



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PORTO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

VALDIVINO VELOSO DA SILVA

EXPANSÃO AGRÍCOLA E AS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS NO
MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO – TOCANTINS



PORTO NACIONAL - TO

2022

VALDIVINO VELOSO DA SILVA

**EXPANSÃO AGRÍCOLA E AS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS NO
MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO - TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto Sensu* em Geografia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Porto Nacional, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo
Linha de pesquisa: Análise e Gestão Geo - Ambiental

PORTO NACIONAL - TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S586e Silva, Valdivino Veloso da.
Expansão agrícola e as transformações ambientais no município de Pedro Afonso - Tocantins. / Valdivino Veloso da Silva. – Porto Nacional, TO, 2022.
180 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Geografia, 2022.
Orientador: Sandro Sidnei Vargas de Cristo
1. Expansão Agrícola. 2. Pedro Afonso. 3. Sensoriamento Remoto. 4. Uso e Ocupação da Terra. I. Título

CDD 910

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

VALDIVINO VELOSO DA SILVA

**EXPANSÃO AGRÍCOLA E AS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS NO
MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO – TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Porto Nacional. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Geografia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 15/02/2022

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo (Orientador), UFT

Prof. Dr. Atamis Antonio Foschiera, UFT

Prof. Dr. Mauricio Alves da Silva, UFT

PORTO NACIONAL - TO
2022

Os céus declaram a glória de Deus e o firmamento anuncia a obra das suas mãos. Um dia faz declaração a outro dia, e uma noite mostra sabedoria a outra noite. Não há linguagem nem fala onde não se ouça a sua voz. A sua linha se estende por toda a terra, e as suas palavras até ao fim do mundo.

(Bíblia, Salmos 19:1-4)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sua infinita graça e misericórdia, por me auxiliar na conclusão de mais uma etapa na minha vida, acadêmica e profissional, por me ajudar a superar momentos de angústia, cansaço, fraqueza e vontade de retroceder nesta empreitada árdua, pelos momentos de bonanças, mas também pelos momentos de escassez na caminhada. As bonanças me entusiasmaram, até me fizeram estar na zona de conforto. Os momentos de escassez me fizeram entender que na caminhada a jornada tem espinhos e fadigas e que a sombra, ainda está à frente.

Agradeço a minha esposa, Tatiane Martins O. Silva, pela paciência, compreensão e auxílio.

Aos meus filhos Misael Martins da Silva, Calebe Martins Silva e Abner Martins da Silva, por tornar a minha vida mais alegre e preenchida, contagiando com o amor puro e sincero de criança.

Agradeço aos meus pais, Juarez Barbosa da Silva e Guiomar Veloso da Silva, por todo amor, dedicação, apoio, orações. Pela fé e confiança em deixar seu filho sair de casa para bem distante em busca de estudos.

A minhas irmãs, Valdilene Veloso da Silva, Valdeírís Veloso da Silva, Valnice Veloso da Silva e Valdiléia Veloso da Silva, pelo apoio, carinho e orações.

Ao meu professor e orientador, Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo, pelos ensinamentos, paciência e dedicação na realização deste trabalho. Por encarar o desafio de alfabetizar geograficamente um profissional de uma área diferente da qual tem formação.

Aos Professores Dr. Atamis Antônio Foschiera e Dr. Mauricio Alves da Silva que fazem parte da banca, e tem contribuído com os apontamentos para o direcionamento e aprimoramento da pesquisa.

Agradeço ao professor Fabrício, responsável pelo Museu Histórico Frei Rafael de Taggia de Pedro Afonso. Ao Sr. Pedro Afonso Oliveira Tavares, responsável pelo Instituto Cultural Messias Tavares e a COAPA - Cooperativa Agroindustrial do Tocantins, pelo apoio à pesquisa, em específico aos levantamentos de materiais bibliográficos, históricos.

Ao IFTO, pelo incentivo a qualificação dos servidores através do programa pró-qualificar, e em especial a família IFTO, Pedro Afonso pelo apoio e compreensão.

Agradeço aos colegas da turma de mestrado por compartilharmos das mesmas penúrias de uma pós-graduação em tempo de pandemia, com restrições sociais, recursos bibliotecários e contato direto com o orientador

Agradeço à secretária do programa de Pós-graduação em geografia Poliana Cunha Damascena pelo bom atendimento prestado junto a coordenação do mestrado.

Aos inúmeros professores que me acompanharam ao longo da minha formação escolar (ensino fundamental, médio, superior e pós-graduação), meus sinceros agradecimentos. Vocês são pilares importante da minha jornada acadêmica e profissional.

RESUMO

Esta pesquisa faz menção à expansão agrícola ocorridas no município de Pedro Afonso entre os anos de 1985 a 2020, tendo como objetivo, analisar a expansão agrícola moderna e as transformações físicas ambientais do município. A metodologia utilizada foi a utilização de material bibliográfico e Sensoriamento Remoto, através de imagens de satélites, aplicando técnicas para elaboração de mapas de uso e ocupação do solo, que permitiu observar o avanço da agricultura e a redução das áreas de vegetação no município. As imagens foram dos satélites, Landsat 5, sensor TM dos anos de 1985, 1995 e 2005, e do Landsat 8, sensor OLI dos anos de 2015 e 2020, obtidas no período seco entre julho e agosto. Com o software SPRING, foi realizado o processamento para a aplicação das composições coloridas falsas-cores R-G-B (Red, Green e Blue), a partir de três bandas espectrais do sensor TM do Landsat 5 (5-4-3) e sensor OLI do Landsat 8 (6-5-4). Em seguida foi realizada a classificação supervisionada das imagens, o que permitiu identificar e delinear as classes de Uso e Ocupação da Terra, que são: Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão), Cicatrizes de Fogo, Corpos D'Água, Agropecuária (Agricultura e Pecuária), Formações Campestres (Campo Limpo e Campo Sujo), Urbanização e Reflorestamento. Para a composição final dos mapas temáticos, utilizou o software QGIS 3.10.14. Quanto aos resultados, temos: Para o ano de 1985, as classes: Formações Campestres e Formações Florestais, somando cerca de 77,77% de vegetação, Agropecuária com 9,34%, Corpos D'água 1,53%, Cicatrizes de Fogo 11,28% e Urbanização 0,09% da área do município. No ano de 1995, as classes: Formações Campestres e Formações Florestais, representando 69,77% de vegetação, Agropecuária 20,44%, Corpos D'água 1,18%, Cicatrizes de Fogo 8,53% e Urbanização 0,09% do município. No ano de 2005, as classes: Formações Campestres e Formações Florestais, apresentaram 59,81% de vegetação, Agropecuária 31,86%, Corpos D'água 1,23%, Cicatrizes de Fogo 7,01% e Urbanização 0,10% da área do município. No ano de 2015, as classes: Formações Campestres e Formações Florestais, somaram 50,77% da vegetação, Agropecuária 43,78%, Corpos D'água 1,58%, Cicatrizes de Fogo 3,47% e Urbanização 0,32% do município. No ano de 2020, as classes: Formações Campestres e Formações Florestais, somaram 47,4% de vegetação, Agropecuária 50,19%, Corpos D'água 1,23%, Cicatrizes de Fogo 7,01% e Urbanização 0,10% da área do município. Dentre os vários problemas observados, cito: Crescimento desordenado da malha urbana do município; Assoreamento dos corpos d'água; Utilização das áreas de matas ciliares em substituição pela agropecuária e chácaras para lazer; Utilização da água para irrigação da cultura da cana-de-açúcar; Utilização dos resíduos industriais da cana-de-açúcar; Degradação de pastagens; Solos descoberto; Áreas desmatadas e subutilizadas; Desmatamento e queimadas/incêndios florestais para utilização de roças de tocos e implantação de lavouras. Embora os avanços tecnológicos no campo tenham possibilitado conforto e bem-estar, físico, econômico, isto não é realidade para grande parte da população local, que ainda é assolada pela fome, falta de saneamento básico, água potável, moradia, saúde, educação, e um grande número de pessoas sequer têm o básico para sua sobrevivência.

Palavras-chave: Condicionantes Físicos e a agricultura, Expansão Agrícola, Pedro Afonso, Sensoriamento Remoto, Uso e Ocupação da Terra

ABSTRACT

This research mentions the agricultural expansion that took place in the municipality of Pedro Afonso between the years 1985 to 2020, with the objective of analyzing the modern agricultural expansion and the physical environmental transformations of the municipality. The methodology used was the use of bibliographic material and Remote Sensing, through satellite images, applying techniques for the elaboration of maps of land use and occupation, which allowed observing the advance of agriculture and the reduction of vegetation areas in the municipality. The images were from satellites, Landsat 5, TM sensor from 1985, 1995 and 2005, and from Landsat 8, OLI sensor from 2015 and 2020, obtained in the dry period between July and August. With the SPRING software, the processing was performed for the application of the RGB false-color (Red, Green and Blue) colored compositions, from three spectral bands of the Landsat 5 TM sensor (5-4-3) and the OLI sensor of the Landsat 8 (6-5-4). Then, the supervised classification of the images was carried out, which made it possible to identify and delineate the classes of Land Use and Occupation, which are: Forest Formations (Riparian Forest, Gallery Forest and Cerradão), Fire Scars, Water Bodies, Agriculture (Agriculture and Livestock), Countryside Formations (Campo Limpo and Campo Sujo), Urbanization and Reforestation. For the final composition of the thematic maps, the software QGIS 3.10.14 was used. As for the results, we have: For the year 1985, the classes: Countryside Formations and Forest Formations, totaling about 77.77% of vegetation, Agriculture with 9.34%, Bodies of Water 1.53%, Fire Scars 11.28% and Urbanization 0.09% of the area of the municipality. In 1995, the classes: Countryside Formations and Forest Formations, representing 69.77% of vegetation, Agriculture 20.44%, Water Bodies 1.18%, Fire Scars 8.53% and Urbanization 0.09% of the municipality. In 2005, the classes: Countryside Formations and Forest Formations, presented 59.81% of vegetation, Agriculture 31.86%, Water Bodies 1.23%, Fire Scars 7.01% and Urbanization 0.10% of the municipality area. In 2015, the classes: Countryside Formations and Forest Formations, totaled 50.77% of the vegetation, Agriculture 43.78%, Water bodies 1.58%, Fire Scars 3.47% and Urbanization 0.32% of the municipality. In the year 2020, the classes: Countryside Formations and Forest Formations, totaled 47.4% of vegetation, Agriculture 50.19%, Water Bodies 1.23%, Fire Scars 7.01% and Urbanization 0.10% of the municipality area. Among the various problems observed, I cite: Disordered growth of the urban fabric of the municipality; silting up of water bodies; Use of riparian forest areas to replace agriculture and ranches for leisure; Use of water for irrigation of the sugarcane crop; Use of industrial sugarcane residues; Pasture degradation; uncovered soils; Deforested and underused areas; Deforestation and forest fires/fires for the use of stump swiddens and planting of crops. Although technological advances in the field have enabled comfort and well-being, physical and economic, this is not reality for a large part of the local population, which is still plagued by hunger, lack of basic sanitation, drinking water, housing, health, education, and a large number of people do not even have the basics for their survival.

