos quatros itens mencionados anteriormente. Uma organização deve estabelecer procedimentos,

linhas de comunicação, pontos de controle e outras funções que permitam o SIG cumprir suas necessidades. Isso envolve questões desde planejamento financeiro até a qualidade dos resultados pretendidos.

- Pessoas: De todos os itens acima, é indispensável que existam pessoas para executar diretamente o SIG. Suas funções são de programar, manter, alimentar com dados e interpretar os resultados. Cada pessoa possui diferentes habilidades, de acordo com o papel específico de cada uma.

Por sua vez, o Geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA et al., s.d.). Também pode ser definido como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental disponível pela engenhosidade humana. O Geoprocessamento tem sua origem ligada a atividades bélicas, em associação com o SR, para obtenção de dados ambientais atualizados, visando à execução de análises de distribuição territorial de interesses militares. No entanto, atualmente as técnicas de geoprocessamento, estão abertas à diversas áreas do conhecimento (XAVIER DA SILVA, 1997 apud XAVIER DA SILVA e ZAIDAN, 2010).

O Geoprocessamento permite a integração e otimização de diversas variáveis e ciências que trabalham com dados de cunho ambiental e territorial. Um dos aspectos positivos de sua utilização é a capacidade de analisar grandes quantidades de dados, e em diferentes escalas espaciais e temporais. Adicionalmente, oferece não só a descrição de aspectos que são mais relevantes, como também permite a realização de simulações e o estabelecimento de vários tipos de análise, possibilitando as melhores escolhas (CHAVES, 2005).

2.3 PROGRAMA LANDSAT

O Landsat representa a maior coleção mundial de imagens de resolução espacial moderada para dados do SR. Fornece imagens com informações para interesse em agricultura, geologia, silvicultura, planejamento regional, educação, mapeamento e pesquisa em mudanças globais. As imagens Landsat também possuem valores inestimáveis para dar respostas de emergência e assistência em catástrofes. A iniciativa faz parte da união entre o *United States Geological Survey* — USGS e a *National Aeronautics and Space Administration* — NASA (USGS, 2013).

O Programa Landsat, além de pioneiro, é o modelo no século XX de missão em SR de recursos naturais. No Brasil, esse programa teve grande importância, pois permitiu a capacitação de muitos usuários (NOVO, 2008). Os dados do Landsat começaram a ser recebidos no Brasil a partir de 1973, contando com infraestrutura para a sua recepção, processamento e distribuição, centralizado pelo INPE. A missão do Landsat, na época, teve como objetivo adquirir repetitivamente dados multiespectrais calibrados com a melhor resolução espacial e temporal, comparando-se à resolução dos satélites utilizados nas áreas meteorológica e oceanográfica (NOVO, 2008).

Com os primeiros satélites meteorológicos e as primeiras missões com naves espaciais tripuladas conseguiu-se avaliar diversos recursos da superfície terrestre. Foi a partir das primeiras fotografias orbitais dos Programas Mercury e Gemini que surgiu a ideia de desenvolver um método de coletar dados da superfície terrestre com o auxílio de satélites (NOVO, 2010). As primeiras imagens foram captadas por câmaras fotográficas a partir de uma plataforma espacial. Percebeu-se que era possível acoplar um sistema sensor em um satélite para a obtenção de imagens instantâneas da superfície terrestre. Mas, para a transmissão das imagens do satélite para a base terrestre, era necessário que fossem registradas eletronicamente. Isso era possível em função da existência da tecnologia de produção de sinais de televisão, que ainda deveria ser aprimorado. Com isso surgiu o sistema RBV (*Return Bean Vidicon*), que possui semelhança com uma câmara de televisão e permite o registro instantâneo de um recorte da superfície terrestre (NOVO, 2010). Assim, a NASA, em cooperação com o Departamento do Interior dos EUA, iniciou pesquisas sobre a viabilidade de uma série de recursos da Terra a partir da tecnologia dos satélites — ERTSs (LILLESAND et al., 2007).

O programa é constituído de uma série de oito satélites lançados aproximadamente com um intervalo de três a quatro anos pela NASA. O primeiro satélite foi denominado *Earth Resources Technology Satellite – 1* — ERTS-1, (NOVO, 2010). Foi o primeiro satélite de natureza não tripulada posto em órbita com o objetivo de aquisição de dados sobre os recursos da superfície terrestre, de uma forma experimental não tripulada (LILLESAND et al., 2007).

Pouco antes do lançamento do segundo satélite — ERTS-2, em 22 de janeiro de 1975, a NASA oficializou o programa como "Landsat". Com isso o satélite ERTS-1 passou a ser definido como Landsat-1, e, assim como todos os outros, levou a designação de Landsat (LILLESAND et al., 2007). A princípio os satélites eram para atuar dentro de uma média de dois anos, contudo salienta-se que o Landsat-5 operou de 1984 até 2011 (NOVO, 2010). E em 11 de fevereiro de 2013 foi lançado o Landsat-8 por meio da Missão de Continuidade dos

Dados Landsat – LDCM (USGS, 2013). De todos os satélites da série Landsat lançados, apenas o sexto teve uma falha e se perdeu no espaço.

2.4 CLASSIFICAÇÃO

A classificação de imagens digitais permite o reconhecimento automático dos elementos presentes na cena, a partir de critérios de avaliação, agrupando em classes os objetos que apresentam determinada similaridade espectral. Um mapa temático é o resultado de uma classificação de imagens, no qual cada pixel ou um grupo de *pixels* foi classificado de acordo com as classes definidas pelo usuário. O processo de classificação é apresentar um mapeamento mais quantitativo, rápido e objetivo (FLORENZANO, 2011).

Para a classificação, pode-se proceder de forma supervisionada e não supervisionada, a fim de agrupar os *pixels* de acordo com suas características semelhantes. No primeiro caso, estabelecem-se sobre a imagem os polígonos (amostras) que irão representar as regiões com características semelhantes, sendo comum, no entanto, formarem-se diferentes segmentações em uma mesma imagem. Já no processamento não supervisionado, comumente o classificador utiliza uma imagem segmentada, onde o usuário define previamente os limiares de similaridade e de área, e o segmentador irá gerar regiões semelhantes. Neste último exemplo, a segmentação define regiões com características homogêneas na imagem. Sendo assim, a classificação automática baseia-se em regiões previamente definidas pela segmentação (BRITES et al., 2012).

Na abordagem supervisionada, o treinamento consiste no reconhecimento dos números digitais de cada uma das classes de cobertura da terra na área imageada (MOREIRA, 2011), com classes definidas *a priori*. O analista deve fornecer amostras em áreas de treinamento das classes espectralmente representativas, no entanto não necessariamente homogêneas. Assim, devem-se identificar *pixels* (amostras) de interesse, e o algoritmo utilizado fará a localização de todos os demais *pixels* semelhantes que pertencem a essas classes (FLORENZANO, 2011). A escolha dessas áreas é delimita pelo analista por meio de um cursor, a partir de seu conhecimento referente à área a ser classificada, também pelo conhecimento adquirido em campo. Além do mais, devem-se coletar amostras ao longo de toda a área de estudo a fim de assegurar uma melhor representatividade.

Nessa modalidade de classificação, o usuário define amostras de *pixels* que remetam a determinada classe. Dessa forma, o classificador é "treinado" para distinguir as diferentes classes. A seleção de algumas áreas com *pixels* semelhantes como amostras da imagem pode

ser realizada baseando-se em outras fontes para maior validação, como em mapas e em dados coletados no campo. Quanto ao número de classes, não há um limite de com quantas classes o analista deva proceder, pois isso depende do produto a que se quer chegar, porém é necessário que se criem classes bastante distintas para que não haja confusão após o processo de classificação (MENESES; SANO, 2012).

A classificação não-supervisionada é utilizada quando o analista não possui conhecimento *a priori* da área de estudo (MOREIRA, 2011), ou seja, as classes não são predeterminadas e, em razão de o usuário não obter conhecimento da área, é uma técnica menos subjetiva. Nesse tipo de classificação, o algoritmo decide também com base nas regras estatísticas quais serão as classes separadas e quais *pixels* pertencerão à casa de uma delas (FLORENZANO, 2011). O processo de classificação não-supervisionada de imagem no modo automático pode parecer simples e fácil, porém existem vários obstáculos que deixam essa tarefa mais difícil de ser concluída. Por exemplo, nem todos os alvos do mundo real são totalmente distintos das bandas existentes na imagem, gerando pontos de confusão. A atmosfera pode ser um dos agentes que criam obstáculos, pois pode reduzir os contrastes espectrais, além da topografia que interfere na reflectância por gerar sombra (MENESES; SANO, 2012).

A classificação de imagens multiespectrais faz parte do processo que associa uma quantidade de pixels da imagem com classes individuais que fazem parte da representação do mundo real, isso com base em valores digitais. O *pixel* que atender um determinado número de critérios é atribuído a uma classe que melhor satisfaz os critérios estabelecidos (MENESES; SANO, 2012). Uma vez que o usuário defina as classes de interesse (por exemplo, vegetação, solo exposto, água, etc.), o classificador irá fazer uma leitura nos números digitais da cena a fim de relacioná-los com a classe de interesse.

Tanto para a classificação supervisionada, quanto para a não-supervisionada, há regras de decisão para que o classificador associe determinado pixel a determinada classe ou região com similaridades em níveis de cinza. As regiões ou classes são baseadas nas características espectrais do *pixel*, ou do *pixel* e seus vizinhos. Quando a regra de decisão toma por base somente o *pixel*, a classificação é chamada de *pixel* a *pixel*, caso contrário, denomina-se de região. Na primeira classificação, após ser criado o pacote de treinamento, o classificador associa cada pixel para cada classe do treinamento. Os classificadores por região utilizam, além da informação espectral do *pixel,* a informação dada pelo foto intérprete (MOREIRA, 2011).

A segmentação, por sua vez, pode ser considerada como uma das etapas iniciais de análise de uma imagem digital, pois é a partir dela que se podem identificar as variações naturais ou não de uma determinada região que se quer estudar. Em grande parte dos aplicativos utilizados encontram-se tipos diferentes de algoritmos de segmentação. Esses algoritmos são escolhidos pelo usuário de acordo com sua melhor aplicabilidade, além da definição do limiar de similaridade, bem como com o tamanho mínimo dos polígonos a serem gerados na classificação. Para isso é necessário entender os conceitos dos processos da classificação:

> Por limiar de similaridade deve-se entender o grau de similitude entre o *pixel* candidato à inclusão em um determinado segmento e os parâmetros estatísticos referentes aos *pixels* que já fazem parte do segmento em questão. O tamanho mínimo dos polígonos, também conhecido por limiar de área, se refere ao número mínimo de *pixels* admitidos em qualquer um dos segmentos. (BRITES et al., 2012, p. 210)

Dentre os classificadores mais utilizados para a classificação de imagens cabe mencionar: *Bhattacharyya, Isoseg* e *Clatex.* Em específico, para o mapeamento deste trabalho, foi utilizado o emprego do classificador *Bhattacharyya* que se utiliza das amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade para as classes criadas durante o processo de treinamento pelo analista. Posteriormente, o classificador avalia para cada região a distância *Bhattacharyya,* entre as classes (MOREIRA, 2011). A medida de distância desse classificador é usada para fazer a medição de separação estatística entre um par de classes espectrais, medindo a distância média entre suas distribuições de probabilidades (BRITES et al., 2012).

O classificador é responsável por medir a separação estatística entre um par de classes espectrais. A *Bhattachatyya* realiza a medição da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Esse classificador não realiza a classificação automática das classes, exigindo uma etapa de treinamento atendendo às normas da classificação supervisionada (BRITES et al., 2012). Para melhor entendimento desse classificador, é importante mencionar que não se trata de uma distância euclidiana, representando a distância entre dois pontos, mas é uma medida calculada de acordo com a análise das médias das covariâncias de amostras da imagem a ser classificada (BRITES et al., 2012).

2.5 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO

A superfície terrestre é amplamente coberta por vegetação que se constitui em um dos mais significativos componentes dos ecossistemas. Conhecimentos sobre a variação de espécies e da distribuição da cobertura vegetal, alterações de crescimento, transformações da morfologia e fisiologia das plantas, são informações fundamentais sobre as características climáticas, fisiográficas, geológicas e edáficas de uma determinada área. Cientistas tem se esforçado para desenvolver sensores e algoritmos de processamento visual e digital de imagens com o objetivo de extrair informações biofísicas da vegetação a partir do SR. Muitas técnicas do SR são de natureza genérica e podem ser aplicadas em diversas paisagens vegetadas, incluindo: agricultura, florestas, pastagens nativas, planícies de inundação, vegetação urbana, etc (JENSEN, 2009). Além disso, podem ser aplicadas em distintas áreas do conhecimento, como: Geografia, Biologia, Silvicultura, Engenharia Florestal, Botânica, Agronomia, entre outros.

Um dos principais usos finais dos produtos adquiridos por sensoriamento remoto — tais como fotografias aéreas, satélites e radar — tem sido a elaboração de mapas de cobertura florestal. Um mapeamento da cobertura florestal, para manejo, é importante na orientação, planejamento e execução de operações ambientais, como a regeneração florestal a partir de mapeamentos atuais. Até meados da década de 1970, os mapas da cobertura florestal eram gerados basicamente através de interpretação de fotografias aéreas. A partir disso, novas plataformas têm sido desenvolvidas, com novos sensores (acoplados em satélites) e técnicas fornecendo novas imagens aos usuários (DISPERATI, 1981).

O primeiro grande levantamento sistemático da cobertura vegetal no Brasil dá-se por volta dos anos de 1970. O objetivo era conhecer melhor a cartografia, geologia, vegetação e a natureza de maneira geral dos solos da Amazônia e do Nordeste. Em 1971 iniciou-se o Projeto Radam, projeto esse desenvolvido a partir de uma técnica pouco convencional para a época, utilizando-se do imageamento por radar de visada lateral: *Side-Looking Airborne Radar* — SLAR (ALLEVATO, 1979 apud FERREIRA et al., 2008). O projeto operou até 1985, sendo um dos marcos mais importantes na aplicação de técnicas por meio do SR. Seu objetivo não era apenas representar as classes fisionômicas da cobertura vegetal do Brasil, mas também fornecer dados fundamentais para estudos ambientais por meio de imagens de um radar aerotransportado (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Desde as primeiras décadas do século XX, o SR tem conseguido grandes avanços, isso em decorrência da utilização de fotografias aéreas como ferramenta para obtenção de

informações para áreas agrícolas e florestais. (SHIMABUKURO et al., 2009). No início dos estudos de SR e vegetação, buscava-se entender as mudanças de refletância e emitância das folhas vegetais em razão de suas espessuras, estrutura e densidade do dossel, idade, estado hídrico e nutricional. (SHIMABUKURO et al., 2009).

A partir da década de 1990, os estudos de vegetação envolvendo o sensoriamento remoto, que tinham como objetivo enfoque mais qualitativo, passaram a tratar o tema com destaque quantitativo. Neste momento, as técnicas do processamento de imagens que eram limitadas às classificações automáticas, começaram a explorar os métodos mais conceituais, originando os modelos lineares de mistura, modelos de correção atmosféricas, campos contínuos da vegetação, entre outros (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Esses progressos da área das geotecnologias trouxeram contribuições para a atualização, aumentando o nível de detalhes do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, que está em sua oitava edição, apresentando-se com um dos mapeamentos mais atuais da cobertura florestal brasileira.

Este atlas é uma ação conjunta entre Fundação SOS Mata Atlântica e do INPE. No período de sua elaboração, teve como primeiro mapeamento (década de 1990) em participação com o IBAMA, sendo um trabalho inédito sobre a área original e a distribuição espacial dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Foi elaborado em escala 1:1.000.000, tornando-se referência para pesquisas científicas e para o desenvolvimento de ações políticas de conservação do bioma. Em 2002, um novo estudo compreendendo o período de 1995 a 2000, com a inovação de interpretação visual a partir de imagens sensores *Thematic Mapper* — TM e *Enhanced Thematic Mapper Plus* — ETM+ dos satélites Landsat, dispostas em formato digital em escala 1:50.000. Com isso, permitiu-se a identificação de fragmentos florestais, desflorestamentos e de regiões de regeneração com áreas superiores a 10 hectares. (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2013).

Em 2006, o Ministério do Meio Ambiente, com o intuito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), concluiu o mapeamento (à escala de 1:250.000) dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Esse projeto utilizou de imagens Landsat ETM+, datadas dos anos de 2001 e 2002. Os procedimentos pautaram-se em classificação automática e interpretação visual (FERREIRA et al., 2008).

Além dos estudos em escala de detalhe, existe agora a utilização do SR para o mapeamento temporal da vegetação, processo que garante a obtenção de informações como a distribuição dos tipos de vegetação existentes, estruturas do dossel vegetativo e também as

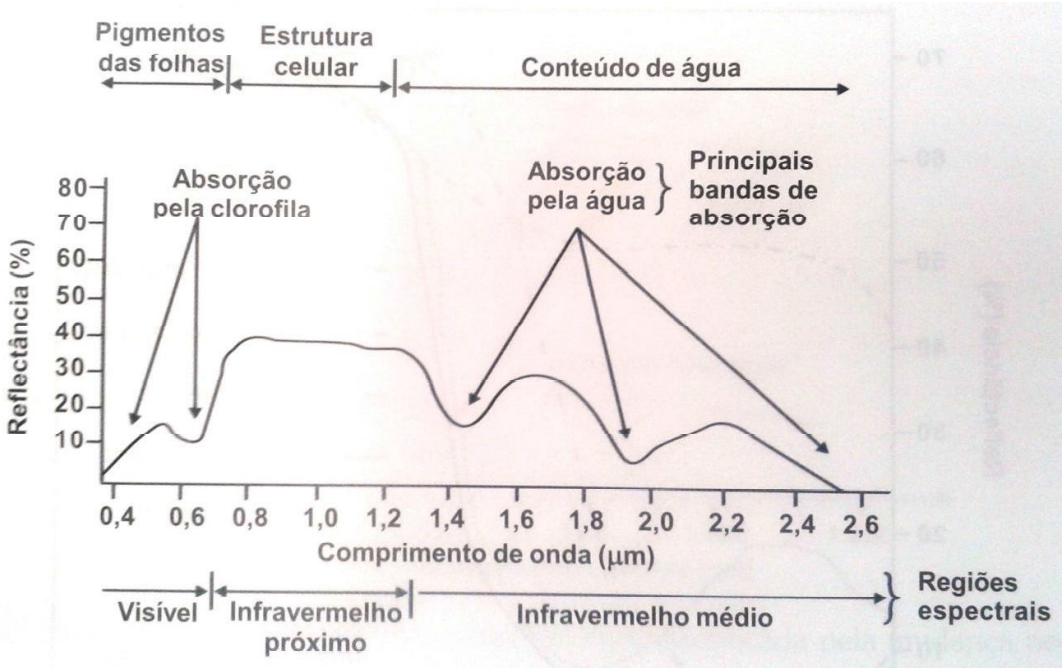
condições de estresse e as mudanças de uso do solo (TUCKER et al., 1985 apud FORMIGONI et al., 2011). Para Ponzoni (2002), o principal motivo para as pesquisas de vegetação que envolve o SR está fundamentado na compreensão da "aparência" que uma determinada cobertura vegetal assume em um dado produto adquirido por meio do SR, a qual faz parte de um complexo processo que envolve inúmeros parâmetros e fatores ambientais. Ainda é necessário observar que um dossel não é constituído apenas por folhas, mas por galhos, frutos, flores, entre outros elementos.

De modo geral, a aplicação das técnicas do SR para os estudos voltados à vegetação exigem o conhecimento dos processos de interação entre a REM e dos distintos tipos fisionômicos de dosséis, como exemplo: culturas agrícolas, florestas, formações de porte herbáceo, etc. (PONZONI, 2002).

Uma das técnicas usualmente utilizadas para o estudo da vegetação a partir do SR é a aplicação dos índices de vegetação (IVs). Esses índices estão voltados em transformações lineares ou não de bandas espectrais que são capazes de realçar propriedades de interesse da vegetação. São encontrados inúmeros IVs e que, em sua maioria, considera as faixas espectrais do vermelho ($\rho_{Ver.}$ ~0,62 a 0,67 μm) e do infravermelho próximo (ρ_{IVP}~0,70 a 0,90 μm) do espectro eletromagnético (MOREIRA; SHIMABUKURO, 2004 apud FORMIGONI et al., 2011).

A utilização desses índices é possível devido ao comportamento espectral da vegetação. De acordo com Meneses e Almeida (2012), na vegetação a principal banda de absorção está situada em 650 nm, na região visível da luz vermelha, e as imagens do sensor do ETM do Landsat é equivalente à banda 3, localizada entre 630 nm a 690 nm. A região em que ocorre a maior reflectância é a do infravermelho próximo (Figura 10), que faz parte da banda 4, estando compreendida nos comprimento de onda entre 760 nm a 900 nm. Assim, a divisão da banda 4 pela banda 3, os *pixels* que estão sob as áreas de vegetação, terão resultados superiores do que 1.

Figura 10 - Espectro de reflectância de uma folha de vegetação verde e sadia.



Fonte: HOFFER (1978) apud MOREIRA 2011.

Como mencionado, a folha é o principal fator que se leva em consideração no processo de interação entre as características do fluxo (comprimentos de onda, ângulo de incidência e polarização) e das características físico-químicas. Assim o comportamento espectral de uma folha depende de sua composição, estrutura interna e morfologia. É possível estudar a vegetação sob quatro diferentes níveis de coleta de dados: laboratório, campo, nível de aeronave e nível orbital (PONZONI, 2002). Em laboratório, são utilizados radiômetros acoplados em ferramentas para permitir a coleta e registro da radiação refletida na vegetação. Em campo, os radiômetros também são utilizados, e de modo geral são posicionados a alguns metros acima da vegetação com o mesmo objetivo de fazer o registro de sua radiação refletida. No nível de aeronave, é utilizada uma série de sensores distintos para gerar imagens ou curvas espectrais. Por último, o nível orbital utiliza-se de imagens, as quais podem ser aplicadas para a confecção de mapas temáticos referentes ao seu comportamento espectral ou outra análise gerada (PONZONI, 2002).

Salienta-se que a existência de diversos elementos constituintes na vegetação — como folhas, frutos, galhos, etc. — influencia no comportamento espectral da vegetação (PONZONI, 2002). À medida que novos sensores estavam sendo desenvolvidos, obtendo uma maior qualidade em suas resoluções geométricas e espectrais, os *softwares* utilizados para o

processamento das imagens produzidas pelos sensores apresentavam-se cada vez mais eficientes no que concerne aos modelos de simulação da refletância de dosséis vegetais, consequentemente descreviam cada vez com maior precisão os processos de interação entre a energia eletromagnética e os dosséis. A partir da leitura da refletância da folha e dos dosséis vegetais são geradas inúmeras informações georreferenciadas e especializadas sobre áreas agrícolas e florestais, como: biomassa, tipo de cobertura vegetal, porcentagem da cobertura vegetal no recorte espacial, teores de umidade, entre outros de interesses específicos (SHIMABUKURO et al., 2009).

Estudar a vegetação pode, contudo, se tornar complexo, isso dependendo do nível de detalhe ao qual se quer chegar, pois pode ser que se apresentem diferentes propriedades em sua reflexão foliar em uma mesma planta, com falta de uniformidade de estrutura inter e extraplantas (EPIPHANIO et al., 1996). Com essas complexidades, tem-se realizado estudos a fim de avaliar alguns parâmetros espectrais em determinadas plantas. Entre as propriedades espectrais e biofísicas, tem-se conseguido relacionar o índice de área foliar, porcentagem de cobertura do solo, fitomassa, fração da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel e concentração de clorofila (EPIPHANIO et al., 1996). Para a cobertura em geral da vegetação tem se utilizado determinados agrupamentos de bandas destacando-se as razões, normatizações, distância no espaço cartesiano e suas variantes. De modo simples, esses agrupamentos realçam o componente espectral da vegetação e correlacionam-se com os parâmetros biofísicos da vegetação (EPIPHANIO et al., 1996).