Keywords: Physical Constraints and agriculture, Agricultural Expansion, Pedro Afonso, Remote Sensing, Land Use and Occupancy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenvolvimento Vegetativo e Reprodutivo da Cana-de-açúcar.	31
Figura 2: Estágios Vegetativos da Cultura da Soja.	37
Figura 3: Estádios Reprodutivo da Cultura da Soja.	38
Figura 4: Ciclo Fenológico da Cultura da Soja.	39
Figura 5: Áreas e Territórios atribuídos ao MATOPIBA.....	45
Figura 6: Potencial agrícola do MATOPIBA.....	50
Figura 7: Análise da necessidade de calagem.	52
Figura 8: Tecnologias utilizadas na Agricultura de Precisão.	55
Figura 9: Diferentes plataformas para os sensores remotos.....	56
Figura 10: Placa informativa sobre o PRODECER III em Pedro Afonso - TO.	68
Figura 11: Croqui dos lotes do PRODECER III, Pedro Afonso - TO.....	69
Figura 12: Traçado da rodovia BR-235.....	77
Figura 13: Pátio da Ferrovia Norte Sul, município de Guaraí-TO.....	80
Figura 14: Mapa de Localização do Município de Pedro Afonso –TO.....	83
Figura 15: Mapa Geológico do município de Pedro Afonso – TO.	87
Figura 16: Mapa Geomorfológico do município de Pedro Afonso - TO.	89
Figura 17: Mapa Hipsométrico do município de Pedro Afonso - TO.	92
Figura 18: Mapa de Declividade do município de Pedro Afonso.	93
Figura 19: Mapa de Caracterização Pedológica do município de Pedro Afonso - TO.	96
Figura 20: Mapa de caracterização da vegetação do município de Pedro Afonso.	103
Figura 21: Mapa Hidrográfico de Pedro Afonso - TO.	107
Figura 22: Placa de indicação do túmulo onde foi sepultado o Frei Rafael de Taggia.....	110
Figura 23: Rota dos Jagunços que aterrorizaram Pedro Afonso.	113
Figura 24: Classes de tamanho de módulos fiscais no Brasil.....	125
Figura 25: SIGCAR – módulo de cadastro do CAR-TO.....	129
Figura 26: Mapa de percurso de campo no município de Pedro Afonso.	137
Figura 27: Síntese da Estruturação da pesquisa.....	141
Figura 28: Mapa de Uso e Ocupação da Terra - 1985.....	144
Figura 29: Mapa Usos e Ocupação da Terra – 1995.	146
Figura 30: Mapa de Uso e Ocupação da Terra – 2005.	149
Figura 31: Mapa de Uso e Ocupação da Terra – 2015.	151
Figura 32: Mapa de uso e ocupação da Terra – 2020.....	153

Figura 33: Aspectos de Uso e Ocupação da Terra atual – ANEXO I.	159
Figura 34: Aspectos de Uso e Ocupação da Terra atual – ANEXO II.	161
Figura 35: Aspectos de Uso e Ocupação da Terra atual – ANEXO III.	163
Figura 36: Mapa apresentando as fases de transformações na malha urbana de Pedro Afonso.	164

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Crescimento no número máquinas agrícolas de 2006 a 2017.	28
Gráfico 2: Número de pessoas envolvidas em conflitos por terra na região do MATOPIBA.	47
Gráfico 3: Demonstrativo de variação nas áreas de colheitas para as culturas de soja e cana-de-açúcar referente às safras 2006 a 2019.	75
Gráfico 4: Classes de uso e ocupação da Terra no município de Pedro Afonso - TO, anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020 em %.	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Área colhida e produção das culturas, soja e cana-de-açúcar, safras de 2006 a 2019.	74
Tabela 2: Declividades no município de Pedro Afonso – TO.....	94
Tabela 3: Solos em Pedro Afonso –TO.	102
Tabela 4: Caracterização das imagens de satélites utilizadas na pesquisa.	135
Tabela 5: Uso e Ocupação da Terra - 1985.	145
Tabela 6: Uso e Ocupação da Terra – 1995.	147
Tabela 7: Uso e Ocupação da Terra – 2005.....	150
Tabela 8: Uso e Ocupação da Terra – 2015.	152
Tabela 9: Uso e Ocupação da Terra – 2020.....	154
Tabela 10: Uso e Ocupação da Terra, anos 1985, 1995, 2005,2015 e 2020.	154
Tabela 11: Análise comparativa entre 1985 e 2020	157

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ADAPEC	Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins
ABIC	Associação Brasileira da Indústria de Café
A.C	Antes de Cristo
ASA	Associação Americana da Soja
ASBRAER	Associação Brasileira das Entidades Estaduais de Assistência Técnica e
Extensão Rural	
AP	Agricultura de Precisão
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BDG	Banco de Dados Geográficos
CAMPO	Companhia de Promoção Agrícola
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBAP	Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
SECBAP	Secretaria Executiva da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
CEDOC	Centro de Documentação Dom Tomás Balduino
CEPAL	Comissão Econômica da América Latina
CEVAL	Cereais do Vale
CF	Constituição Federal
COAPA	Cooperativa Agroindustrial de Pedro Afonso
COOPERSAN	Cooperativa Agropecuária Mista de São João Ltda
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPT	Comissão Pastoral da Terra
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
ECO	Jornalismo Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESA	Agência Espacial Europeia
EUA	Estados Unidos da América
FF	Plintossolos
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FAT	Fundo de Amparo ao Trabalhador
FNO	Fundo Constitucional de Financiamento do Norte
FNS	Ferrovia Norte Sul
GITE	Grupo de Inteligência Territorial Estratégica
GNSS	Sistema Global de Navegação por satélite
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IAA	Instituto do Açúcar e do Alcool
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
Renováveis	
IBF	Instituto Brasileiro de Florestas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INESC	Instituto de estudos socioeconômicos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
inPEV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPCA-E	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial

IPC-FIPE	Índice de Preços ao Consumidor da Fundação Instituto de Pesquisas
Econômicas	
ITR	Imposto Territorial Rural
JICA	Agência Japonesa de Cooperação e Desenvolvimento Internacional
LA	Latossolos Amarelos
LANDSAT	Land Remote Sensing Sattelite
LV	Latossolos Vermelhos
LVA	Latossolos Vermelho-Amarelos
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento
MATOPIBA	Região que abrange os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
OCB/TO	Organização das Cooperativas do Brasil
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PAI	Programa de Ação Imediata
Ph	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PIN	Plano de Integração Nacional
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
POLOCENTRO	Programa de Desenvolvimento dos Cerrados
POLONOROESTE	Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil
PROÁLCOOL	O Programa Nacional do Alcool
PRODECER	Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do
Cerrado	
PRODEGRAN	Programa de Desenvolvimento da Grande Dourados
PRODEPAN	Programa de Desenvolvimento do Pantanal
PROTERRA	Programa de Redistribuição de Terras e Desenvolvimento Agroindustrial
do Norte e Nordeste	
QGIS	<i>Quantum Geographic Information System</i>
R	Neossolos
REM	Radiação Eletromagnética
RQ	Neossolos Quartzarênicos
RURALTINS	Instituto de Desenvolvimento Rural do Estado do Tocantins.
SEAGRO	Secretaria de Agricultura, Pecuária e Aquicultura
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SECOM-TO	Secretaria de Comunicação do Tocantins
SEPLAN	Secretaria de Planejamento e Orçamento do estado do Tocantins
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SICREDI	Sistema de Crédito Cooperativo
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG-CAR	Sistema de Informação para a Gestão do Cadastro Ambiental Rural
SINIMA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SPVEA	Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SR	Sensoriamento Remoto
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SUDAM	Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia
SUDECO	Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste

TM	<i>Thematic Mapper</i>
TO	Estado do Tocantins
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométrico do Brasil
UFABC	Universidade Federal do ABC
UFT	Universidade Federal do Tocantins
URV	Unidade Real de Valor
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos
USP	Universidade de São Paulo
UTM	Universal Transversa de Mercator
VALEC	Engenharia, Construções e Ferrovias S.A

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 DINÂMICA E EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA NACIONAL, ESTADUAL E MUNICIPAL	23
2.1 Agricultura no Brasil	23
2.1.1 A Cultura da Cana-de-açúcar	23
2.1.2 A Cultura da Soja	34
2.1.3 A Modernização Agrícola no Brasil	40
2.1.4 Agricultura de Precisão	50
2.2 Agricultura no Tocantins	58
2.3 Agricultura em Pedro Afonso	62
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	82
3.1 Localização	82
3.2 Caracterização Geral da Área de Estudo	84
3.2.1 Clima	84
3.2.2 Precipitação pluviométrica	85
3.2.3 Temperatura média anual	85
3.2.4 Geologia.....	85
3.2.4.1 Bacias Sedimentares	86
3.2.4.2 Depósitos Sedimentares.....	86
3.2.4.3 Embasamento em Estilo Complexo.....	86
3.2.5 Geomorfologia.....	88
3.2.6 Hipsometria	90
3.2.7 Declividade.....	91
3.2.8 Pedologia	95
3.2.8.1 Latossolos (L)	97
3.2.8.2 Neossolos (R)	99
3.2.8.3 Plintossolos (FF).....	100
3.2.9 Vegetação	102
3.2.9.1 Floresta Estacional Semidecidual Submontana	104
3.2.9.2 Savana Arborizada com Floresta-de-Galeria.....	104
3.2.9.3 Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria	105
3.2.9.4 Savana Gramíneo Lenhosa com Floresta de Galeria.....	105

3.2.9.5 Contato Savana/Floresta Estacional	105
3.2.10 Hidrografia.....	105
3.3 Aspectos Históricos do Município de Pedro Afonso	108
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	114
4.1 Agricultura e Meio Ambiente	114
4.2 Transformações Ambientais e Agricultura	117
4.3 Legislação Ambiental e Agricultura no Brasil.....	120
4.4 Sensoriamento Remoto e Análise de Transformações Ambientais Relacionadas à Agricultura.....	131
5 ETAPAS REALIZADAS	134
5.1 Levantamento de Material Bibliográfico e Cartográfico.....	134
5.2 Trabalhos de Campo	135
5.3 Trabalhos de Laboratório.....	138
5.4 Caracterização do Processo Histórico da Atividade Agrícola de Pedro Afonso.....	138
5.5 Mapeamento da Expansão Agrícola de Pedro Afonso	138
5.6 Organização do Banco de Dados	139
5.7 Elaboração de Produtos Cartográficos.....	140
6 ANÁLISE DA EXPANSÃO AGRÍCOLA E AS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO	142
6.1 Uso e Ocupação da Terra, ano de 1985	142
6.2 Uso e Ocupação da Terra, ano de 1995	145
6.3 Uso e Ocupação da Terra, ano de 2005	147
6.4 Uso e Ocupação da Terra, ano de 2015	150
6.5 Uso e Ocupação da Terra, ano de 2020	152
6.6 Análise comparativa de Uso e Cobertura da Terra entre 1985 e 2020.....	154
6.7 Aspectos de Transformações Ambientais.....	158
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
REFERÊNCIAS.....	169

1 INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos é notável as alterações ocasionadas pelo ser humano em nosso planeta que sempre buscou atender as suas necessidades de vida, inicialmente para sobrevivência com técnicas rudimentares de produção e pequenas modificações ambientais locais do espaço em que ocupava e que, com o passar do tempo, modifica seu modo de vida e anseios, sociais, econômicos e culturais, e passa a ocasionar profundas e significativas transformações ambientais alterando o espaço, não só local, mas ao nível global, como pode-se observar com o aumento das preocupações com a situação do planeta.

A humanidade alterou de forma drástica as paisagens do planeta Terra, ao mesmo tempo, em que as mudanças, resultantes da ação humana sobre o uso da terra, afetaram o comportamento das sociedades e determinaram seus modos de interação com os territórios, em muitas dimensões (LIMA, 2017).

No decorrer da história, foram constantes as transformações no espaço geográfico, principalmente, relacionadas às atividades econômicas, como a agricultura, que evoluiu conforme as sociedades avançaram nas técnicas de produção (FELDENS, 2018).

Para este Feldens (2018) todos os espaços, hoje usados pela humanidade para as mais diversas finalidades, foram em algum grau, transformados para atender desde as mais elementares às mais sofisticadas demandas. As configurações espacial e territorial que caracterizam um recorte espacial são permeadas pelo tempo, pelas técnicas e pelas potencialidades de uso deste espaço pela sociedade.

As alterações ocorreram em diversos meios, reforça Lima (2015) que dentre os principais está a agricultura, que ao longo do tempo, tem passado por modificações importantes, isto, porque suas mais diversas formas e configurações resultam de complexas transformações da produção de alimentos, da geração de emprego e renda, das paisagens e particularidades sociais.

Além disso, Mazoyer e Roudart (2010) enfatizam que as formas de agricultura variam conforme o lugar, a tal ponto que de uma região do mundo para outra, podemos classificá-las em gêneros muito diferentes (cultivos irrigados ou de sequeiro, pastoreio, cultivos consorciados ou monocultivos). Enfim, com o tempo, toda agricultura se transforma.

Sobre isso, cita Mazoyer e Roudart (2010) que toda forma de agricultura, inicialmente, aparece como um objeto ecológico e econômico complexo, composto por várias categorias de estabelecimentos e tipologias de agricultores, que exploram diferentes tipos de solos e diversas

espécies de plantas e de animais, configurando-se, por conseguinte, numa atividade produtiva de caráter multivariado.

Ainda, Mazoyer e Roudart (2010) reforçam que nas regiões do mundo podem suceder espécies agrícolas completamente distintas, que constituem as etapas de uma “série evolutiva” característica desta categoria.

A agricultura é a arte de cultivar os campos através de um conjunto de técnicas usadas para a obtenção dos produtos agrícolas, visando obter alimentos, fibras, energia, matéria-prima para roupas, construções, medicamentos, ferramentas ou apenas para contemplação estética.