Para um dossel ou subdossel homogêneo, a densidade dos elementos presentes na vegetação é uniforme, sendo assim caracterizado pelo Índide de Área Foliar (IAF), representando a razão entre a área do elemento e a área do terreno. Outro modo de definir sobre um dossel é a Distribuição Angular Foliar — DAF, que varia entre os diferentes tipos de vegetação, sendo: planófila, plagiófila, uniforme, erectófila, esférica e extremófila (PONZONI, 2002). Os parâmetros mencionados afetam de maneira qualitativa a reflectância da vegetação. Na região do visível quando houver uma alta energia incidente sobre uma folha, será absorvida com o aumento de folhas, ou seja, o aumento do IAF, assim a energia absorvida pela vegetação será cada vez maior. Em relação aos efeitos da DAF no que diz respeito à reflectância da vegetação, está em sua influência de falhas do dossel como uma função dos ângulos zenital solar e de visada (PONZONI, 2002).

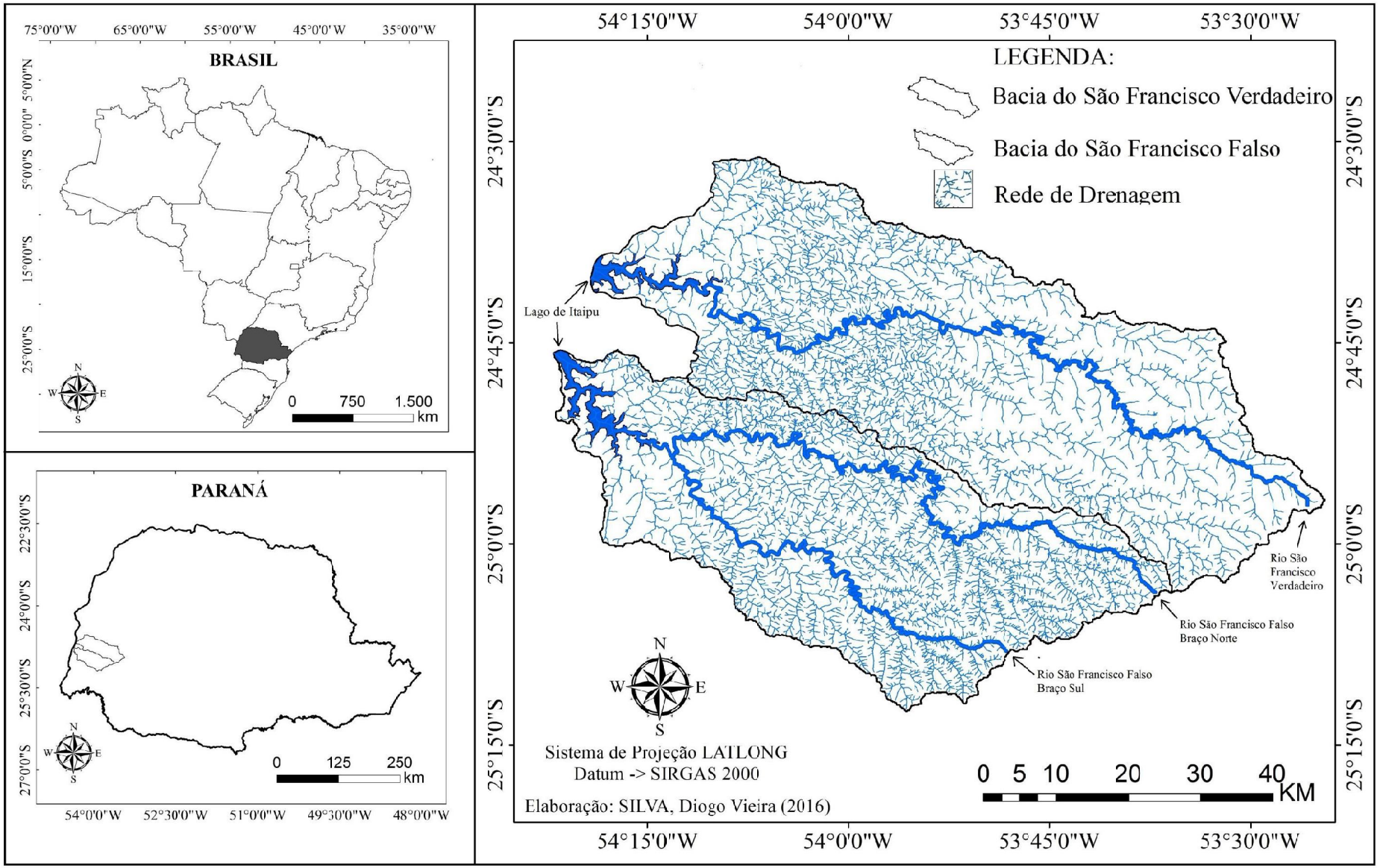
Deve-se levar em consideração que cada dossel possui uma particularidade de apresentar características próprias, isso por consequência das diferentes espécies, quando sua ocorrência se associa em distintas condições ambientais. Visto dessa maneira, não é possível

considerar um padrão nas imagens orbitais. Isso não ocorre apenas com os mapeamentos da vegetação, mas com qualquer outro tipo de alvo a partir das técnicas do SR, pois todos os objetos podem apresentar diferentes valores de radiância, o que, consequentemente, se confunde em uma mesma aparência nas imagens, mesmo em se tratando da vegetação. Assim, depende de o intérprete estar habituado com essas limitações e tentar coletar ao máximo informações confiáveis dos produtos do sensoriamento remoto (PONZONI, 2002).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

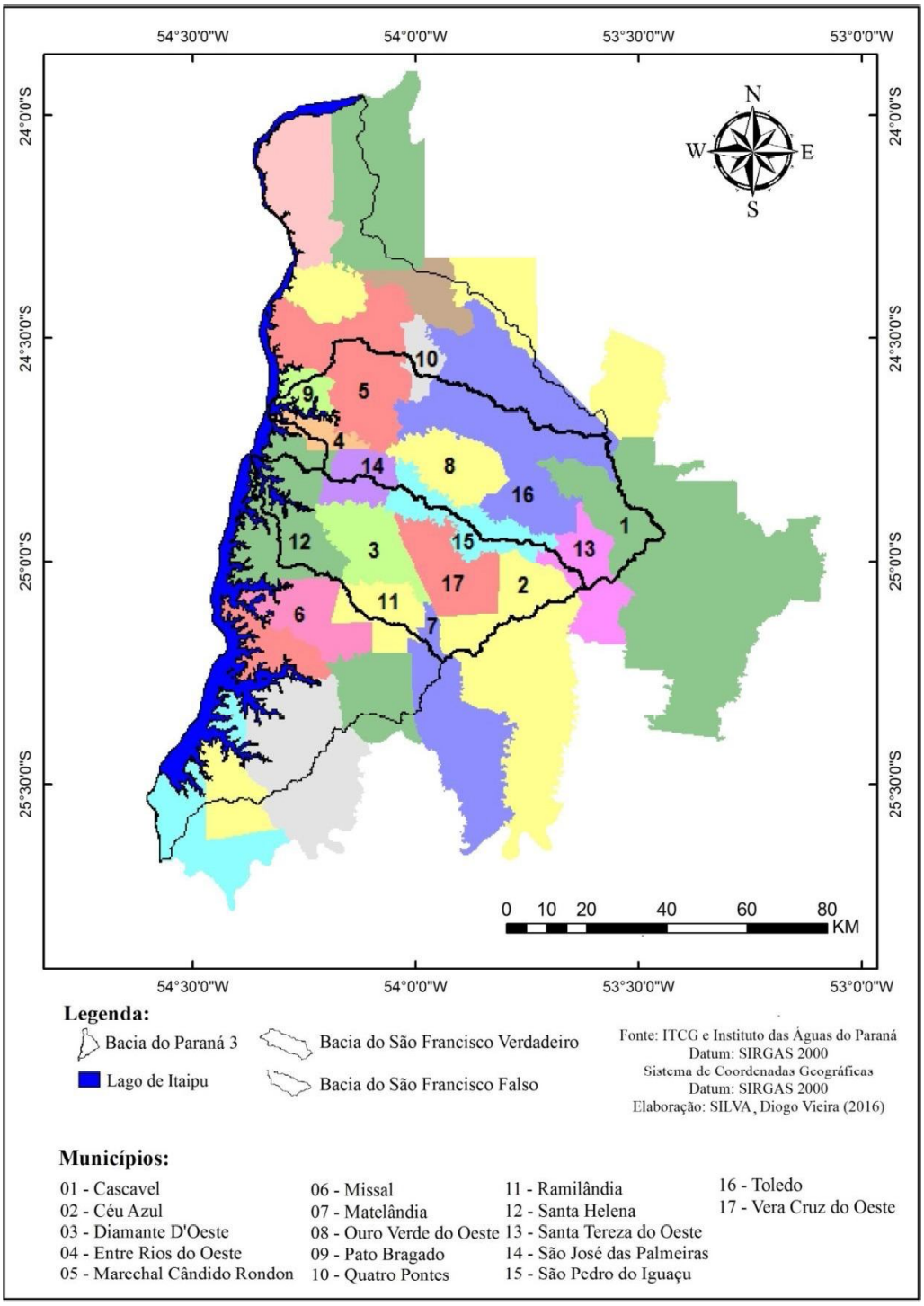
As Bacias Hidrográficas do São Francisco Verdadeiro e Falso integram um conjunto de bacias que formam a Bacia do Paraná 3 (BP3) e possuem aproximadamente 2144 km² e 1703 km², respectivamente, de área na mesorregião Oeste do Paraná (Figura 11).

Figura 11 - Localização da área de estudo.



Abrange 17 municípios (Figura 12), sendo Cascavel, Céu Azul, Diamante do Oeste, Entre Rios do Oeste, Marechal Cândido Rondon, Missal, Matelândia, Ouro Verde do Oeste, Pato Bragado, Quatro Pontes, Ramilândia, Santa Helena, Santa Tereza do Oeste, São José das Palmeiras, São Pedro do Iguaçu, Toledo e Vera Cruz do Oeste.

Figura 12 - Municípios da Bacia do Paraná 3, com destaque para os pertencentes à área de estudo (Bacia do São Francisco).



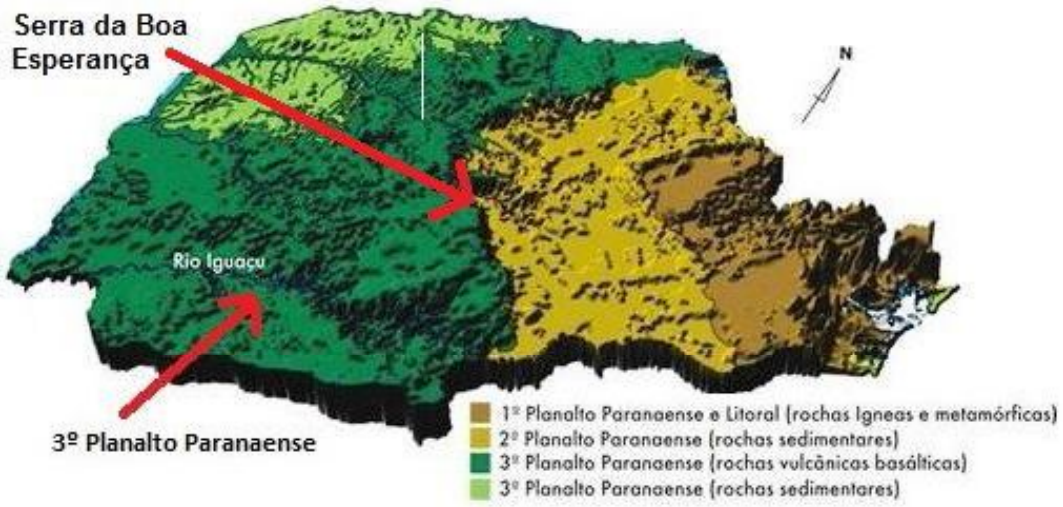
3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Na área do estudo afloram rochas basálticas da Formação Serra Geral (Eocretáceo) (NARDY et al., 2002), as quais se situam no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK,1981), abrangendo cerca de 2/3 do território do Estado do Paraná. O clima predominante na área do estudo, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, que corresponde a clima temperado chuvoso, sem a ocorrência de estação seca e moderadamente quente, com temperatura média no verão superior a 22ºC e média no inverno inferior a 18ºC (AYOADE, 2002).