Conforme Pressreader (2015) o prefixo agro tem origem no verbete latino *agru* que significa "terra cultivada ou cultivável". A palavra "agricultura" vem do latim *agricultūra*, composta por *ager* (campo, território) e *cultūra* (cultivo), no sentido estrito de cultivo do solo.

Em Português, a palavra "agricultura" manteve este sentido estrito e refere-se exclusivamente ao cultivo dos campos, ou seja, relaciona-se à produção de vegetais. No entanto, em inglês, assim como em francês, a palavra "agriculture" indica de maneira mais genérica as atividades agrícolas tanto de cultivo dos campos quanto de criação de animais. Uma tradução mais próxima de "agriculture" seria, portanto, "agropecuária".

Conforme Vilela *et al.* (2019), em 1500, Pero Vaz de Caminha destacou em sua carta à corte portuguesa, a ausência de culturas nas terras brasileiras: o solo nunca havia sido cultivado. Os indígenas “não lavram, nem criam, nem há aqui bois, nem vacas, nem cabras, nem ovelhas, nem galinhas, ou nenhum outro animal acostumado a viver com os homens”.

Os portugueses introduziram, tudo aquilo de que sentiam falta ou o que pensavam ser de possível interesse (CORTESÃO, 1967), citado por Vilela *et al.* (2019, p. 29).

Com o avanço da agricultura em moldes empresariais, a relativa harmonia até então existente, tende a se diluir e o avanço do capital sobre vastas extensões de terras, outrora áreas comuns, parece representar o início do fim dos sistemas comunais nesta região de interesse capitalista, enfatiza Oliveira (2012).

Estes atores externos às comunidades, cuja presença torna mais complexo o funcionamento do sistema de uso comum dos recursos naturais, possuem interesses subjacentes, engendrando relações sociais contraditórias (OLIVEIRA, 2012).

Acrescenta Oliveira (2012) que o agronegócio territorializa-se pelas áreas de interesse e conflitam com a realidade local, reconfigurando o território, e a territorialização de uns, implica necessariamente na desterritorialização de outros, sempre que estes forem pares antagônicos.

Oliveira (2012) reforça que a aceleração no processo de ocupação dos biomas ao longo dos últimos anos, tem-se intensificado pelo interesse do ser humano em transformar as áreas vegetadas em terras agricultáveis. Assim, o avanço tecnológico da mecanização no campo contribui para reduzir o tempo de colheita, facilita o avanço da fronteira agrícola, porém ocasiona uma série de impactos ambientais, como a supressão da vegetação natural e a consequente perda da biodiversidade, tanto da fauna quanto da flora.

De acordo com Oliveira (2017) a expansão agrícola pode ocorrer de forma rápida, contribuindo para a falta de levantamentos, estudos aprofundados e precisos sobre o desenvolvimento agrícola local, podendo apresentar impactos significativos à sociedade e ao ambiente. Assim, a expansão agrícola apresenta uma dinâmica específica na região, e o conhecimento deste panorama, é de grande importância.

Ainda, as atividades agrícolas exercem pressões que agravam a situação através do uso de técnicas modernas que possuem uma alta capacidade de transformação do espaço onde são aplicadas (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Rodrigues *et al.* (2009) destaca que se faz necessário realizar análises sobre a sustentabilidade deste modelo tecnológico de produção e, assim, mensurar os benefícios e as desvantagens da expansão agrícola nas regiões agrícolas, que poderão ser úteis para fins de promoção de políticas agrícola e ambiental, promovendo e divulgando prática agrícola sustentável.

Com base nos problemas elencados, a realização deste estudo contribuirá para o conhecimento científico sobre a questão, envolvendo a expansão agrícola e as decorrentes transformações ambientais no município de Pedro Afonso, devendo auxiliar os gestores municipais, oferecendo subsídios para traçar estratégias de planejamento e desenvolvimento, levando em consideração a situação ambiental e a melhor forma de utilização das terras.

Em vista disso, há necessidade de se estimar regularmente e de forma sistemática às áreas de uso e ocupação das terras, bem como as transformações ambientais que vem ocorrendo no município de Pedro Afonso.

Assim, na presente pesquisa foi utilizado geotecnologias, como, Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), para a observação dos aspectos de uso e ocupação das terras no município, com destaque para as atividades agrícolas e as transformações ambientais originadas, servindo de suporte aos órgãos gestores municipais para tomada de decisões e definir ações de planejamento ambiental e rural, melhorando a relação entre a atividade agrícola e conservação ambiental no município de Pedro Afonso.

Deste modo, a pesquisa tem por objetivo, analisar a expansão agrícola moderna e as transformações físicas ambientais do município de Pedro Afonso. Considerando:

Caracterizar o processo histórico da atividade agrícola no município de Pedro Afonso;

Mapear a evolução da atividade agrícola no município de Pedro Afonso, entre os anos de 1985 a 2020;

Analisar a expansão agrícola no município de Pedro Afonso, através do mapeamento de Uso e ocupação da Terra;

Analisar as transformações ambientais relacionadas à expansão agrícola no município de Pedro Afonso.

2 DINÂMICA E EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA NACIONAL, ESTADUAL E MUNICIPAL

2.1 Agricultura no Brasil

No Brasil, com a colonização portuguesa, dá-se início a agricultura, baseado no monocultivo. Este sistema agrícola manteve-se durante séculos de maneira tradicional.

Conforme Miranda (2020), a história da agricultura no Brasil está associada à formação econômica do País, dois tópicos indissociáveis entre si. A partir da chegada dos portugueses, o País passou por uma série de ciclos econômicos, sendo muitas vezes centrados em apenas um produto, a monocultura de exportação.

De acordo com Miranda (2020) após a frustração inicial de não encontrar nada proveitoso como as sonhadas especiarias, que haviam motivado a expedição que colonizou o Brasil, ou mesmo metais preciosos, os portugueses encontraram na árvore do pau-brasil um meio para o aproveitamento das novas terras. Com isso, durante o período conhecido de Brasil pré-colonial, entre 1500 e 1530, a economia em formação consistia basicamente na exploração do pau-brasil, que posteriormente contribuiu para a perpetuação do nome do País.

Segundo Prado Júnior (1990) foi rápida a decadência da exploração do pau-brasil. Em alguns decênios da colonização pelos portugueses, esgota-se o melhor das matas costeiras que continham a preciosa árvore, e o negócio perdeu seu interesse.

Conforme Prado Júnior (1990) com o declínio do pau-brasil e o desinteresse pelo Brasil, todas as atenções de Portugal estavam voltadas para o Oriente, cujo comércio chegará neste momento ao apogeu.

Surge então, a necessidade de povoar as terras brasileiras para garantir a posse delas, e a Coroa portuguesa então precisou delegar a tarefa de colonização e exploração, criando as chamadas capitanias (MIRANDA, 2020).

Comenta Miranda (2020) que a alternativa encontrada ao pau-brasil para a exploração econômica das capitanias foi a cana-de-açúcar, a partir de 1530, que possuía grande valor comercial na Europa. O açúcar comercializado no continente europeu era produzido principalmente na Sicília e em ilhas do Atlântico, como Cabo Verde e Madeira, porém em pequenas quantidades.

2.1.1 A Cultura da Cana-de-açúcar

Na fase inicial de exploração, foi instalado em 1532, a primeira plantação de cana-de-açúcar na capitania hereditária de São Vicente, conduzida por Martin Afonso de Souza, responsável também pela fundação do primeiro engenho no Brasil, denominado São Jorge. Em pouco tempo essa atividade se expandiu e em 1550, o país já era o maior produtor mundial de açúcar (VIEIRA, 2007), citado por Dias (2020).

Para tanto, a cultura da cana-de-açúcar só teria viabilidade econômica, se explorada em grandes plantações, adotando-se no Brasil o sistema de monocultivo em grandes propriedades com trabalho escravo, inicialmente indígena e posteriormente africano (MIRANDA, 2020).

Reforça Miranda (2020) que a cana-de-açúcar no decorrer de um século e meio representou o principal alicerce econômico do Brasil. O País deteve o monopólio da produção mundial de açúcar até meados do século XVII, quando passou a ter concorrência das colônias holandesas, após a expulsão delas de Pernambuco em 1654.

Em seguida, ingleses e franceses também passaram a produzir açúcar em suas colônias. E, no início do século XVIII, o Haiti foi o maior produtor mundial, ressalta Miranda (2020).

No auge do ciclo da cana-de-açúcar, começou-se o cultivo do tabaco (fumo) como produto de exportação (MIRANDA, 2020).

Segundo Prado Júnior (1990) de origem indígena, o tabaco apresentou aceitação na Europa e foi uma importante moeda de troca por escravos africanos. Posteriormente a produção do tabaco entrou em crise com o fim do tráfico negreiro no século XIX.

Conforme Miranda (2020) após algumas décadas de decadência do açúcar, foram realizadas as primeiras grandes descobertas de jazidas de ouro no início do século XVIII, iniciando o chamado ciclo da mineração. A mineração (ouro e diamante) se tornou a nova força motriz da economia brasileira, atingindo o apogeu em 1760 e apresentando rápido declínio posteriormente.

Prado Júnior (1990) reforça que o ciclo do ouro foi um período de decadência da agricultura, pois a mineração absorvia todas as atenções da colônia e da Coroa portuguesa. Contudo, ao final do século XVIII a agricultura voltou a ocupar a posição dominante.

Sustenta Júnior (1990) que o renascimento da agricultura não se deve apenas ao declínio da mineração, mas também foi impulsionado pela abertura dos portos e pela emancipação política do País que se formava.

Para Miranda (2020) o renascimento da agricultura se dá inicialmente com a implantação da cultura do algodão, e cita que aproveitando a imensa quantidade de terras disponíveis, o Brasil inseriu-se no comércio algodoeiro em ascensão. O algodão foi produzido do Norte ao Sul e de Leste ao Oeste do País.

Reforça Miranda (2020) que a Revolução Industrial na Inglaterra no século XVIII transformou o algodão na economia mundial, elevando-o à condição de principal matéria-prima da indústria têxtil. O que pode ser conhecido como o renascimento agrícola do século XVIII.

Segundo Prado Júnior (1990) o Brasil aproveitou o momento em que o algodão se tornará a principal matéria-prima industrial do momento, entrando para o comércio internacional, embora de forma passageira. A derrubada dos preços do algodão no início do século XIX, pelo aumento da produção norte-americana, somada ao fato de que o país não acompanhou o aperfeiçoamento técnico do setor, causou a redução da participação brasileira no mercado internacional.

Para Prado Júnior (1990) o ciclo do algodão, apesar de efêmero, ajudou o País a “esquecer” a mineração, e partir do algodão, os esforços e recursos da colônia voltaram a se direcionar para a atividade agrícola.

No renascimento agrícola no final do século XVIII, a cana-de-açúcar também voltou a prosperar, após um século de decadência. Não apenas as antigas regiões produtoras como Bahia e Pernambuco se beneficiaram, como também, São Paulo e Rio de Janeiro (Miranda, 2020).

Contudo, no início do século XIX, despontou outra cultura agrícola que se tornou a principal atividade econômica do País por mais de 150 anos, ou seja, do século XIX e primeira metade do século XX. Essa cultura foi o café.

Segundo Taunay (1939) o Sargento-Mor (Na equivalência militar atual, seria Major), Francisco de Mello Palheta foi enviado à capital da Guiana Francesa a pedido do governador do estado do Maranhão e Grão-Pará, com a missão de trazer o café para o Brasil, que já possuía grande valor no comércio internacional.

Conforme a revista de cafeicultura (2007), Palheta recebeu de presente das mãos de Madame d’Orvilliers, esposa do governador de Caiena pouco mais de 30 sementes e 5 mudas de café e, em maio de 1727 voltou para o Brasil. As mudas foram plantadas no Pará, onde floresceram sem dificuldade.

Cita a revista de cafeicultura (2007),

Mas não seria no ambiente amazônico que a nova planta iria tornar-se a principal riqueza do país. Foi no Rio de Janeiro, onde começou a ser plantado em 1781 por João Alberto de Castello Branco. Esgotado o ciclo da mineração do ouro em Minas Gerais, outra riqueza surgia, o café, provocando a emergência de uma aristocracia e promovendo o progresso do Império e da Primeira República.

Segunda a revista, a cultura penetrou pelo vale do rio Paraíba, a mancha verde dos cafezais, que já dominava a paisagem fluminense, chegou a São Paulo, que, a partir da década

de 1880, tornou-se o principal produtor nacional da rubiácea (café). Ao terminar o século XIX, o Brasil controlava o mercado cafeeiro mundial.

No decorrer do século XIX, o café tornou-se o principal produto da pauta de exportações brasileira, sendo os Estados Unidos um dos principais mercados consumidores (PRADO JÚNIOR, 1990).