Os principais rios que compõem a Bacia do Paraná 3 são classificados como rios consequentes e drenam em sentido Oeste, desaguando diretamente no Reservatório do lago de Itaipu. De acordo com Fernandez et al. (2011), o padrão de drenagem predominante é dendrítico a subdendrítico. Em alguns setores apresenta padrão sub-retangular, refletindo o controle estrutural geológico regional. A densidade de drenagem varia entre os compartimentos geomórficos identificados na BP3. No planalto de São Francisco, os resultados de cálculos realizados pelo método de áreas circulares mostram que a densidade de drenagem é baixa, apresentando valor médio de 0,65 km/km^2. Também no planalto de Cascavel, onde o relevo é mais plano, a densidade apresenta valor médio de 0,68 km/km^2, apresentando-se igualmente baixa como o do São Francisco. Assim, esses planaltos apresentam rios mais caudalosos e canais sinuosos.

As rochas da erupção básicas do Terceiro Planalto intemperizaram-se e formaram solos argilosos altamente intemperizados com bastante coesão, formando-se os solos Nitossolo e Latossolo, ocupando maior porcentagem da área que abrange o Terceiro Planalto. Em contrapartida, esses solos, em parte, possuem uma considerável acidez, variando seu pH de 4,2 a 4,5 (MAACK, 2002). A área de estudo encontra-se no Planalto de Cascavel, subunidade do Terceiro Planalto Paranaense (Figura 13), que, segundo Maack (2002), representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da Serra Geral do estado do Paraná, esta que recebe a denominação de Serra da Boa Esperança, ou até mesmo de escarpa mesozoica. A escarpa é constituída pelos estratos do arenito Botucatu, com grande derramamento de lavas básicas do *trapp* do Paraná. As espessuras desse derramamento variam entre 50 a 200 metros na testa da escarpa, até 1.100 a 1.750 metros para oeste.

Figura 13 - Mapa geológico e geomorfológico do Paraná.

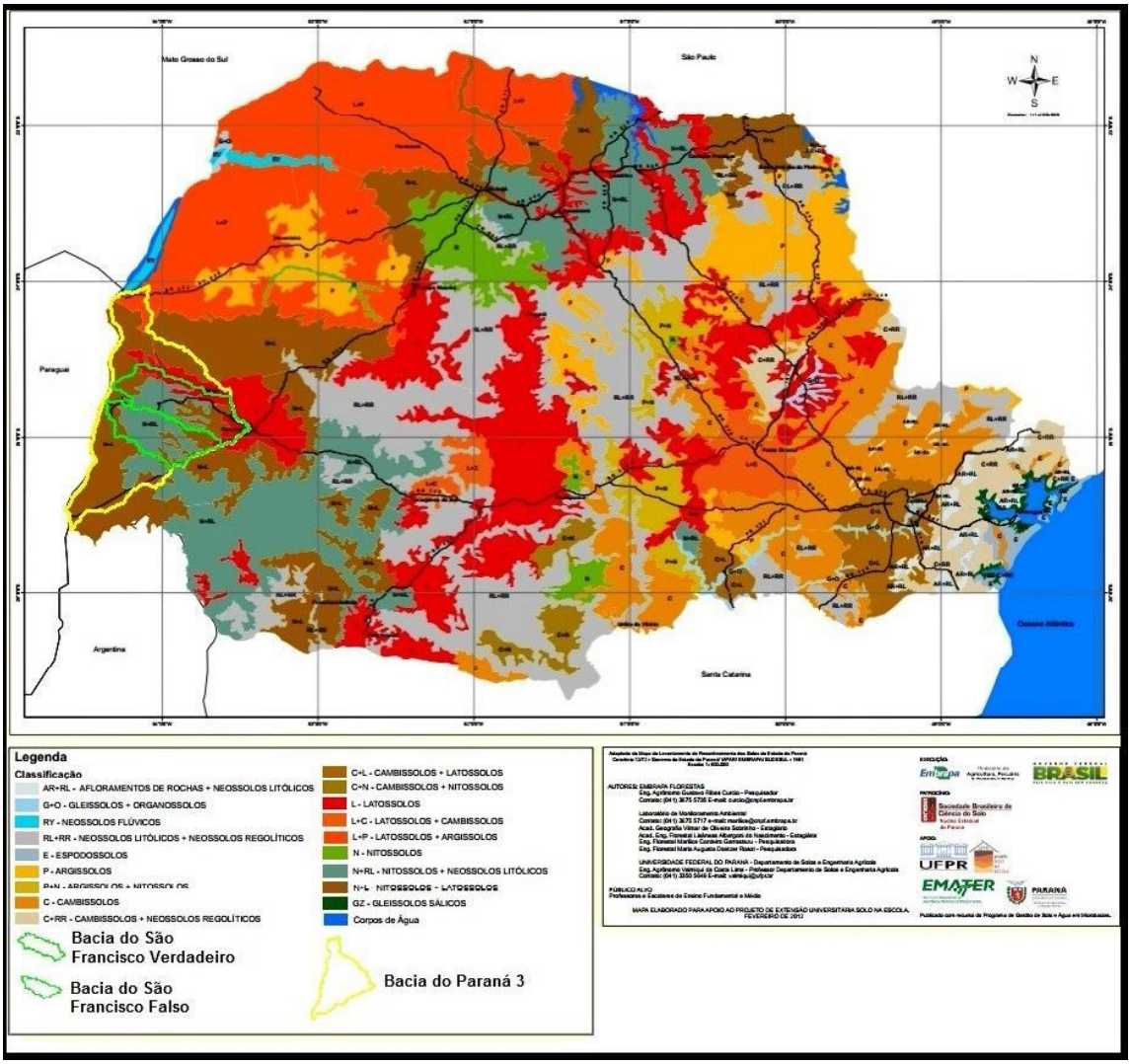


Fonte: MINEROPAR. **Parque Nacional do Iguaçu**. Adaptado pelo autor. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=12> Acesso em 19 ago. 2015.

Maack (2002) expõe que a área de abrangência do Terceiro Planalto representa uma região onde ocorreram grandes derramamentos de lavas do vulcanismo gondwânico do Pós-Triássico até o Neo-Cretáceo. A respeito de seu declive total, é composto por um suave abaulamento tectônico em um arco aberto para leste contornando o Complexo Cristalino, e seu eixo possui orientação de W-E a partir de onde existiam as Sete Quedas, que atualmente se encontram submersas por conta da construção da barragem de Itaipu, e que corta o eixo principal da depressão do Paraná em um ângulo de aproximadamente 70º.

O solo é um dos componentes mais importantes da natureza, pois é um dos mais responsáveis por sustentar as interações do ecossistema, fornecendo condições para o crescimento de plantas, regula a distribuição e armazenamento de recursos hídricos e nutrientes, além de ser utilizado em benefício dos humanos, servindo como matéria-prima e base para a construção de casas, produção agrícola, entre outros. Entretanto, apesar de todos os benefícios, é necessário entender sobre suas características a fim de evitar sua degradação oferecendo riscos ao ambiente. Na BP3, conforme se observa na Figura 14, tem-se a ocorrência dos seguintes solos: Latossolos, Nitossolos, Neossolos Litólicos e Argissolos.

Figura 14 - Mapa de solos do Paraná



Fonte: SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Mapa simplificado de solos do estado do Paraná**. Adaptado pelo autor. Disponível em: < http://www.sbcs-nepar.org.br/images/nepar/publicacoes/mapa-solo-pr.pdf > Acesso em: 12 abr. 2016.

De modo geral, são solos bem desenvolvidos e bem drenados, mantendo-se estáveis no que diz respeito à estabilidade e pouco susceptíveis a processos de perda de solo. Entretanto, em declividades fortes ocorrem solos mais propícios à erosão, que merecem maiores cuidados com as práticas de uso e ocupação, além da limitação de uso de maquinários.

De acordo com a Embrapa (2013), os conceitos das classes de solos encontradas na BP3 são:

— Latossolos: Solos com avançado grau de intemperização e muito evoluídos. Variam de fortemente e bem drenados, entretanto ocorrem em menor escala solos com

drenagem imperfeita. São muito profundos, obtendo raramente espessura inferior a 1 m. Apresentam sequência de horizontes A, B e C. São geralmente fortemente ácidos. Ocorrem em regiões equatoriais, tropicais e subtropicais, em relevos planos e ondulados, podendo ocorrer em locais mais acidentados.

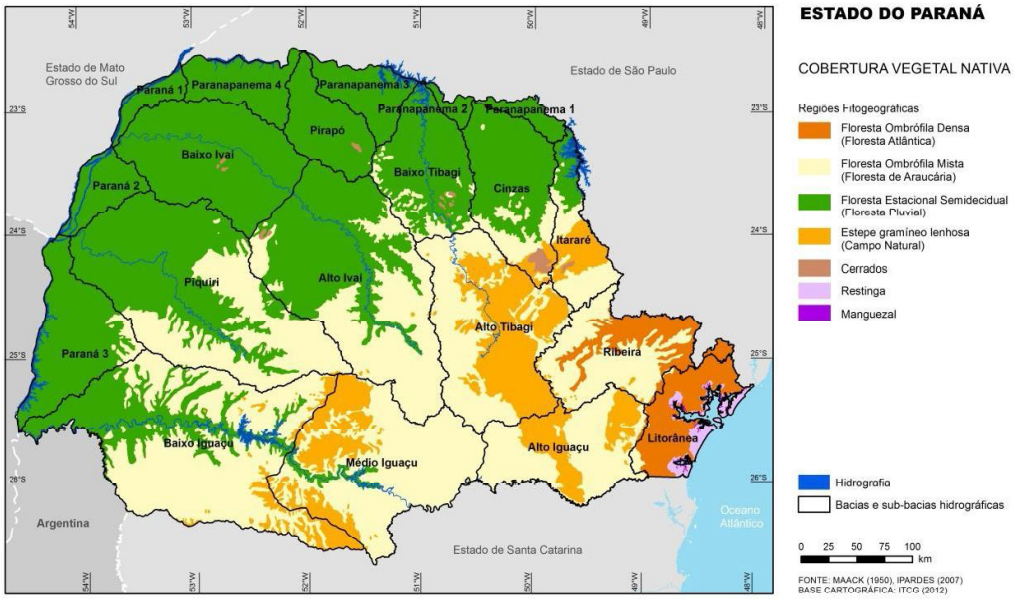
— Nitossolos: Apresentam horizonte B bem espesso em termos de grau de desenvolvimento de estrutura. São solos profundos, bem drenados e de coloração variando de vermelha a brunada. São geralmente moderadamente ácidos e ácidos, com baixa atividade de argila.

— Neossolos Litólicos: São solos com horizonte A ou hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C, ou sobre material com mais de 90% constituído de fragmento de rocha, apresentando contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Admitem horizonte B em início de formação, não apresentando horizonte B diagnóstico. Apresentam baixa atuação de processos pedogenéticos.

— Argissolos: Apresentam horizonte B textural com baixa e alta atividade. O horizonte B textural é encontrado abaixo de qualquer horizonte superficial. Sua profundidade é variável, desde forte a imperfeitamente drenados. Apresentam texturas arenosa e argilosa. Podem ser moderadamente ou fortemente ácidos.

Na Bacia do São Francisco predomina a vegetação de Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual, com maior ocorrência desta, como mostra na figura de cobertura vegetal nativa do Paraná (Figura 15). A Floresta Ombrófila Mista é resultado de uma interpenetração de floras de origem austral-andina e floras de origem tropical afro-brasileira (VELOSO et al., 1991 apud SONEGO et al., 2007) apresentando grandes alturas e diâmetros. Caracteriza-se pela presença de *Araucária angustifolia*, que, por encontrar-se de modo abundante, porte e copas corimbiformes, destaca-se por um aspecto fitosionômico deste tipo de formação de vegetação (AUBREVILLE, 1949; KLEIN, 1960; 1984A; HUECK, 1972; BACKES, 2001 apud SONEGO et al., 2007).

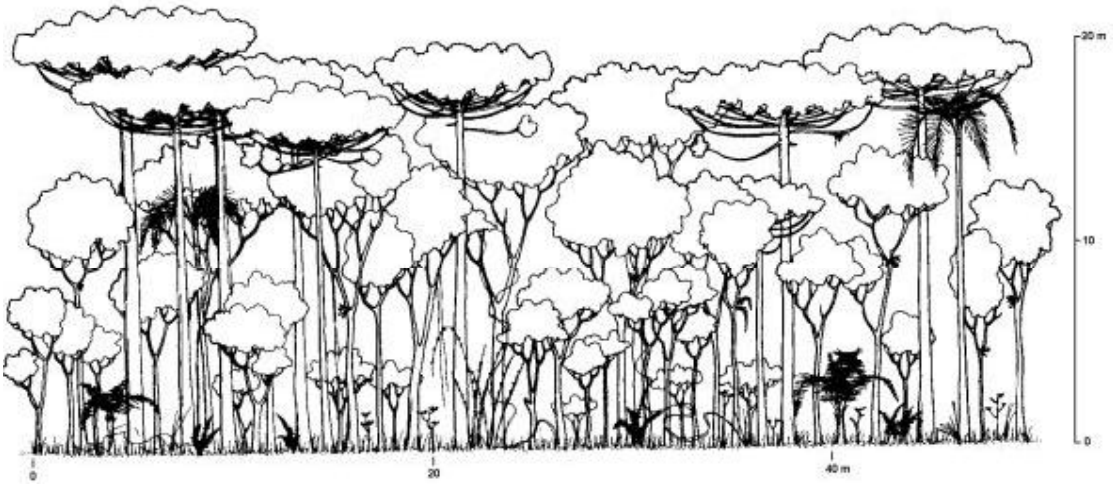
Figura 15 - Cobertura vegetal nativa do Paraná



Fonte: IPARDES: **Cobertura vegetal nativa**: Paraná. Disponível em: < http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_ambiental/cobertura_vegeta_nativa_PR.jpg.> Acesso em: 12 março 2016.

Na Floresta Ombrófila Mista (Figura 16), a *Araucária angustifolia* forma uma cobertura muito característica, que de modo contínuo traz impressão de se tratar de uma formação uniestratificada. Ocorre, porém, que, sob a cobertura das copas das araucárias podem ser encontradas outras espécies de árvores, ervas, arbustos, entre outros que variam sua ocorrência e porte dependendo do tipo de desenvolvimento proporcionado pelas regiões em que se encontram (LINDMAN, 1906; KLEIN, 1960 apud SONEGO et al., 2007).

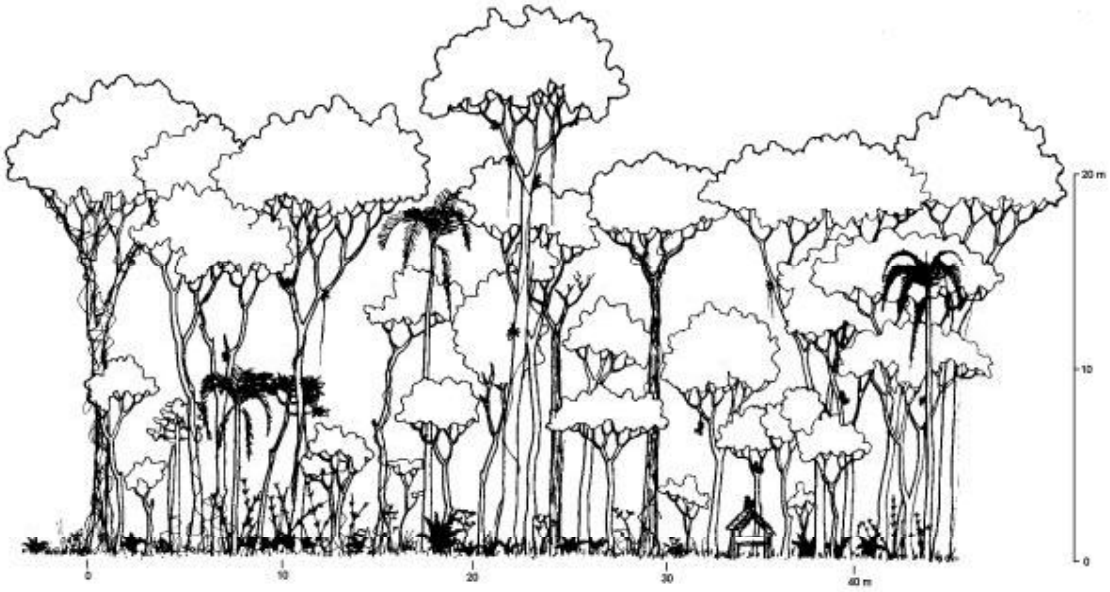
Figura 16 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Irati - PR, com predominância de Araucaria, Ocotea, Cedrela, Casearia, Sloanea, Podocarpus, Campomanesia, Ilex e Capsicodendron.



Fonte: Roderjan et al.(2002). **Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná**. Disponível em: < http://www.mauroparolin.pro.br/biogeografia/parana.pdf > Acesso em 15 abr. 2016.

A Floresta Estacional Semidecidual (Figura 17) sofre influência sob diferentes estações climáticas com chuvas e secas, ocasionando perda de suas folhas. Com isso as plantas têm a capacidade de regular seu balanço hídrico, perdendo suas folhas em períodos mais secos, e ganhando folhagem em épocas chuvosas. Esse tipo de floresta encontra-se estruturado por camadas, com estrato arbóreo com dossel (copa) elevado, com ocorrência de árvores que atingem até 40 metros de altura. Na base desse tipo de floresta se encontra grande diversidade de plantas arbustivas e herbáceas. Ocorre em diferentes tipos de clima, solo e revelo. Basicamente são compostas por três subdivisões: Aluvial com a formação das matas ciliares; Submontana desenvolvendo-se em solos mais secos e em regiões abaixo das montanhas; e Montana, onde sua ocorrência está em áreas montanhosas com elevações médias acima de 400 metros (SEMA, 2010).

Figura 17 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual, com predominância de Aspidosperma, Peltophorum, Enterolobium, Parapiptadenia, Cordia, Gallesia, Balfourodendron, Holocalyx e Cedrela.

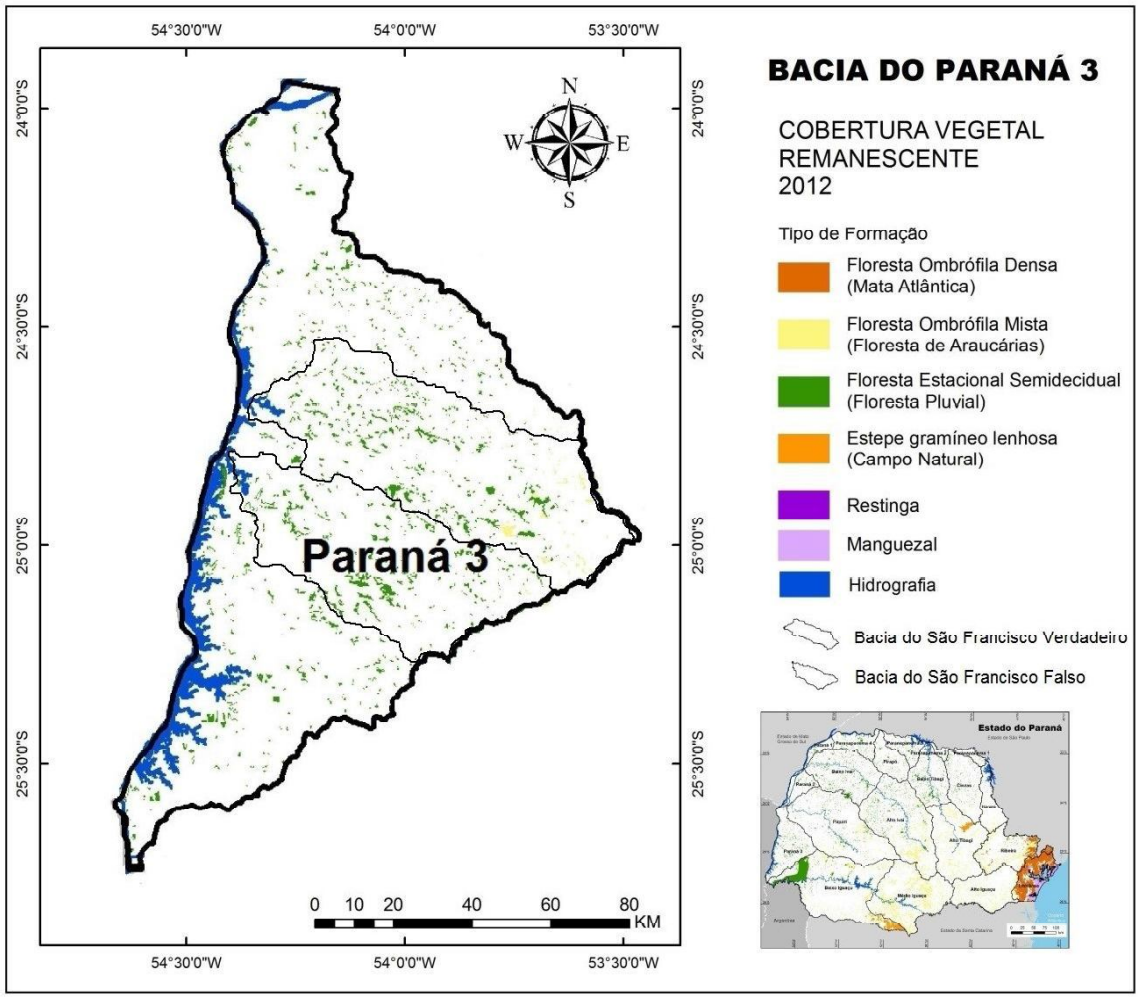


Fonte: Roderjan et al.(2002). **Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná**. Disponível em: < http://www.mauroparolin.pro.br/biogeografia/parana.pdf > Acesso em 15 abr. 2016.

Conforme Accioly (2013), a Floresta Estacional Semidecidual foi a mais devastada de todo o estado do Paraná, restando apenas 6,07% dessa tipologia. A devastação significativa dessa cobertura original se deu em razão das condições edáficas da região onde predomina esse tipo de cobertura vegetal, que contempla os melhores solos do país. Com isso, a vegetação foi reduzida para abrir espaço principalmente às atividades agropecuárias.

Como visto, a Floresta Estacional Semidecidual cobre a maior parte da BP3, consequentemente cobre os territórios da Bacia do São Francisco Verdadeiro e do São Francisco Falso. Com o mapeamento temático da distribuição dos remanescentes florestais (Figura 18) é possível visualizar a cobertura vegetal restante dessa floresta no ano de 2012.

Figura 18 - Cobertura vegetal remanescente (2012) da Bacia do Paraná 3.



Fonte: IPARDES. **Indicadores de sustentabilidade ambiental**. Adaptado pelo autor. Disponível em: < http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_ambiental/cobertura_vegetal_remanescente_2012.jpg > Acesso em: 14 abr. 2016.