Considera ainda Miranda (2020), que à margem do café, que não cessava de se expandir, a Região Amazônica também passou por um momento de grande prosperidade com a borracha. Na virada do século XIX para o XX, a borracha se tornou a matéria-prima mais procurada no mercado internacional, assumindo papel fundamental na indústria automotiva, levando o Brasil inicialmente a usufruir uma vantagem monopolística.

Relata Furtado (2000), que os preços da borracha atingiram a média de 512 libras a tonelada no triênio 1909 a 1911, e caíram para menos de 100 libras a tonelada, após a Primeira Guerra Mundial, em razão da concorrência da borracha oriental.

Miranda (2020) destaca que, em 2020 o mercado mundial da borracha natural é completamente dominado por países do sudeste asiático, como a Indonésia, a Tailândia e o Vietnã, e o Brasil não é autossustentável, sendo um importador líquido.

O Brasil iniciou o século XX, com grandes mudanças internas, com a urbanização e a industrialização, e a população deixou de ser predominantemente rural.

De acordo com Miranda (2020) nas primeiras décadas da história republicana, denominada Primeira República Brasileira (também conhecida como República Velha), contemplando o período de 1889 a 1930, o café ainda ditava as regras na economia nacional. Neste período, o Governo brasileiro foi dividido entre as influentes oligarquias de São Paulo e Minas Gerais, o que se convencionou chamar “política do café-com-leite”.

Para Miranda (2020) após o apogeu na primeira metade do século XIX, o café nunca deixou de ser importante, mas perdeu importância relativa no mercado internacional frente a outros produtores, e internamente, com indústria nascente e mercados agropecuários emergentes.

O mecanismo de defesa do café dependia dos financiamentos externos e das exportações para a sua manutenção, com a crise de 1929, nos Estados Unidos, o crédito cessou.

Conforme a ABIC (s/d), a crise de 1929, afetou também o Brasil. Os Estados Unidos eram o maior comprador do café brasileiro. Com a crise, a importação diminuiu bastante e os preços do café brasileiro caíram. Para que não houvesse uma desvalorização excessiva, o governo brasileiro comprou e queimou toneladas de café.

Com a crise do café, muitos cafeicultores começaram a investir no setor industrial, alavancando a indústria brasileira (ABIC, s/d).

Nesse momento, conforme ressalta Furtado (2000), ocorreu um deslocamento do centro dinâmico da economia brasileira, antes voltado para a exportação de produtos primários, focado agora na produção para o mercado interno.

Conforme cita Furtado (2000):

Se por um lado com a industrialização a agricultura deixou de ser a grande geradora de riqueza do País, por outro induziu a modernização, principalmente com a mecanização, viabilizando o aumento da produção a partir da segunda metade do século XX. Na década de 1950, o Plano de Metas do governo de Juscelino Kubitschek (JK) acelerou ainda mais as transformações levando a uma explosão de importação de máquinas e implementos agrícolas. Foi neste contexto que a indústria de máquinas agrícolas chegou ao País.

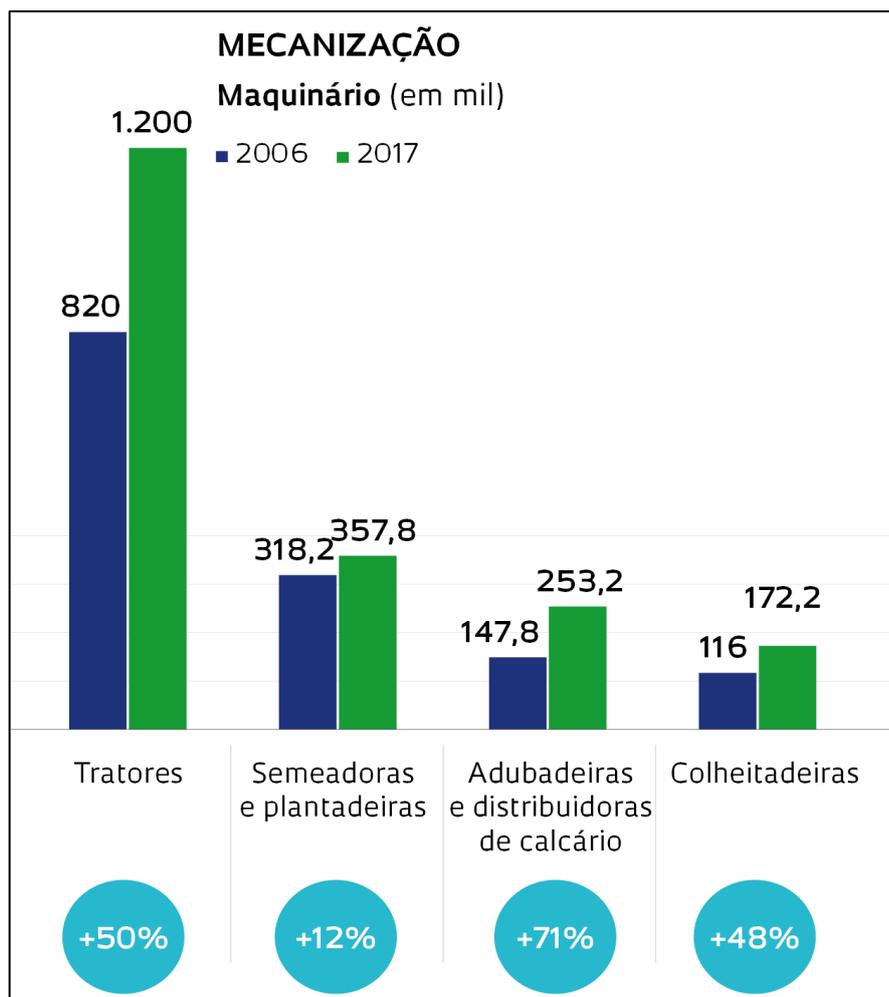
Segundo Amato Neto (1985) a instalação da indústria de tratores no Brasil ocorreu em 1959, quando foi instituído o Plano Nacional da Indústria de Tratores de Rodas. Até 1960, praticamente todos os tratores em atividade no País eram importados. A produção doméstica de tratores possibilitou a ampliação da mecanização da agricultura brasileira.

Na década de 1960, a quantidade de tratores era de 104.525 unidades. Na década seguinte, houve acréscimo significativo de 379.335 tratores, durante o II Plano Nacional de Desenvolvimento. Dados do IBGE (2006) mostram que em 2006, havia no País 820.718 mil tratores trabalhando nas lavouras brasileiras, juntamente com outras máquinas e implementos agrícolas. Segundo a FAPESP (2020) em 2017 houve aumento expressivo no número de máquinas agrícolas, (gráfico 01).

Apesar das idas e vindas da cana-de-açúcar com ciclos de crescimento periódicos e irregulares, ela nunca deixou de ser uma atividade importante para o Brasil (MIRANDA, 2020).

Comenta Miranda, (2020) que a modernização agrícola do século XX teve um grande impacto sobre a cultura, mas foi com a utilização da cana para outra finalidade além do açúcar, para produzir combustível, que a produção atingiu novos patamares.

Leite e Cortez (2007) argumentam que a utilização da cana-de-açúcar para produzir combustível surgiu da necessidade de diminuir as crises do setor açucareiro e reduzir a dependência do petróleo, o qual o Brasil era completamente dependente do petróleo importado. Antes da criação da Petrobrás, em 1953.

Gráfico 1: Crescimento no número máquinas agrícolas de 2006 a 2017.

Fonte: FAPESP (2020).

A primeira experiência com etanol combustível no Brasil, segundo Leite e Cortez (2007) ocorreu em 1925. Em 1933, o Governo, Getúlio Vargas, criou o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). Logo depois, através do Decreto-Lei nº 737 de 3 de setembro de 1938, tornou-se obrigatório a mistura de álcool anidro à gasolina produzida no País, o que criou uma reserva de mercado para a cana-de-açúcar em um dos setores de maior crescimento da economia.

Porém, o grande impulso para produção de etanol veio apenas na década de 1970, visto que o Brasil ainda era muito dependente do petróleo importado. Empurrado pela crise internacional do petróleo, em 1973, o Governo Geisel criou o Programa Nacional do Alcool pelo decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975, popularmente conhecido como Proálcool (BRASIL, 1975).

Segundo Dias (2020) em 1979 o programa avança para a produção de álcool hidratado, dado que a tecnologia para fabricação de carros movidos exclusivamente a álcool se encontrava em andamento, bem como incentivos fiscais à compra do carro a álcool.

Para Andrade (1994) o início da década de 1980 marca a expansão do Proálcool, devido às políticas de incentivo para a produção de álcool hidratado, que foram utilizadas em conjunto com o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA).

Conforme Miranda (2020), a cana-de-açúcar, que já vinha sendo beneficiada com a instalação da indústria automobilística no Brasil, dada a obrigação de mistura do álcool anidro à gasolina, apresentou um crescimento ainda maior após o Proálcool.

Entre as décadas de 1980 e 1990, Dias (2020) argumenta que o Brasil apresentou elevados valores de dívidas externas e um processo de redemocratização do país, após o período da ditadura militar. Neste cenário ocorre a redução gradativa dos incentivos ao setor de produção dos derivados da cana-de-açúcar, ocasionando na década de 1990 e a extinção do IAA pelo Decreto nº 99.240 de 1990.

Embora o IAA tenha sido extinto, o setor sucroenergético não deixou de receber as “benesses” da máquina pública. Em março de 1994 a Câmara dos Deputados aprovou o projeto que autorizava a União a pagar uma dívida dos usineiros no valor de 114,3 milhões de dólares com instituições internacionais. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) assumiram as dívidas dos usineiros e socorreu às usinas de açúcar e destilarias de álcool, alimentando a mesma estrutura que fora criada pelo IAA (CPDOC/FGV, 2018. n.p.) citado por Stacciarini (2019).

Dias (2020), comenta que o ano de 2003 marca um novo ciclo para a cana-de-açúcar, desta vez pautada na consolidação do mercado doméstico brasileiro de etanol. Ciclo este potencializado pela entrada de veículos automotivos no mercado com motores adaptados a operarem com etanol e gasolina – os chamados veículos bicombustíveis ou flex-fuel, que tem se “destacado” no mercado brasileiro. Assim, provocando maior interesse pelo álcool combustível, ou etanol hidratado, e transformou a indústria automobilística brasileira e o agronegócio da cana-de-açúcar.

Diante da oportunidade, o etanol tem atraído o interesse de investidores nacionais e internacionais e, contribuindo para uma rápida expansão de áreas cultivadas com cana-de-açúcar, que ultrapassou os 5,4 milhões de hectares em 2003 para 9,2 milhões de hectares em 2010 (IBGE, 2020).

Conforme Silva (2011), as atividades relacionadas à produção de cana-de-açúcar do início do século XXI aos dias atuais se concentram no Centro-Sul, especialmente no estado de

São Paulo, entretanto, os estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, são áreas em contínua expansão do plantio de cana-de-açúcar e da fabricação de etanol.

A produção de etanol de cana-de-açúcar nos estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás e principalmente em São Paulo contribuiu para que o Brasil fosse considerado o segundo maior produtor de etanol do mundo, atrás apenas dos EUA (DIAS, 2020).

Dias (2020) reforça ainda que a produção canavieira, no decorrer das últimas duas décadas conseguiu realizar significativa expansão da produção de derivados e subprodutos, como o Etanol, açúcar, bagaço da cana e energia elétrica, entre outros.

De acordo com Sobrinho *et al.* (2019) a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma gramínea semi-perene, pois a cada quatro ou cinco anos, deve ser feito o replantio (reforma) da cultura. A cultura pertence ao gênero *Saccharum*, e família *Poaceae*, com metabolismo fotossintético C4, possui grande armazenamento de sacarose nos tecidos dos colmos, tem-se tornado de extrema importância comercial nas lavouras canavieiras, sendo cultivado como um híbrido interespecífico que recebe a denominação *Saccharum spp.* As estruturas morfológicas da cana-de-açúcar são em forma de touceira, caule do tipo colmo, produção de inflorescência, rizoma e raiz fasciculada.

As folhas da cana-de-açúcar apresentam coloração verde, são sésseis, lanceoladas, lineares e pontiagudas, são distribuídas em toda extensão do colmo, com inserção na região nodal, em fileiras opostas e alternas (SEGATO *et al.*, 2006).

O plantio da cana-de-açúcar é uma operação importante e a sua eficiência determina o número de soqueiras a serem colhidas. A cana é cortada em seções de 30 cm de comprimento, normalmente com três a quatro gemas (YARA BRASIL, 2020).

O espaçamento entre sulcos é normalmente em torno de 1,5 m, porém, segundo a Yara Brasil, (2020), há uma tendência de combinar o espaçamento com espaço entre as rodas dos maquinários, modificando para 1,8-1,9 m, sem perdas na produtividade de cana. Isso ajuda a maximizar a produtividade e reduzir a compactação do solo, minimizando assim os danos à soqueira.

A duração do ciclo varia conforme o clima e variedade da planta, entre 12 e 24 meses (YARA BRASIL, 2020).

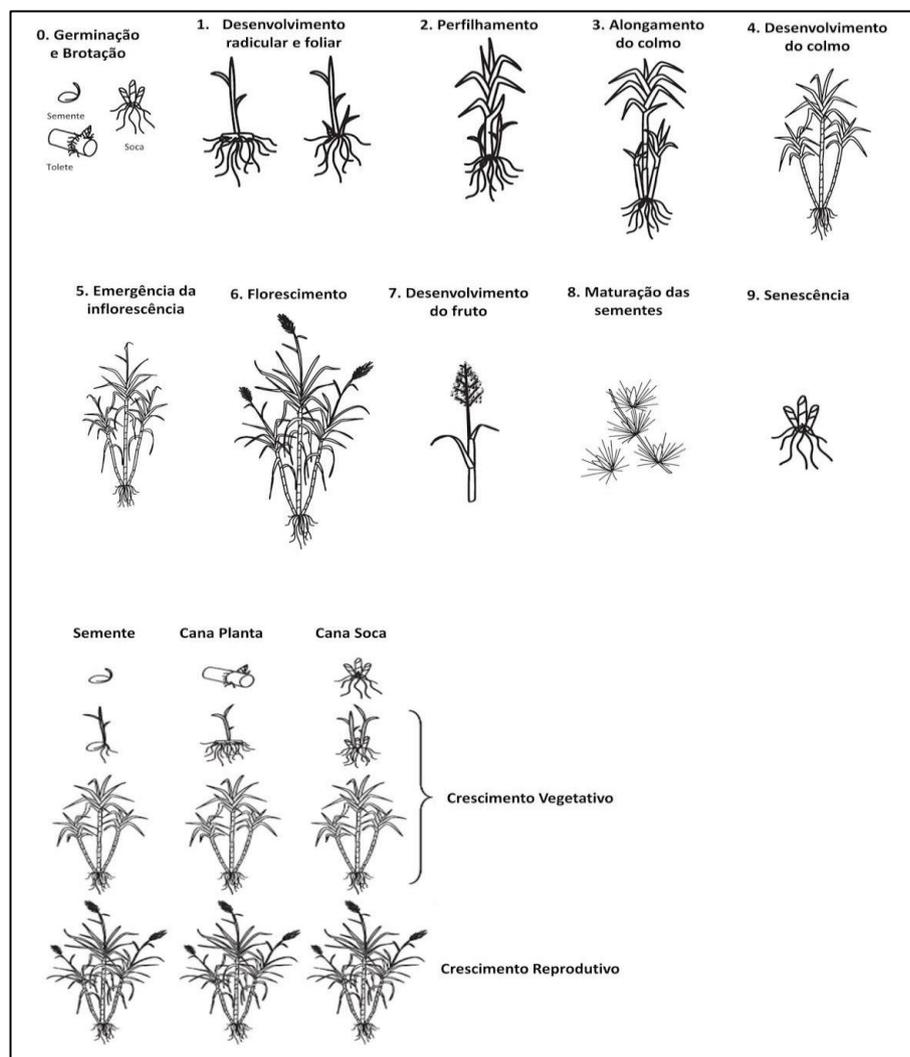
Segundo esta empresa, após a colheita da cana-planta, uma série de ciclos sucessivos são cultivados a partir da rebrota – a chamada soqueira. A cada nova soqueira que se

desenvolve, as raízes mais velhas morrem e novas raízes são formadas. Também há a formação de novos perfilhos e a partir desses, a nova safra de cana-de-açúcar é colhida.

Menciona ainda a empresa, que após cada soqueira, ocorre uma gradativa redução na produtividade. Em alguns países asiáticos, em determinadas circunstâncias, devido a pressões significativas de inóculos limitada e disponibilidade de variedades adaptadas, a cultura é replantada a cada safra.

Quanto ao crescimento da cana-de-açúcar, recentemente o pesquisador Graham Bonnett (2013), citado por Barbosa (2016), classificou o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura em dez estádios fenológicos, sendo que dos estádios 0 ao 5, refere-se ao desenvolvimento vegetativo, e do 5 ao 9, refere-se ao desenvolvimento reprodutivo, conforme pode-se visualizar na figura 1.

Figura 1: Desenvolvimento Vegetativo e Reprodutivo da Cana-de-açúcar.



Fonte: Barbosa (2016).

Na produção agrícola (produção de etanol e açúcar), Barbosa (2016) ressalta que essa classificação fenológica não é muito utilizada, pois os estádios de desenvolvimento reprodutivo não são desejáveis (florescimento). Dessa maneira, classifica-se o crescimento em quatro fases: brotação, perfilhamento, crescimento vegetativo e maturação.

No entanto, Segato *et al.* (2006) acredita que o ciclo fenológico da cana-de-açúcar é constituído por oito fases distintas; são elas: plantio do tolete; brotação do tolete; início do perfilhamento; perfilhamento intenso; maturação; colmos industrializáveis; corte ou colheita e brotação da soqueira.

A cana-de-açúcar exige para o seu cultivo um clima tropical, com boa insolação, uma temperatura média de 26°C e uma precipitação de 2.500 mm anuais, bem distribuídas. Quanto aos tipos de solos, a cultura pode ser cultivada em solos argilosos até os mais arenosos, desenvolvendo-se mal em terrenos encharcados e muito ácidos. O pH ideal para a cultura situa-se entre 5,5 e 6,5 (BRASIL, 1973).

O plantio da cana-de-açúcar pode ser realizado em duas épocas, o primeiro dá origem à cana-planta de ano (12 meses) e o segundo à cana-planta de ano e meio (18 meses), porém após o primeiro corte o ciclo de ambas é anual e ela recebe a denominação de cana soca (NOVA CANA, 2021).

Cana de 12 meses: a cana é plantada pouco tempo após a última colheita e será colhida no ano seguinte; nesta opção, a terra será sempre cultivada com cana, mas a produtividade é mais baixa, por isso ela só é adotada em cerca de 20% dos casos;

Cana de 18 meses: após a última colheita do canavial, a terra fica vários meses descansando ou recebe uma cultura de rotação de amendoim, soja, girassol ou algum vegetal que ajuda a nitrogenar o solo; neste caso, a produtividade do primeiro corte é muito mais alta, mas haverá um espaço de cerca de dois anos entre o último corte do ciclo anterior e o primeiro corte do novo ciclo.

Após o primeiro corte, que corresponde à chamada cana-planta, o canavial é colhido em média mais quatro vezes (cana soca) a partir da rebrota da cana cortada (soqueira), após será realizado a reforma do canavial.

Para Sobrinho *et al.* (2019) a cana-de-açúcar é adaptada aos climas tropicais e subtropicais, e demanda grande volume de água em seu sistema de produção, principalmente no desenvolvimento vegetativo, fase fenológica onde a produção de biomassa pela cultura é bastante expressiva, e cultura sofre forte influência pelas condições ambientais, manejo agrícola, período de plantio e variedade plantada.

Reforça Sobrinho *et al.* (2019) que o consumo diário de água pela cana-de-açúcar varia entre 2 a 6 mm/dia nas principais regiões produtoras, podendo divergir entre as variedades utilizadas e o estágio de desenvolvimento da cultura. A relação entre o consumo de água e a produção da cana pode chegar a 12,1 mm/ton., sendo uma cultura bastante sensível ao estresse hídrico.

Diante do exposto, alguns autores defendem a irrigação como um fator principal no cultivo da cana-de-açúcar. Visto que a exigência hídrica da cana-de-açúcar é de 1500 a 2500 mm durante o seu ciclo, destaca Sobrinho *et al.* (2019).¹

Arantes (2012), cita que o cultivo da cana-de-açúcar irrigada proporciona aumento na produtividade e do número de cortes por plantio, além de promover uma maior eficiência econômica para a atividade.

Wiedenfeld, (2000), reforça que a cana-de-açúcar submetida ao estresse hídrico no terceiro e quarto período do seu ciclo, 257 a 272 e 302 a 347 dias após o plantio, apresenta redução de 8,3% a 15% no rendimento produtivo.

Dessa forma, embora autores defendem o uso da irrigação no manejo da cana-de-açúcar, Sobrinho *et al.* (2019) reforça que o manejo da irrigação para esta cultura necessita ser realizado levando-se em consideração as características físicas do solo, recomendando determinadas lâminas para cada estágio do ciclo fenológico.

A Cana-de-açúcar, produz diversos resíduos industriais, dentre os quais: o bagaço, material fibroso que permanece após a moagem da cana-de-açúcar. Normalmente, conforme a Yara Brasil¹ (2020), para cada 10 toneladas de cana moída, gera entre 3 e 4 toneladas de bagaço úmido. Esse material possui um alto teor de água, (em torno de 40 a 50%) e armazenado antes do processamento. O bagaço está sendo cada vez mais usado para produzir energia com a queima, gerando eletricidade, mas também pode ser uma fonte de matéria orgânica quando retornada ao solo.

As cinzas e tortas de filtro são também usados como fertilizantes. As cinzas das caldeiras são “raspadas” no moinho e a torta de filtro é o resíduo gerado após a clarificação do açúcar. A torta de filtro pode ser usada para condicionar aumento na matéria orgânica do solo e fornecer nutrientes. É frequentemente usada para compostagens com o bagaço.

A vinhaça é um resíduo do processo de destilação do álcool. Contém altos níveis de matéria orgânica, potássio, cálcio e quantidades moderadas de nitrogênio e fósforo. Cuidados

¹ A Yara Brasil é uma empresa de fertilizantes, multinacional, com origem na Noruega. Conta com operações de vendas, produção, serviço, pesquisas e suporte nas Américas, África, Europa e Ásia. **Fonte:** Agro 2.0 em Yara Brasil é uma grande e importante empresa de fertilizantes

são necessários ao manejar a vinhaça, pois é um produto corrosivo. Em alguns países, a vinhaça é concentrada por evaporação, sendo chamada de vinhaça concentrada.

Os nutrientes aplicados por meio desses resíduos precisam ser considerados ao definir os programas de adubação para cana-de-açúcar. Visto que este resíduo é utilizado como fertirrigação na própria cultura.

2.1.2 A Cultura da Soja

Ao se discutir a expansão da agricultura brasileira, a soja apresenta-se como uma cultura chave neste processo. Além de se apresentar como a principal cultura do agronegócio, a oleaginosa também é uma das responsáveis pela mudança geográfica da produção agrícola do Brasil.

Segundo Bonato e Bonato (1987) o registro mais antigo da soja data de 2.838 A.C. na China, ficando restrita ao continente asiático até as grandes navegações do século XV e XVI, quando começou a se espalhar pelo mundo.

Para Bonato e Bonato (1987) a primeira referência da soja nas Américas ocorreu no estado da Pensilvânia, EUA, em 1804. No entanto, somente após a Primeira Guerra Mundial, que a soja teve importância internacional, que os norte-americanos deram maior atenção à oleaginosa. Como resultado, em 1920, foi criada a Associação Americana de Soja (American Soybean Association – ASA), visando defender os interesses relacionados à cultura.

No Brasil, a primeira referência da soja data de 1882 D’utra, (1882) citado por Bonato (1987) com relato dos primeiros testes feitos na Bahia. Depois disso, a soja expandiu-se para o Sudeste e Sul, chegando posteriormente ao Centro-Oeste.

O início da produção de soja em escala comercial no Brasil, segundo Bonato e Bonato (1987) ocorreu no Rio Grande do Sul.

Conforme Miranda (2020, p. 46),

Autores apontam que, apesar de as primeiras estatísticas oficiais datarem de 1941, há registros de venda da soja por produtores em 1935, e que o Rio Grande do Sul e o Paraná dominaram a produção da soja no País até o final da década de 1990. Na safra 1999/2000, a produção do Mato Grosso ultrapassou pela primeira vez a dos estados tradicionais, e daí em diante a liderança deste só aumentou.

Para Miranda (2020) a produção da soja em larga escala no Centro-Oeste marca um importante capítulo na história da expansão da agricultura brasileira. Os solos ácidos e pouco férteis somados ao clima adverso, tornavam a produção agrícola nos Cerrados pouco atrativos.