3.2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA

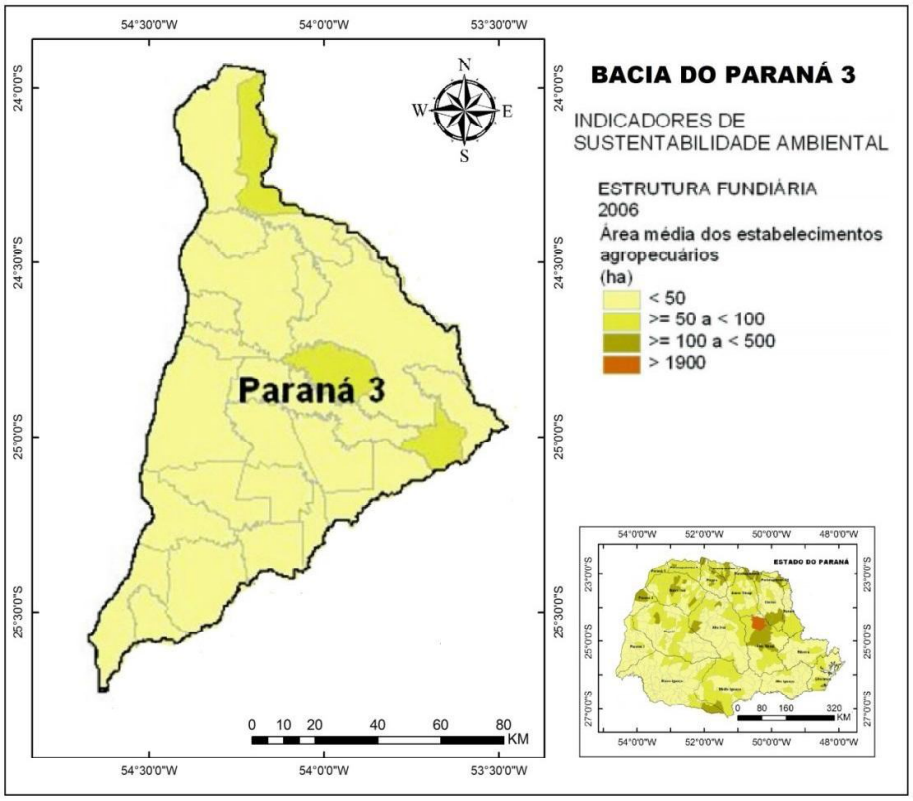
Os municípios possuem características espaciais, econômicas e culturais a partir do tipo de ocupação a que são submetidos. Nesse sentido, entender um pouco do processo histórico ajuda a compreender a dinâmica do processo de ocupação. Um dos fatores que motivou a ocupação dessa parte do Paraná refere-se aos recursos naturais existentes, como a qualidade do solo e as formas de relevo que proporcionam a prática agrícola.

A partir de 1940, o governo paranaense estendeu seus projetos colonizadores à região, realizando-o com a participação de quatro grandes empresas colonizadoras: a Industrial Madeireira Rio Paraná – MARIPÁ, a Rio Paraná, a Pinho e Terras e a Norte do Paraná, que obtiveram, dos governos federal e estadual, a autorização para a aquisição das

glebas de terras para a ocupação, levando posteriormente a venda de lotes para colonizadores migrantes, predominantemente do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (RIPPEL, 2005).

De modo geral, o modelo de colonização na região tinham como objetivo o retorno do capital e o desenvolvimento regional, buscando atingir o maior número de pessoas. As colonizadoras adquiriam grandes propriedades e repartiam em menores, possibilitando um número maior de famílias a conseguir um pedaço de terra, abrindo espaço para a migração até mesmo de pessoas de outros estados (RAMOS, 2003). O fator de repartição das terras para vários proprietários explica a estrutura fundiária dos estabelecimentos agropecuários da região da BP3, caracterizando-se com baixa concentração de terras. Os municípios de Terra Roxa, Ouro Verde do Oeste e Santa Tereza do Oeste possuem área média de >= 50 a < 100 hectares (ha), e os demais com propriedades todas menores de 50 hectares (Figura 19). Ainda conforme dados disponíveis pelo IAP (s.d), os módulos fiscais por município da BP3 equivalem a 18 hectares (ha), com exceção de Guaíra, que equivale a 20 ha, entretanto esse município não abrange os limites da bacia do rio São Francisco.

Figura 19 - Estrutura fundiária (2006) da Bacia do Paraná 3.



Fonte: IAPARDES: **Indicadores de sustentabilidade ambiental**. Adaptado pelo autor. Disponível em: < http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_ambiental/mapa3.pdf > Acesso em: 14 abr. 2016.

No quadro 2, pode-se visualizar a origem principal da leva colonizadora de cada município que compõe a área que abrange a bacia do São Francisco. Observa-se também que alguns surgiram a partir do desmembramento de outros municípios ao decorrer dos anos.

Quadro 2- Data de instalação, Município de Origem e Colonização dos Municípios da Bacia do São Francisco.

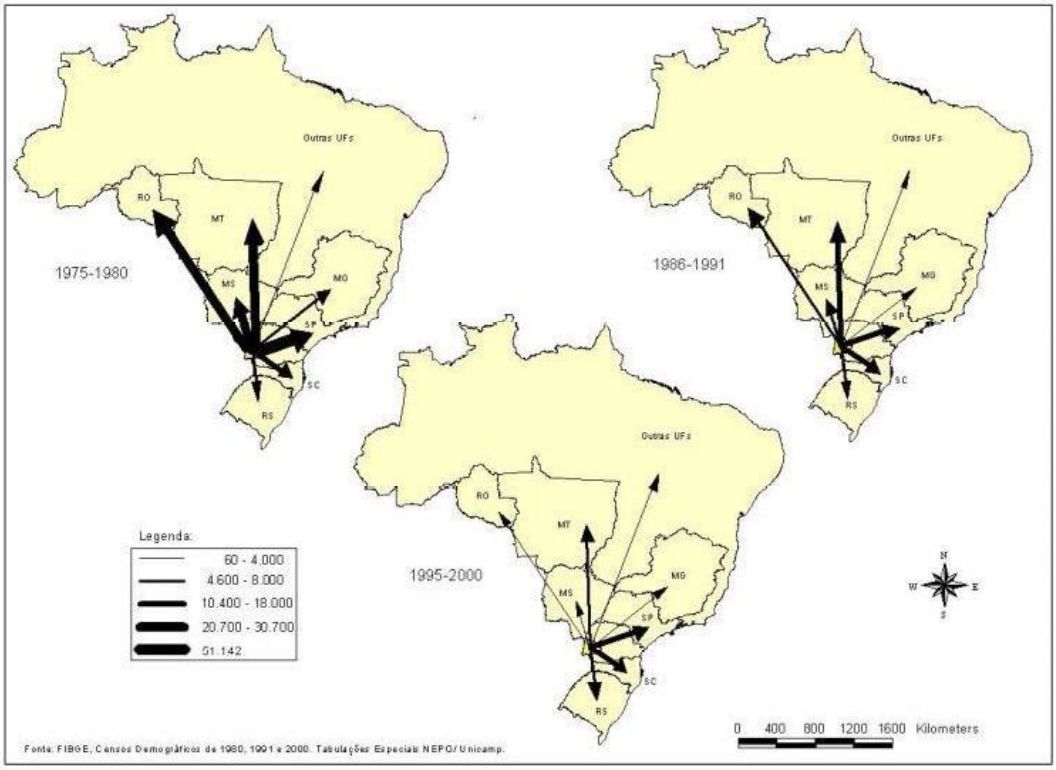
Localidade	Data de Instalação	Origem e Desmembramento Dos Municípios	Colonização
Cascavel	14/12/1952	Foz do Iguaçu	Imigrantes Sulinos
Céu Azul	22/12/1968	Matelândia	Pinho e terras Ltda.
Diamante D'Oeste	01/01/1989	Matelândia	Imigrantes Sulinos
Entre Rios do Oeste	01/01/1993	Marechal Cândido Rondon	Colonizadora Rio Paraná – MARIPÁ
Marechal Cândido Rondon	02/12/1961	Foz do Iguaçu e Toledo	Colonizadora Rio Paraná – MARIPÁ
Missal	01/02/1983	Medianeira	Bispos das Mitras Diocesanas de Palmas e Toledo
Matelândia	28/11/1961	Foz do Iguaçu	Pinho e Terras Ltda
Ouro Verde do Oeste	01/01/1990	Toledo	Colonizadora Rio Paraná – MARIPÁ
Pato Bragado	01/01/1993	Marechal Cândido Rondon	–
Quatro Pontes	01/01/1993	Marechal Cândido Rondon	Colonizadora Rio Paraná – MARIPÁ
Ramilândia	01/01/1993	Matelândia	Nordestinos e Mineiros
Santa Helena	22/12/1968	Marechal Cândido Rondon e Medianeira	Colonizadora Madalosso – de Erechim RS
Santa Tereza do Oeste	01/01/1990	Cascavel e Toledo	–
São José das Palmeiras	01/01/1986	Santa Helena	Desbravadores – Bandeirantes
São Pedro do Iguaçu	01/01/1993	Toledo	Colonizadora Bentem
Toledo	14/12/1952	Foz do Iguaçu	Colonizadora Rio Paraná – MARIPÁ
Vera Cruz do Oeste	01/02/1983	Céu Azul	Antônio Vilas Boas

Fonte: IPARDES (2010) org. por FABRIS, D. R. et. al. (2011) Adaptado por SILVA, Diogo Vieira (2016).

A partir da década de 1970, em decorrência da modernização da agricultura regional, voltada para a exportação (soja e trigo), acontecem alterações na capacidade de absorção e manutenção da mão de obra no campo. Com isso ocorre uma grande queda no fluxo de imigrantes para a região. Somado com as dificuldades no setor agrícola a partir de 1980, esse contexto gerou diversos problemas sociais e um declínio nas condições socioeconômicas do Oeste paranaense, gerando pressão sobre os pequenos proprietários (MAGALHÃES, 1996 apud RIPPEL, 2005). Assim, com o advento tecnológico aliado a consideráveis mudanças econômicas, o êxodo rural tornou-se cada vez mais presente, resultando no aumento da

população nos núcleos urbanos, bem como a migração da região Oeste para outros estados brasileiros, conforme indicativo percebido pela consulta à Figura 20.

Figura 20- Principais fluxos de emigração interestadual do Oeste do Paraná – 1975-80, 1986-91 e 1995-2000.

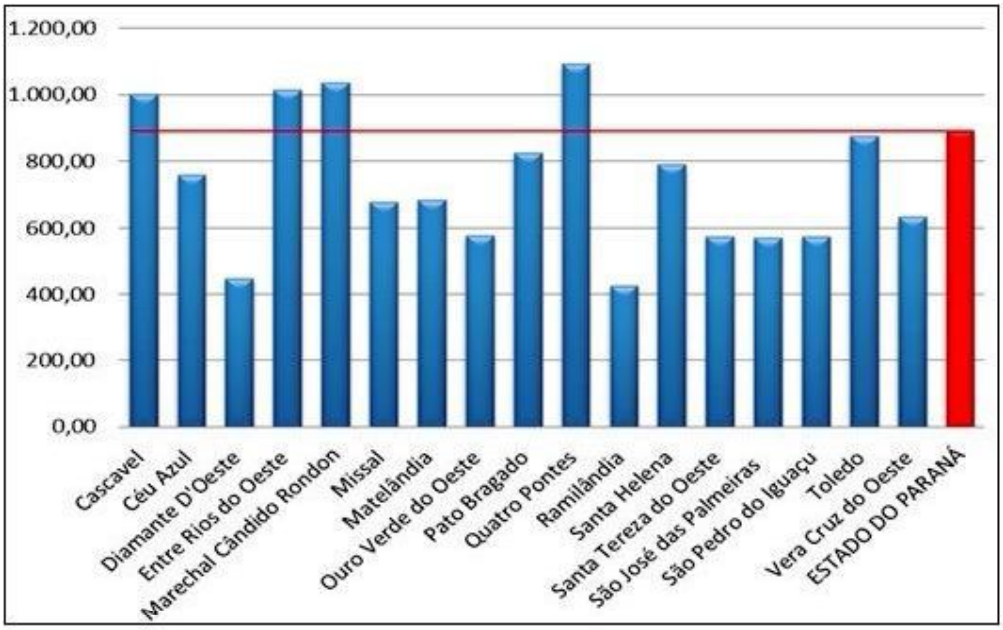


Fonte: RIPPEL, 2005. p. 152.

É possível perceber que, logo a partir da modernização da agricultura, aliada as lavouras temporárias, houve uma expressiva migração entre os anos de 1975 e 1980. Nos períodos de 1986-1991 e 1995-2000, o fluxo de emigração interestadual apresenta, além de um comportamento mais estável, a diminuição de fluxos migratórios.

Em relação ao perfil sociodemográfico, poucos municípios são classificados como socialmente críticos. Ainda assim, a situação das condições sociais do conjunto de municípios presentes na região Oeste do Paraná é bastante heterogênea. Isso pelo motivo de muitos municípios estarem entre os 10% em melhores condições socioeconômicas do Estado mas, em contrapartida, existe outra parcela que se encontra entre os 10% em situações mais críticas (IPARDES, 2008). De acordo com o Gráfico 1, é possível verificar bem a heterogeneidade de renda *per capita* (em R$) de 2010 dos municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do São Francisco, sendo possível a comparação de renda com o estado do Paraná.

Gráfico 1 - Renda per capita (em R$) 2010, dos municípios da Bacia do rio São Francisco.



Fonte: **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.** Disponível em: < http://atlasbrasil .org.br/2013/ >. Elaborado por: SILVA, Diogo Vieira. 2016.

Há municípios com receitas próprias relativamente baixas, tornando-se dependentes de transferências estaduais e federais. Esse fato retira da dinâmica local a responsabilidade por suprir os cofres públicos municipais de recursos. Ocorre, no entanto, que os municípios estão sendo cada vez mais responsabilizados para suprir encargos públicos, gerando déficits em seu equilíbrio orçamentário. Apesar da condição geral dos municípios da região, alguns têm problemas minimizados da respectiva condição financeira. São aqueles que recebem ajuda, como os *royalties* pela produção de energia elétrica, e outros que recebem ICMS ecológico por manter reservas naturais em seu território (FONSECA, 2008).

Apenas os valores de renda *per capita* não são suficientes para medir a qualidade de vida em valores médios das pessoas residentes em cada um desses municípios. Desse modo, é importante ter ciência do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de cada deles. De Acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o IDHM é uma média composta por três indicadores do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. A Tabela 2 mostra os índices do ano 2010 dos municípios que compõem a Bacia do São Francisco.

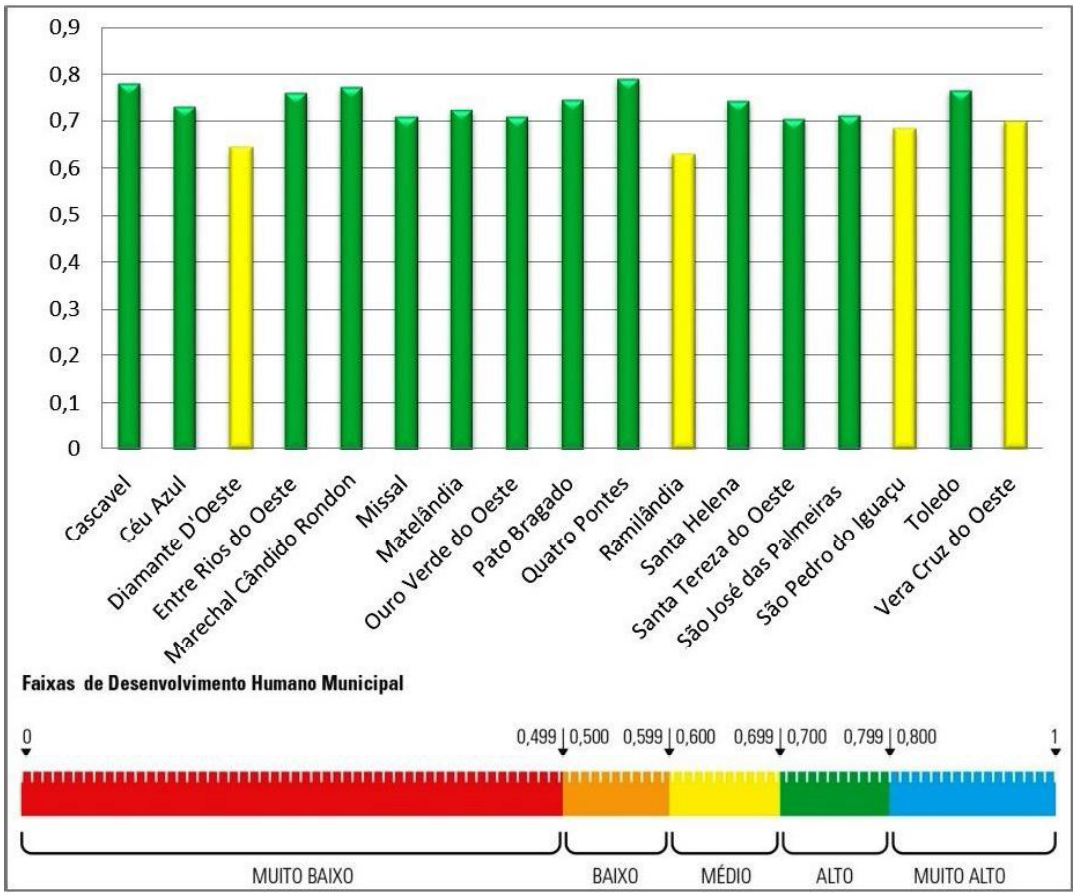
Tabela 2 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 2010 dos munícipios que compõe a Bacia do São Francisco.

Município	IDHM renda	IDHM Longevidade	IDHM educação	IDHM Geral	Posição no ranking nacional
Cascavel	0.776	0.846	0.728	0.782	113°
Céu Azul	0.732	0.812	0.659	0.732	965°
Diamante D'Oeste	0.647	0.776	0.532	0.644	3222°
Entre Rios do Oeste	0.778	0.826	0.686	0.761	350°
Marechal Cândido Rondon	0.782	0.842	0.704	0.774	185 °
Missal	0.714	0.828	0.608	0.711	1574°
Matelândia	0.715	0.831	0.642	0.725	1154°
Ouro Verde do Oeste	0.688	0.817	0.634	0.709	1638°
Pato Bragado	0.745	0.807	0.694	0.747	599°
Quatro Pontes	0.790	0.838	0.748	0.791	62°
Ramilândia	0.639	0.802	0.489	0.630	3487°
Santa Helena	0.738	0.823	0.678	0.744	667°
Santa Tereza do Oeste	0.686	0.808	0.632	0.705	1756°
São José das Palmeiras	0.686	0.844	0.627	0.713	1514°
São Pedro do Iguaçu	0.687	0.798	0.581	0.683	2359°
Toledo	0.755	0.855	0.702	0.768	249°
Vera Cruz do Oeste	0.702	0.811	0.601	0.699	1934°

Fonte: **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em: < http://www.atlasbrasil.org.br /2013/pt/ranking >. Elaborado por: SILVA, Diogo Vieira. 2016.

Esse índice varia entre 0 a 1. Isso significa que quanto mais próximo de 1, o desenvolvimento humano é maior. Conforme consta no PNUD Brasil, os índices possuem faixas para identificar o grau de desenvolvimento Humano Municipal. Assim, os índices de 0 a até 0,499 indicam um desenvolvimento considerado muito baixo, de 0,500 até 0,599 baixo, 0,600 até 0,699 é médio, de 0,700 até 0,799 um nível alto e de 0,800 até 1 o grau de desenvolvimento é muito alto. Com isso, pode-se observar, no Gráfico 2, que, com exceção de Diamante D'Oeste, de Ramilândia, de São Pedro do Iguaçu e de Vera Cruz do Oeste, todos os municípios que compõem a Bacia do São Francisco, todos estão com alto IDHM.

Gráfico 2 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), dos municípios da Bacia do São Francisco.



Fonte: **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em: < http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking >. Elaborado por: SILVA, Diogo Vieira. 2016.

A região tem um comportamento semelhante ao do estado do Paraná no que diz respeito ao movimento populacional. A maior concentração se dá nos núcleos urbanos. Isso ocorre devido ao seu desempenho no setor agrícola em termos de produção e absorvedor de novas tecnologias, sendo responsável por liberar significativa mão de obra para o meio urbano. Também se pode levar em consideração a construção da barragem do lago de Itaipu, fazendo com que várias famílias rurais fizessem o processo de mudança para os núcleos urbanos (ARAÚJO, 2008).

No conjunto, entre os municípios com maior desenvolvimento estão Toledo e Cascavel, sendo responsáveis pela concentração da polarização de atividades regionais, que inclui também um eixo dinâmico passando por Marechal Cândido Rondon, Palotina estendendo-se até Guaíra (IPARDES, 2008). Esses municípios citados, com exceção de

Guaíra, conseguem desenvolver atividades produtivas urbanas, mantendo a capacidade de arrecadação própria (FONSECA, 2008).

Cascavel é o polo regional com maior centralidade presente e que tende a se manter nesse sentido. Sua centralidade no ramo do agronegócio é significativa, passando pela comercialização até o desenvolvimento da oferta de serviços especializados na área. O que, porém, tornou o município o centro com maior polarização foi o desenvolvimento de suas atividades diversificadas com grau de complexidade em nível regional. Seu comércio varejista, além de diversificado, é capaz de atender praticamente a toda a demanda regional, sem a necessidade de recorrer a centros maiores. Além disso, o comércio atacadista também é capaz de atender ao comércio varejista regional, além de considerar outras regiões a nível estadual e federal. O setor de serviços se destaca com sua diversidade e especialização. Cascavel oferece serviços de educação, consultoria empresarial, saúde, dentre vários outros setores (PERIS et al., 2008).

3.2.1 Programas, projetos e ações em andamento na Bacia do Paraná 3

A bacia do Paraná 3 possui programas, projetos e ações em andamento envolvendo iniciativas do Poder Público, do setor Privado e de Organizações Não Governamentais. A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) executa o Programa de Meio Ambiente do governo do Paraná que tem como objetivo conservar a biodiversidade através de instrumentos de controle da qualidade ambiental, mediante a gestão, conservação e recuperação dos recursos naturais, água, ar, solo, flora e fauna, e desenvolver instrumento de organização e gerenciamento dos limites de uso e ocupação do território paranaense. As ações que envolvem o programa são as seguintes: a) licenciamento, monitoramento e fiscalização ambiental das atividades econômicas, obras e empreendimentos; b) gerenciamento de áreas protegidas; c) recomposição e recuperação de recursos naturais, envolvendo os diversos segmentos governamentais e iniciativa privada, tais como ONGs, órgãos de classe, instituições de ensino e pesquisa e setor produtivo. (SEMA, s.d.).

Outro programa impactante que envolve ações ambientais é o Cultivando Água Boa, promovido em 2003, por iniciativa da Itaipu Binacional. São desenvolvidos 20 programas e 65 ações fundamentadas nos principais documentos planetários, estando em debates sobre a problemática socioambiental. Suas ações estão compreendidas desde a recuperação de microbacias, proteção das matas ciliares e biodiversidade, até o envolvimento com a conscientização ambiental dos cidadãos (CULTIVANDO ÁGUA BOA, s.d.).

Nesse caso da gestão e da implementação do programa socioambiental, trata-se de atividades eminentemente participativas. Suas ações são desenvolvidas com a parceria entre a Itaipu, entidades sociais e ambientais, instituições públicas e privadas. A organização de operação desse processo é realizada através de comitês gestores. Os membros dos comitês fazem reuniões periódicas para acompanhar o andamento das ações do Cultivando Água Boa em cada município. Também é realizada com órgãos do Executivo, Judiciário e ambientais para auxiliarem nas soluções, principalmente em razão de pequenas propriedades. O processo participativo é composto pelas seguintes etapas: i). seleção da microbacia; ii).sensibilização; iii) comitês gestores; iv) oficinas do futuro; v) convênios, acordos, termo de compromisso; vi) ajustes de parcerias; e vii) futuro no presente (ITAIPU, s.d.).

O programa Gestão por Bacias, integrado ao Cultivando Água Boa, traz benefícios ambientais para a BP3, a fim de monitorar a qualidade da água da bacia. Assim, conforme registrado pela Itaipu, tem os seguintes objetivos:

— promover a conservação dos solos da BP3;

— melhorar o sistema viário rural da BP3, reduzindo o aporte de sedimentos das estradas para o reservatório e contribuindo para a qualidade de vida dos agricultores;

— implementar medidas de saneamento rural, reduzindo a contaminação dos recursos hídricos e beneficiando diretamente os agricultores;

— contribuir para a correção de passivos ambientais das propriedades rurais nas diferentes microbacias hidrográficas da BP3;

— minimizar impactos da atividade agropecuária sobre o reservatório da Itaipu, em termos de aporte de sedimentos, nutrientes e agrotóxicos;

— fazer a gestão dos recursos hídricos proporcionando os usos múltiplos das águas, em conformidade com Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, Art. 1º);

— contribuir para a proteção das áreas de matas ciliares.