A expansão da soja no Cerrado foi possível devido à Embrapa, protagonista na viabilização da produção de soja na região.

As técnicas de correção e adubação devido à mecanização agrícola, foi outro fator que contribuiu para a expansão agrícola no cerrado, visto que este bioma até a década de 1960 era considerado um entrave quando se pensava em utilizá-lo como áreas para o plantio.

A expansão dos plantios de soja no Brasil, teve reflexos sobre diversas outras culturas, com destaque para o milho, que apresentou não apenas mudança geográfica da produção, mas também dividiu a safra em duas épocas.

Miranda (2020), ressalta que o milho é uma das culturas agrícola mais importante do mundo. Apesar de seu principal uso ser para alimentação animal, é possível produzir uma infinidade de produtos com o cereal (combustíveis, fubá, silagem, pipocas, canjicas, dentre outros).

Com origem mais antiga do que a soja. Evidências arqueológicas indicam que o milho começou com o seu ancestral teosinto, há pelo menos 9 mil anos. Por ser originário das Américas, mais especificamente do México, já era conhecido pelos índios brasileiros na ocasião da chegada dos portugueses. Tanto que o milho foi uma das culturas indígenas que evoluiu como atividade de subsistência durante o ciclo do açúcar no Brasil colonial, reforça Miranda (2020).

Para este autor, em 1900, o milho já demonstrava certa relevância, mas o seu status produtivo não se alterou muito no decorrer da República Velha e nos primeiros anos do Estado Novo.

Conforme sustenta o Miranda (2020) ao final da década de 1930, a produção de milho no Brasil cresceu sistematicamente, superando 30 milhões de toneladas. A partir da década de 1970, a cultura passou por um período de 20 anos de queda e estagnação. A razão foi a ascensão da soja, que ocupou áreas do cereal na Região Sul.

A competição com a soja pelo plantio na primeira safra, realizado na época tradicional, durante o período chuvoso, inicialmente fez diminuir a área plantada e a produção de milho. Entretanto, no final da década de 1980, começou a ganhar relevância o milho plantado em segunda safra, em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja. Esse milho de segunda safra ficou popularmente conhecido como milho safrinha (MIRANDA, 2020).

Ao longo das últimas três décadas, a produção do milho safrinha cresceu consideravelmente, o que permitiu o crescimento da produção do cereal no País, destaca Miranda (2020).

Ressalta Miranda (2020) que a soja não apenas mudou a época de plantio da maior parte da produção de milho no Brasil, mas também alterou a geografia da cultura. Com o avanço da soja no Centro-Oeste, o milho foi atrás, plantado em sucessão à oleaginosa, na segunda safra.

Continua Miranda (2020) que há uma infinidade de produtos agropecuários que ajudaram a construir a riqueza do setor. É curioso que os principais produtos agrícolas do Brasil desde o descobrimento ainda continuam relevantes. A soja, é o principal produto do agronegócio do País, mas a cana-de-açúcar, com os seus quase 500 anos de história nas terras tupiniquins, ainda é a segunda cultura agrícola mais importante.

Miranda (2020), entende que um dos fatores de grande importância que favoreceu o crescimento do agronegócio nacional, é que há setores de insumos, indústria e serviços diretamente atrelados à agricultura e à pecuária.

Conforme o entendimento de Miranda (2020) num olhar do futuro, dado ao crescimento da demanda mundial por alimentos, será exigido do País um acréscimo produtivo maior que o status atual, criando oportunidade de ampliação para o desmatamento. Isso é ainda mais evidente ao considerarmos que os dois maiores produtores de alimentos no mundo, EUA e China, estão no limite do uso da terra e capacidade produtiva.

No entanto, há uma demanda ascendente internacionalmente por alimento, o que tem contribuído para o aumento gradativo da exportação dos alimentos produzidos no Brasil, em razão das commodities terem seus preços tabelados no mercado internacional, principalmente em dólar, o que favorece aos produtores em lucratividade, contribuído para o aumento dos preços no mercado interno, o que é a realidade neste momento crítico de pandemia. “Predominando a lei da oferta e da demanda”.

A soja é uma planta da família das leguminosas, subfamília Fabaceae. É uma planta anual tem porte ereto, herbácea, possui flores que podem ser de coloração branca ou púrpura e de reprodução autógama (autofecundação), sendo que seu ciclo pode variar em função das cultivares que pode ter de 75 (mais precoces) a 150 dias (mais tardias), a altura pode variar de 30 a 200 cm (CHBAGRO, 2021).

Conforme Tejo *et al.* (2019) seu sistema radicular é constituído por uma raiz axial principal e por raízes secundárias. Nas raízes da soja são encontrados nódulos que realiza a simbiose entre a planta e bactérias do gênero *Bradirhizobium*, sendo que estas bactérias promovem a fixação biológica do nitrogênio do ar e o disponibiliza para a planta de forma assimilável (nitrato) recebendo em troca hidratos de carbono.

Conforme continua Tejo *et al.* (2019) o caule da cultura é caracterizado como herbáceo, ereto, pubescente e ramificado, e o seu desenvolvimento é iniciado a partir do eixo embrionário,

logo após a germinação. As cultivares de soja apresentam dois tipos de crescimento, são eles: determinado: com fases reprodutivas muito bem definidas e indeterminado: se desenvolve mesmo após o início da floração.

A soja é classificada como uma planta de dias curtos, apresenta alta sensibilidade ao fotoperíodo, ou seja, ao comprimento do dia, isto é, necessita de um mínimo de horas de noite ou escuro para florescer. Todavia, essa característica varia conforme a cultivar (ROCHA, 2009).

Da germinação ao seu desenvolvimento, a planta de soja apresenta três tipos de folhas sendo elas: as cotiledonares que são as iniciais, as unifolioladas que aparecem também no início do desenvolvimento e, as trifolioladas que aparecem logo após as unifolioladas e permanecem até a senescência (SEDIYAMA *et al.*, 1985). As flores da soja ocorrem em racemos terminais ou axilares. A abertura floral ocorre geralmente pela manhã e pode ser influenciada pela temperatura e umidade (SEDIYAMA *et al.*, 2005). O fruto da planta é um legume e conhecido comumente como vagem. Quando maduro apresenta cerca de 2 a 7 cm de comprimento, o que pode variar consoante com a cultivar e condições climáticas, a produtividade pode chegar a 400 grãos por planta, com vagens contendo de 1 a 5 grãos (TEJO *et al.*, 2019).

Figura 2: Estágios Vegetativos da Cultura da Soja.

ESTÁDIO		DESCRIÇÃO
SÍMBOLO	DENOMINAÇÃO	
V _E	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo
V _C	Cotilédone desenvolvido	Cotilédones totalmente abertos
V ₁	Primeiro nó	As folhas unifolioladas estão completamente abertas
V ₂	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada aberta
V ₃	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada aberta
V _(n)	Enésimo nó	“Enésimo” nó ao longo da haste principal com trifólio aberto

Fonte: Câmara (2006).

A cultura da soja possui inúmeros estágios fenológicos em todo o processo de desenvolvimento da planta. O ciclo fenológico é dividido em dois estágios, o vegetativo (V) e o reprodutivo (R), seguidos de índices numéricos, com exceção apenas dos estágios VE (de emergência) e o VC (de cotilédone) conforme a figuras 2.

Segundo Costa (1996) os estágios vegetativos da soja é a fase de desenvolvimento durante o processo de formação da planta, que se inicia na germinação e vai até à formação das primeiras flores que resultará nas sementes. Cada estágio representa uma etapa diferente.

A fase reprodutiva da soja ocorre após ou durante o término do estágio vegetativo. Apresentado como característica visível o aparecimento das primeiras flores, seguindo pelo processo de formação, enchimento e amadurecimento das vagens, conforme a figura 3.

Figura 3: Estádios Reprodutivo da Cultura da Soja.

ESTÁDIO		DESCRIÇÃO
SÍMBOLO	DENOMINAÇÃO	
R ₁	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal
R ₂	Florescimento pleno	Maioria das inflorescências da haste principal com flores abertas
R ₃	Início da frutificação	Vagens com 0,5 a 1,5 cm de comprimento no terço superior da haste principal
R ₄	Frutificação plena	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com comprimento de 2 a 4 cm ("canivete")
R _{5.1}	Início da granação	Até 10% da granação máxima na maioria das vagens localizadas no terço superior da haste principal
R _{5.2}		Maioria das vagens no terço superior da haste principal entre 10 e 25% da granação máxima
R _{5.3}	Média granação	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 25 a 50% da granação máxima
R _{5.4}		Maioria das vagens no terço superior da haste principal entre 50 e 75% da granação máxima
R _{5.5}	Final da granação	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 75 a 100% da granação máxima
R ₆	Semente formada ou granação plena	100% de granação. Maioria das vagens no terço superior contendo sementes verdes em seu volume máximo ("vagem gorda")
R _{7.1}	Maturidade fisiológica	Até 50% de folhas e vagens amarelas
R _{7.2}	Maturidade fisiológica	Entre 50 e 75% de folhas e vagens amarelas
R _{7.3}	Maturidade fisiológica	Acima de 75% de folhas e vagens amarelas
R _{8.1}	Desfolha natural	Até 50% de desfolha
R _{8.2}	Desfolha natural	Acima de 50% de desfolha. Aproxima-se o ponto de colheita
R ₉	Maturidade a campo	95% de vagens com a cor da vagem madura

Fonte: Câmara (2006).

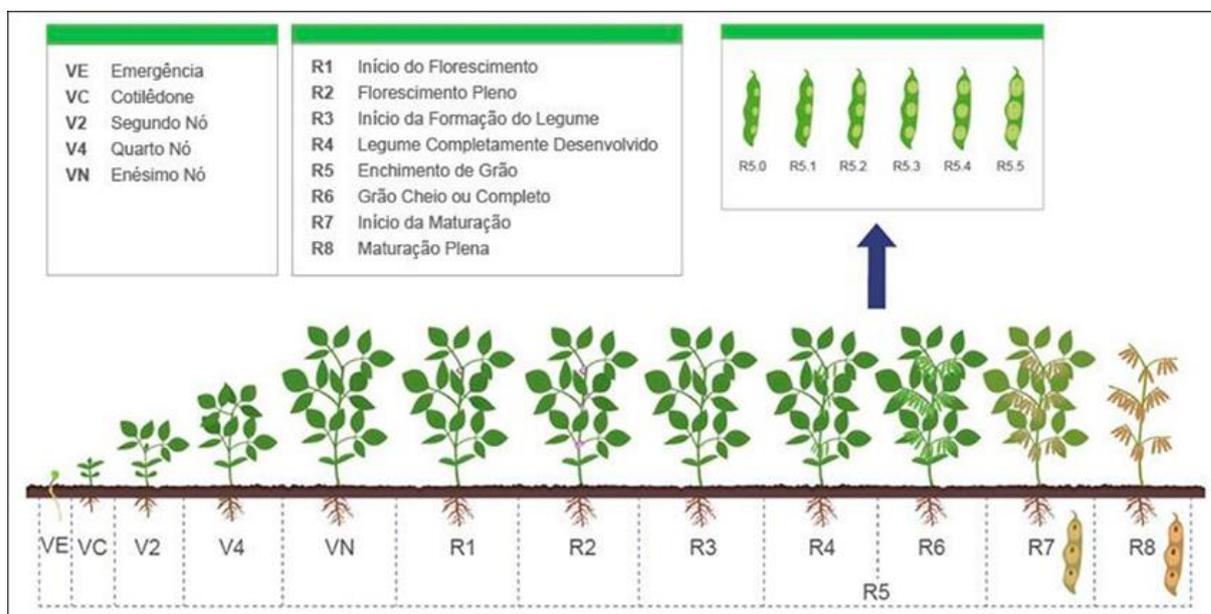
Smiderle (2019) ressalta que a água constitui cerca de 90% do peso da planta, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Desempenha a função de solvente dos gases, minerais e outros solutos que entram nas células e movem-se pela planta.

Para Smiderle (2019) a disponibilidade da água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Durante o primeiro período, tanto o excesso como o déficit de água são prejudiciais à obtenção de uniformidade na população de plantas. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar boa germinação.

Reforça ainda Smiderle (2019) que a necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração e enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após este período.

A figura 4, mostra de modo detalhado o ciclo fenológico da cultura da soja.

Figura 4: Ciclo Fenológico da Cultura da Soja.



Fonte: Tejo, *et al.*, (2019).

Conforme sustenta Smiderle, (2019), déficits hídricos expressivos, durante a floração e enchimento de grãos da soja, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas. Como consequência, causa a queda prematura de folhas, flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, na redução do rendimento de grãos.

Para Smiderle, (2019) outro fator de grande importância é a temperatura, que atua diretamente em todas as fases da cultura, do processo de germinação, crescimento, floração, frutificação, bem como na respiração, fotossíntese e na absorção de água e nutrientes.

Conforme o MAPA (2014) a soja se adapta melhor a temperaturas do ar entre 20°C e 30°C. A temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de 30°C. A faixa de temperatura do solo adequada para semeadura varia de 20°C a 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme.

Reforça ainda o MAPA (2014) que o crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas menores, ou iguais a 10°C. Temperaturas acima de 40°C têm efeito adverso na taxa de crescimento. A floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima

de 13°C. A floração precoce ocorre, principalmente, em decorrência de temperaturas mais altas, podendo acarretar diminuição na altura da planta. A soja, sendo basicamente uma planta de dias curtos, é influenciada pelas condições fotoperiódicas próprias de cada latitude, especialmente na duração do período de emergência à floração.

2.1.3 A Modernização Agrícola no Brasil

Conforme destacam Matos e Pessoa (2011), após a Segunda Guerra Mundial, diante do quadro econômico dos países da América Latina (considerados atrasados em relação a outros países do continente americano), foi instituída a Comissão Econômica da América Latina (CEPAL) com o objetivo de elaborar políticas para estimular o desenvolvimento econômico desses países.

O processo de modernização da agricultura no país, segundo Teixeira (2005) inicia-se na década de 1950 com as importações de meios de produção mais avançados. Dentre estes meios, conforme reforça Nunes (2014, p. 40) a agricultura brasileira contou na sua base técnica de produção com importações de tratores e fertilizantes, na intenção de aumentar a produtividade, após a Segunda Guerra Mundial.

Assim, partir de 1960, Matos e Pessoa (2011) reforçam que aconteceu a consolidação efetiva da agricultura moderna com a adoção das inovações tecnológicas no processo produtivo (inovações agrônomicas, físico-químicas, biológicas) e com a constituição dos complexos agroindustriais, o que gerou uma nova configuração socioeconômica e espacial para o campo brasileiro.

Wanderley (2014) reforça que a partir de 1960, as transformações agrícolas no Brasil foram profundas, assumindo duas dimensões que se complementam. Uma é a subordinação da atividade agrícola às exigências dos setores dominantes do capitalismo, adoção de máquinas, equipamentos e insumos de origem industrial nos processos de produção. E a segunda, é a ocupação das fronteiras agrícolas por grandes empresas, que se beneficiaram de políticas públicas de incentivo à expansão.

Nesse contexto, Nunes (2014) salienta que a formulação de políticas públicas para o desenvolvimento, modernização e expansão agrícola, foram implementadas através de programas federais.

Como exemplo, está o Plano de Integração Nacional (PIN), iniciado em 1970. Nunes (2015), aborda que dentre os programas de incentivo à expansão e integração nacional temos o Programa de Redistribuição de Terras e Desenvolvimento Agroindustrial (PROTERRA),

estimulou concomitantemente programas privados de financiamento para a aquisição de terras. As áreas de maior influência foram o norte do Mato Grosso, o Tocantins e o norte de Goiás, levando a expansão da agricultura comercial e extração de madeira.

O Programa de Incentivo Fiscal para a Amazônia Legal a qual concedia incentivos fiscais para estimular investimentos privados. Segundo a INESC (2014) tiveram início em 1963 com a Lei N° 4.216 a qual estendeu à Amazônia Legal os incentivos fiscais já dados ao nordeste. Nesta época, os incentivos eram administrados pela SPVEA – Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia. A extinção desta superintendência deu lugar, em 1966, à criação da SUDAM – Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia, com a atribuição, entre outras, de administrar a política de incentivos fiscais e do Banco da Amazônia.

O Banco da Amazônia, foi criado em plena 2ª Guerra Mundial com o objetivo de financiar a produção de borracha destinada aos países aliados, a partir do Acordo de Washington firmado entre Brasil e os Estados Unidos, o Decreto-Lei n° 4.451, de 9 de julho de 1942, como o nome de Banco de Crédito da Borracha, com participação acionária dos dois países.

Após a guerra, através do Lei n° 1.184, de 30 de agosto de 1950, o governo federal transforma o Banco de Crédito da Borracha em Banco de Crédito da Amazônia S.A., ampliando o financiamento para outras atividades produtivas e assumindo contornos pioneiros de banco regional misto, a partir da implementação do Primeiro Plano de Valorização Econômica da Amazônia e dos novos polos de crescimento propiciados pelo Governo Juscelino Kubitschek com a abertura da rodovia Belém-Brasília.

A partir de 1966, assume o papel de agente financeiro da política do Governo Federal para o desenvolvimento da Amazônia Legal, já com o nome de Banco da Amazônia, pela Lei n° 5.122, de 28 de setembro de 1966, tornando-se depositário dos recursos provenientes dos incentivos fiscais.

Em 1970, passou a ser uma sociedade de capital aberto, tendo o Tesouro Nacional, 51% das ações e o público 49%. Em 1974, é alçado a agente financeiro do Fundo de Investimento da Amazônia (Finam), administrado pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), atuando na expansão da fronteira agrícola e no avanço da industrialização regional. Como gestor do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO), criado em 1989, possibilita à mini, micro e pequenos produtores e empresários da região o acesso a uma fonte de financiamentos de longo prazo.

Ainda conforme a INESC (2014) em 1966, no bojo desta reformatação institucional arquitetada pelo governo militar, foi estruturada a chamada “Operação Amazônia” com três pilares:

- I) política de incentivos fiscais para atrair capital privado para investimentos na região;
- II) política de ocupação de terras para solucionar o problema da posse da terra em outras regiões e ampliar a área agrícola na Amazônia, e;
- III) a ampliação da infraestrutura de telecomunicações e estradas para viabilizar às duas estratégias anteriores.

Por trás do discurso de levar o desenvolvimento ao norte do país e do lema geopolítico de “Integrar para não entregar”, o objetivo concreto era o de inserir a região na dinâmica de acumulação comandada pelo Centro-Sul do país, estimulando a exploração dos seus recursos naturais, em paralelo à condução de investimentos em infraestrutura para permitir o escoamento destes produtos.

É perceptível que estes programas de colonização da Amazônia foram rápidos, munidos de interesses políticos e privados, assim como desprovidos de planejamento. Esta notoriedade ficou visível pelo ato de grilagem de terras, avanço do desmatamento acompanhado de queimadas, criminalidade no campo através de pistolagem, roubo de terras, inércia na reforma agrária e as precárias vias de acesso.

O Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO), criado em 1975, buscava promover o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias no Centro-Oeste e oeste de Minas Gerais, por meio das incorporações de grandes extensões de cerrado às atividades agropecuárias (NUNES, 2015).

Programa de Cooperação nipo-brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER), iniciado em 1976, visando estimular a implantação da agropecuária moderna nos cerrados, dividido em três fases, PRODECER I, PRODECER II e PRODECER III (NUNES, 2015).

O Programa Especial de Desenvolvimento do Pantanal (PRODEPAN) atuou entre os anos 1974 a 1979. Seus objetivos eram implantar infraestrutura, estimular industrialização, saneamento, conceder crédito rural, e estimular a pesquisa agropecuária (NUNES, 2015).

Programa Especial de Desenvolvimento da Grande Dourados (PRODEGRAN), tinha por objetivo expansão da área de cultivo para oleaginosas (NUNES, 2015).

O Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE) tinha por objetivo organizar a ocupação desordenada de Rondônia e do norte do Mato Grosso, mas não teve seu objetivo alcançado (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO), criada em 1967 com o objetivo de coordenar o desenvolvimento do Centro-Oeste, articulando ações dos órgãos federais atuantes na região (FEITOSA, 2011).

Em 1974, o governo lançou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), tendo como diretriz principal o crescimento acelerado e contínuo. Para tanto, foi resgatada a concepção de polos de crescimento e de projetos de desenvolvimento rural, integrado, elaborando e implantando grandes programas federais para a expansão agrícola e agroindustrial do Centro-Oeste e norte do país e o Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e do Nordeste (Proterra) (NUNES, 2015).

Dentre as políticas agrícolas vinculadas aos discursos de desenvolvimento pelo Estado, é destaque o MATOPIBA.

Região considerada a última fronteira agrícola nacional, compreende o bioma Cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. A expressão MATOPIBA é resultado das iniciais dos quatro estados citados anteriormente, caracterizada pela expansão de uma fronteira agrícola baseada em tecnologias modernas de alta produtividade.

Visto que o estado do Tocantins tem 100% do seu território dentro do MATOPIBA, é de grande importância o conhecimento desta fronteira agrícola e sua dinâmica junto aos territórios impactados.

Resultado de um Acordo de Cooperação Técnica assinado entre o INCRA e a Embrapa, através do Grupo de Inteligência Territorial Estratégica - GITE em 2014. O Acordo tem como objetivo principal dar apoio técnico e científico da Embrapa ao INCRA em questões de governança e inteligência territorial estratégica. Ele reúne informações numéricas, cartográficas e iconográficas e a caracterização territorial do quadro natural, agrário, agrícola, rural e socioeconômico de 31 microrregiões e 337 municípios dos quatro estados que compõem a região (EMBRAPA, 2014).

Segundo a Embrapa (2014) com topografia plana, os solos profundos e o clima favorável ao cultivo das principais culturas de grãos e fibras, possibilitam o crescimento vertiginoso da região, que até o final da década de 1980 se baseia fortemente na pecuária extensiva.

Conforme a Embrapa (2014) a área é considerada complexa, o que torna ainda mais audacioso o desafio de garantir uma agricultura moderna e sustentável. A área reúne 337 municípios e representa um total de cerca de 73 milhões de hectares. Existem na área cerca 324 mil estabelecimentos agrícolas, 46 unidades de conservação, 35 terras indígenas e 781 assentamentos de reforma agrária.

Tamanha prosperidade levou à oficialização da delimitação do território por meio da assinatura de decreto pela presidenta, Dilma Rousseff e ao lançamento da Agência de Desenvolvimento Regional do MATOPIBA pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) nos quatro estados que fazem parte da região.

A cultura principal nas principais regiões produtoras do MATOPIBA é soja. Porém, outras culturas como arroz e algodão também têm papel importante. Parte deste impulso na produtividade de grãos se deve ao acesso às tecnologias empregadas, como o uso de híbridos e cultivares adaptados às condições edafoclimáticas, além de boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes, corretivos, defensivos e sistemas conservacionistas de manejo como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta (EMBRAPA, 2015).

De acordo com Garcia e Filho (2018) um aspecto que tem tornado possível a expansão agropecuária em terras caracterizadas como improdutivas ou como de baixa aptidão agrícola é a tecnologia. Todavia, a ausência de informações dificulta a adequada inclusão da dimensão ambiental na tomada de decisão, situação que pode comprometer a sustentabilidade da ocupação, apesar do avanço tecnológico.

Garcia e Filho (2018) reforçam que a região do MATOPIBA é um vetor de expansão que necessita de investimentos na direção de minimizar as desigualdades econômicas e sociais, questão que poderia ser refletida em políticas públicas de maior investimento em pesquisa e de geração de tecnologias adaptadas à realidade ambiental local.

Segundo Feliciano e Rocha (2019) a região do Cerrado, onde hoje se encontra o programa MATOPIBA, despontou para expansão de fronteira agrícola ainda na década de 1970, quando políticas públicas territoriais foram efetivadas nesta região. Os Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND's) formularam instrumentos de revitalização e modernização da agricultura brasileira no sentido de dinamizar o setor agrícola e de ampliar a produção de alimentos e de matérias-primas; aumentar as exportações e a substituição das importações e redistribuir geograficamente as populações rurais por meio da colonização.

O Tocantins, estado que tem seu território totalmente incluído no MATOPIBA, é palco de inúmeros polos de produção agrícola. O principal produto que vem abrindo as maiores áreas para plantio e tendo os maiores investimentos de capital é a soja. Essa valorização do espaço elevou a procura por terras, fazendo com que os proprietários locais as venderam ou arrendaram, não fazendo parte diretamente, nesse momento, do processo de territorialização das lavouras de soja, pois não conseguem ou não se interessaram em se inserir no mundo do agronegócio, visto que este processo ainda está se consolidando (FELICIANO e ROCHA, 2019).