A partir desses objetivos, a Itaipu apresenta até o momento resultados como quase 4 mil hectares de áreas agrícolas terraceadas, mais de 300 quilômetros de estradas rurais adequadas, cascalhamento de aproximadamente 200 quilômetros, construção de 500 quilômetros de cercas para isolar áreas de matas ciliares, contribuindo para a restauração da vegetação. Além disso, com o intuito de reduzir a contaminação dos recursos hídricos, foram instalados 94 abastecedouros para evitar o abastecimento de pulverizadores agrícolas diretamente nos cursos d'água e foram doados 85 distribuidores de dejetos de animais,

fazendo com que seja distribuída de forma adequada em lavouras e pastagens, permitindo minimizar a contaminação dos recursos hídricos da BP3. (ITAIPU, s.d.).

A SEMA e a ITAIPU são instituições que atuam diretamente na conservação ambiental, contribuindo para a recomposição florestal. Essas instituições, além de trabalharem na recuperação dos recursos naturais, estão envolvidas no gerenciamento de áreas protegidas. É nítida, por exemplo, a recuperação da mata ciliar, principalmente às margens do lago de Itaipu. Entretanto, a composição de todas as ações contribui positivamente para o equilíbrio do ecossistema a nível regional, resultando em melhor qualidade de vida, como também aumenta a eficiência de empreendimentos econômicos. É válido mencionar que, com a recuperação da mata ciliar do lago de Itaipu, a ITAIPU Binacional estende a vida útil na geração de energia, portanto, garantindo seu desempenho econômico.

4 METODOLOGIA

4.1 MATERIAIS

Os materiais consistem de imagens do satélite Landsat-1, sensor *Multispectral Scanner* – MMS para o mapeamento de 1973, Landsat-5, sensor *ThematicMapper* – TM para os mapeamentos de 1990, 2000/2001 e 2011, cartas topográficas em escala 1:50.000 disponibilizadas pelo Instituto de Terras Cartografia e Geociências – ITCG e imagens *Rapideye* de 2011 como base de validação do mapeamento de 2011. As imagens de satélite foram obtidas do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e do *Global Land Cover Facility* – GLCF e *EarthExplorer* disponibilizado pela USGS - EUA *GeologicalSurvey*. Os aplicativos utilizados foram o SPRING, versão 5.1.8, ArcGis 10.3 para o *layout* final dos produtos cartográficos e o QGIS 2.12 para gerar pontos aleatórios para a validação do mapeamento de 2011.

5.2 MÉTODO

Os procedimentos metodológicos envolveram a estruturação do banco de dados a partir da importação dos dados, elaboração das cartas de vegetação nas datas de 28/8/1973, 12/9/1990, 24/8/2000-2/8/2001 e 13/7/2011. Para o desenvolvimento do mapeamento utilizou-se a classificação supervisionada *Battacharya*, implementada no aplicativo SPRING 5.1.8. Os arquivos digitais em formato *shapefile* da área do estudo e rede de drenagem na escala 1:50.000 foram disponibilizados através de um banco de dados de projetos desenvolvidos pelo Grupo Multidisciplinar de Estudos Ambientais – GEA.

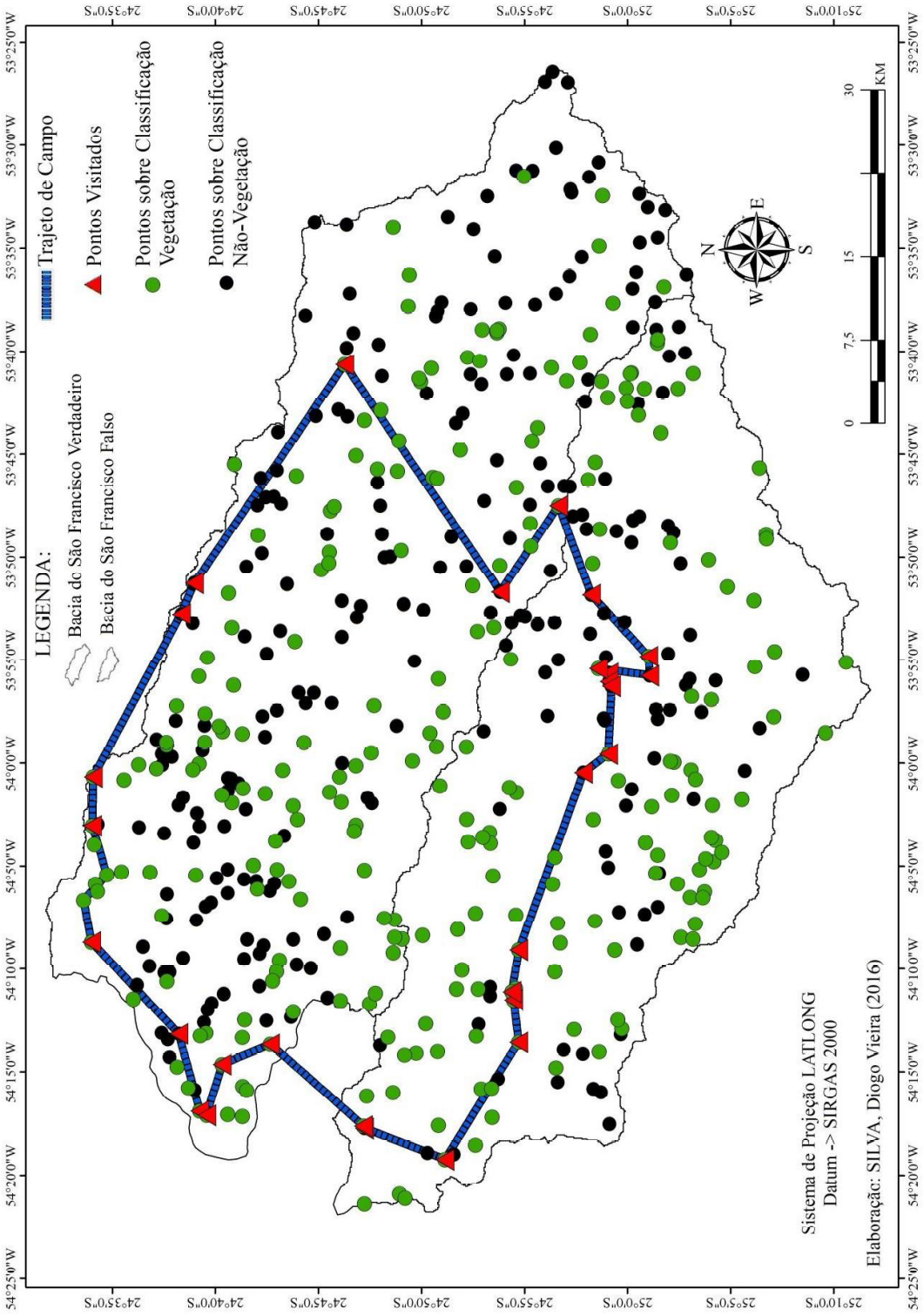
De modo geral, as etapas para o mapeamento consistiram de: i) georreferenciamento das imagens Landsat, baseando na imagem ortorretificada do GLCF; ii) redução da dimensionalidade considerando apenas a área do estudo; iii) definição dos limiares de similaridade e área a partir do método exploratório para o procedimento de segmentação; iv) classificação da vegetação; v) edição do mapeamento; vi) confecção dos documentos cartográficos finais; vii) entrevista com técnico do Instituto Ambiental do Paraná – IAP, para verificar a pertinência da classificação (apêndice A e B); viii) validação da classificação; e ix) atividade de campo para qualificar a classificação. A classificação das imagens também contou com a utilização das imagens em composição colorida para o procedimento de interpretação visual. Informações do técnico do IAP/Toledo, que é o órgão responsável pelo

gerenciamento da área de estudo também foram utilizadas. Foram definidas apenas duas classes, vegetação e não vegetação. A classe de vegetação compreende áreas formadas pelos fragmentos florestais, seja nativos ou recompostos, e a classe não-vegetação, compreende todas as outras tipologias, como lavoura, água, áreas urbanas, etc. Esses procedimentos são essenciais para analisar onde houve retirada da mata para a utilização agrícola, e verificar distribuição espacial e temporal da vegetação na área de estudo.

O mapeamento, como mencionado, aconteceu em quatro períodos: 1973, 1990, 2000/2001 e 2011. O primeiro momento justifica-se por ser a época de implementação da Lei 4771/1965 do CF, o segundo por ser o período de instalação da Itaipu Binacional (cujo reservatório foi formado em 1982), o terceiro por ser o período intermediário e, por fim, o quarto momento pelo motivo de se compor por um período recente, quando já se conseguem imagens necessárias para o trabalho e quando termina a vigência do CF de 1965, dando lugar ao Novo CF de 2012.

O procedimento de validação da classificação pautou-se na geração de 500 pontos aleatórios para o mapeamento de 2011 por meio do aplicativo QGIS 2.12. A definição do número de pontos pautou-se no uso da função binomial, recomendada para mapas temáticos que apresentam apenas duas classes temáticas, neste caso, vegetação e não vegetação (consultar Adami et al., 2012 para maiores informações sobre a definição do número de pontos). Desses, 250 pontos foram gerados sobre a classe de vegetação e 250 pontos sobre a classe de não-vegetação (Figura 21).

Figura 21 - Pontos aleatórios da área de estudo, trajeto de campo e pontos visitados.



Os pontos das duas classes foram confrontados com base nas imagens *Rapideye* de 2011, com intuito de verificar a precisão global do mapeamento. As imagens RapidEye possuem tamanho de *pixel* de 5 m, e é coerente para o processo de validação. Esse procedimento foi necessário dada a impossibilidade financeira, de tempo e de dificuldade para acessar todos os 500 pontos em campo. As equações de precisão do usuário e precisão do produtor para a cana (UA_{sh} e Pa_{sh}) e não-cana (UA_{nh} e Pa_{nh}), classes e a precisão global (OA) são baseados na matriz de erro para cada estrato (h), e n representa o número de pontos de cada classe, mostrados na Tabela 3, conforme observado em Adami et al. (2012).

Tabela 3 - Matriz de erro para cada estrato, com precisão geral (OA), a precisão do usuário (UA) e as equações precisão do produtor (PA).

		Referência Imagens RapidEye		
	Classe	***Vegetação***	***Não-Vegetação***	**Total da Linha**
Map	**Vegetação**	$\boldsymbol{n_{11}}$	n_{12}	$Tms = n_{11} + n_{12}$
	Não Vegetação	n_{21}	$\boldsymbol{n_{22}}$	$Tmn = n_{21} + n_{22}$
Column Total		$Trs = n_{11} + n_{21}$	$Trn = n_{12} + n_{22}$	$n_h = n_{11} + n_{12} + n_{21} + n_{22}$
OA_h			$(n_{11}+n_{22})/n_h$	
UA		$UA_{sh} = n_{11}/Tms$	$UA_{nh} = n_{22}/Tmn$	
PA		$PA_{sh} = n_{11}/Trs$	$PA_{nh} = n_{22}/Trn$	

n_{ij} represents the number of pixels with map class *i* and reference class *j*.

Fonte: ADAMI, et al. (2012). Adaptado pelo autor.

Após a verificação da precisão baseada previamente na imagem de satélite Rapideye, realizou-se uma campanha de campo no dia 13 de abril de 2016, em que foram visitados 30 pontos (ver Figura 21). Imagens do *Google Earth* auxiliaram na localização dos pontos aleatórios. As áreas visitadas em campo incluíram pontos das duas classes, como também os pontos que apresentaram erro de classificação. Procedeu-se em campo com o registro dos locais verificados (Fotografias presentes no Apêndice C, com suas respectivas coordenadas geográficas presentes no Apêndice D).