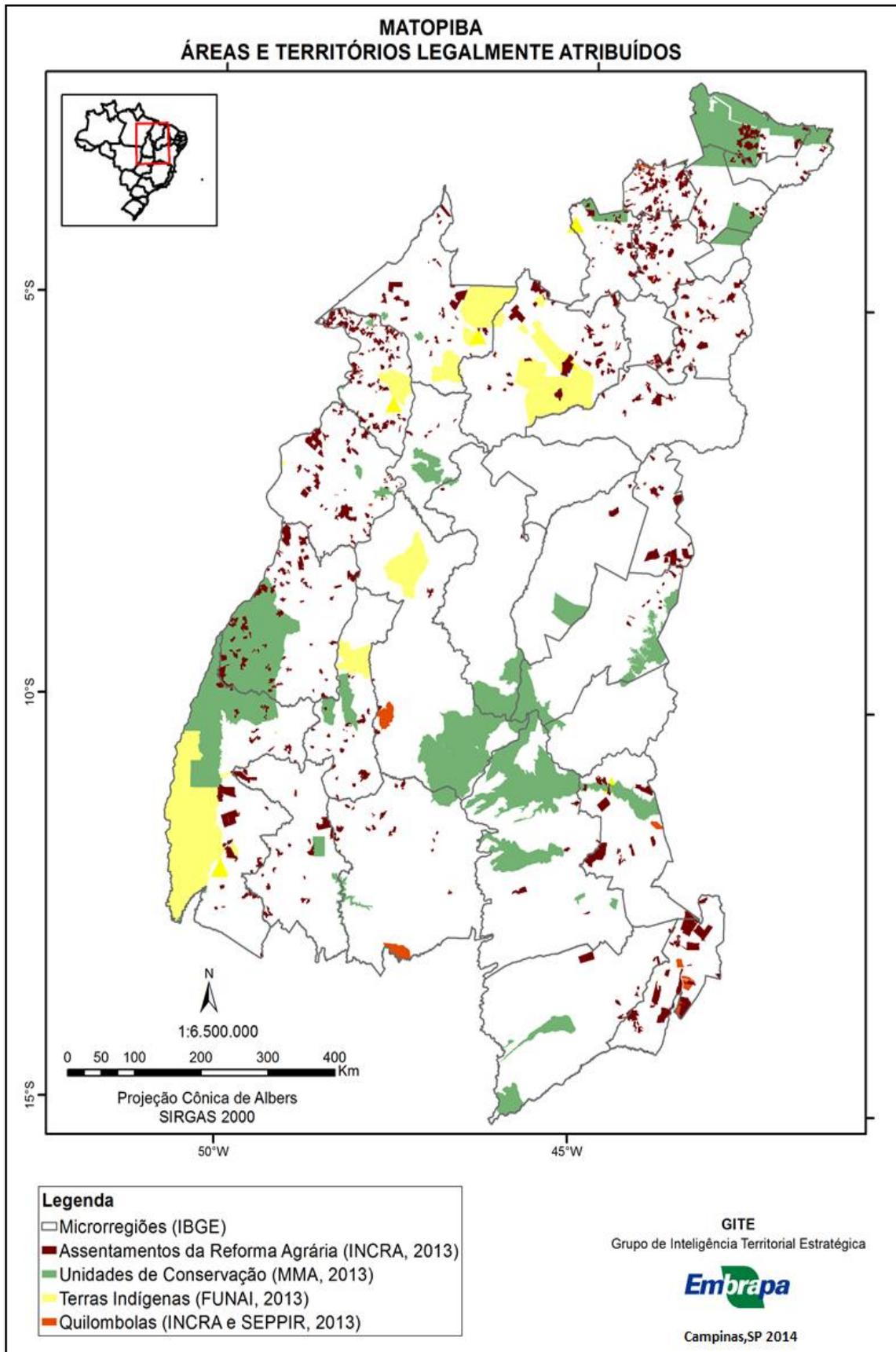
O território do estado do Tocantins, totalmente inserido no território do MATOPIBA (Figura 5), abrange 08 microrregiões, 139 municípios e uma área total de 27.772.052 ha, correspondendo a 38% do total da região agrícola, o maior percentual de terras na nova fronteira agrícola (Embrapa, 2014).

As Microrregiões geográficas do IBGE que compõem o MATOPIBA no estado do Tocantins são as do Bico do Papagaio, Araguaína, Miracema do Tocantins, Rio Formoso, Gurupi, Porto Nacional, Jalapão e Dianópolis, tendo o segundo maior PIB no território, conflitando com territórios indígenas, quilombolas e camponeses consolidados (FELICIANO e ROCHA, 2019. p.240).

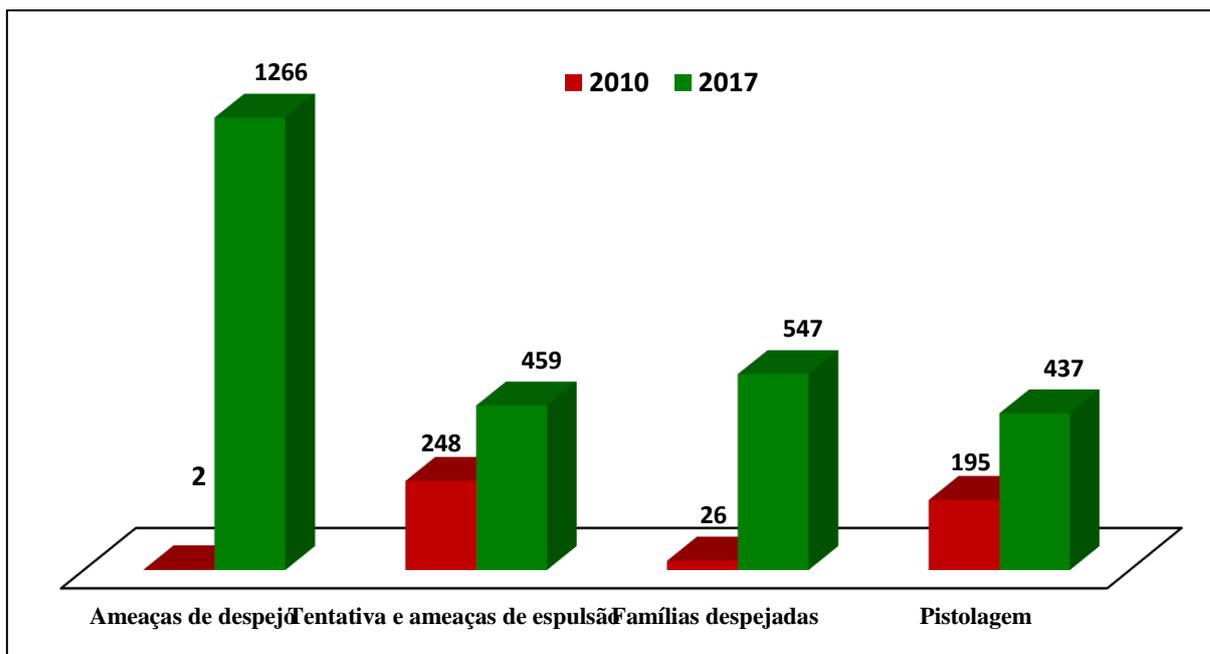
Conforme Feliciano e Rocha, (2019) os dados de conflitos por terra no Tocantins mostram a elevação na quantidade de famílias envolvidas em conflitos territoriais, principalmente após 2015, ano da formalização pelo governo federal do MATOPIBA. Pode-se considerar o clima de tensão gerado pela chegada desse programa.

De 2010 a 2017 o número de pessoas ameaçadas de despejo passou de 02 para 1266. Ainda, conforme dados da CPT (gráfico 2), das quatro formas de violências levantadas, ameaças de despejos apresenta maior número de pessoas envolvidas.

Figura 5: Áreas e Territórios atribuídos ao MATOPIBA.



Fonte: Embrapa (2014).

Gráfico 2: Número de pessoas envolvidas em conflitos por terra na região do MATOPIBA.

Fonte: CEDOC Dom Tomás Balduino – CPT (2018). Organização: Valdivino Silva (2021).

Dados apresentados por pesquisadores da UFABC, mostram que os lucros do agronegócio em estados da região do MATOPIBA são concentrados e a maior parte da população não tem acesso aos benefícios gerados, a riqueza gerada é muito concentrada e não chega à maior parte da população local. A maior parte dos municípios do MATOPIBA nem sequer vê essa riqueza circular.

Com base nos estudos da UFABC existe de quatro “MATOPIBAS”, tomando-se como referências as médias de critérios de produção agropecuária da região, de um lado, e da média regional de indicadores sociais e de qualidade de vida, de outro.

Classe 1, formada por estabelecimentos “muito pobres”. São 80% do total e geram apenas 5,22% da renda monetária bruta da região. Estão presentes em todos os 337 municípios.

Classe 2, formada por estabelecimentos “pobres”. São 14% do total e geram 8,35% da renda monetária bruta da região. Estão presentes em 330 municípios.

Classe 3, formada por um segmento intermediário chamado “classe média”. São apenas 5,79% do total. E geram 26,74% da renda monetária bruta e estão mais concentrados em algumas microrregiões.

Classe 4, formada pela “classe rica”. Reúne apenas 0,42% dos estabelecimentos, 1.051 produtores, e respondem por 59,78% da renda monetária bruta da região. Ali a renda bruta mensal é superior a 200 salários mínimos.

Os defensores do MATOPIBA dizem que, havendo crescimento econômico da região resolveria outros problemas. “O estudo da UFABC mostrou que não, porque não é só uma questão de gerar riquezas”.

Explica Favareto *et al.* (2019) que também é autor de outro estudo focado na expansão da soja no Piauí, com balanço semelhante. “A questão é de que forma estas riquezas são geradas. Que custos elas têm. E a quem elas beneficiam. Não damos um modelo. Criticamos um modelo”.

Mais uma premissa contestada por Favareto *et al.* (2019) no Dossiê MATOPIBA é a de que o agronegócio não deve a sua pujança apenas ao empenho de conotações heroicas da iniciativa privada, mas à intervenção estatal. “A ideia de que o agro carrega o Brasil nas costas não corresponde à realidade”.

O setor privado teve um papel importante, mas foi sobretudo o Estado quem criou o agronegócio moderno com pesados investimentos governamentais, como os da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e do Sistema Nacional de Crédito Rural. “Por isso, é errada a ideia que o setor privado faz do Estado, ao dizer que menos Estado é melhor”, comenta Favareto *et al.* (2019). A questão é, qual Estado, beneficiando a quem, por que tipo de modelo?

Segundo projeções da Embrapa, a produção de grãos na região deverá saltar de 18,6 bilhões de toneladas, registrados na safra 2013/2014, para 22,6 bilhões de toneladas, na safra 2023/2024, com área plantada de até 10,9 milhões de hectares. Entre 2013 e 2015, houve registro de desmatamento de 18,9 mil km² do Cerrado, que já perdeu metade de sua cobertura florestal.

Conforme Favareto *et al.* (2019) dois indicadores refletem o lado mais conhecido: o desmatamento e a concentração produtiva. Esta produção é muito concentrada não somente em termos regionais, mas também no que diz respeito aos segmentos que compõem a estrutura agrária do MATOPIBA.

Ainda de acordo com o autor, as possibilidades de alinhamento entre dinamização econômica com redução da pobreza e das desigualdades têm a ver com o modo como se combinam cinco fatores nos territórios. São eles: formas de acesso e uso dos recursos naturais, relação com centros urbanos, acesso a mercados (não apenas no bojo da lógica mercantil capitalista), características da estrutura produtiva (mais ou menos desconcentrada ou especializada), e as políticas públicas. Esses parâmetros, resultam de ampla pesquisa realizada em vários países da América Latina e nada têm a ver com os criticados receituários de

“desenvolvimento” de organismos internacionais, não raro impostos por agentes “desenvolvidos” como condição de apoio a regiões e populações “subdesenvolvidas”.

Favareto *et al* (2019) relata que,

No modelo atual do MATOPIBA, seja nas áreas comandadas pelo agronegócio, seja nas outras onde ele não chegou, a maioria das pessoas tem poucas oportunidades de escolher como quer viver. Aumentar sua liberdade de escolher é o que se deve buscar: alguns chamam isso de bem viver, outros de desenvolvimento genuíno. Me parece que o nome importa menos; importa mais o sentido. E o sentido do que está acontecendo no MATOPIBA não vai nessa direção. É isso o que nosso estudo demonstra.

O potencial agrícola regional chama a atenção sobre a ocupação e a sustentabilidade desta nova fronteira agrícola brasileira. A potencialidade pode ser agravada pelo elevado grau de degradação do solo e das práticas de manejo adotadas. Os dados do Ministério do Meio Ambiente MMA (2016), revelam que está em curso um processo de desertificação na região do MATOPIBA, uma consequência do uso inadequado das terras.

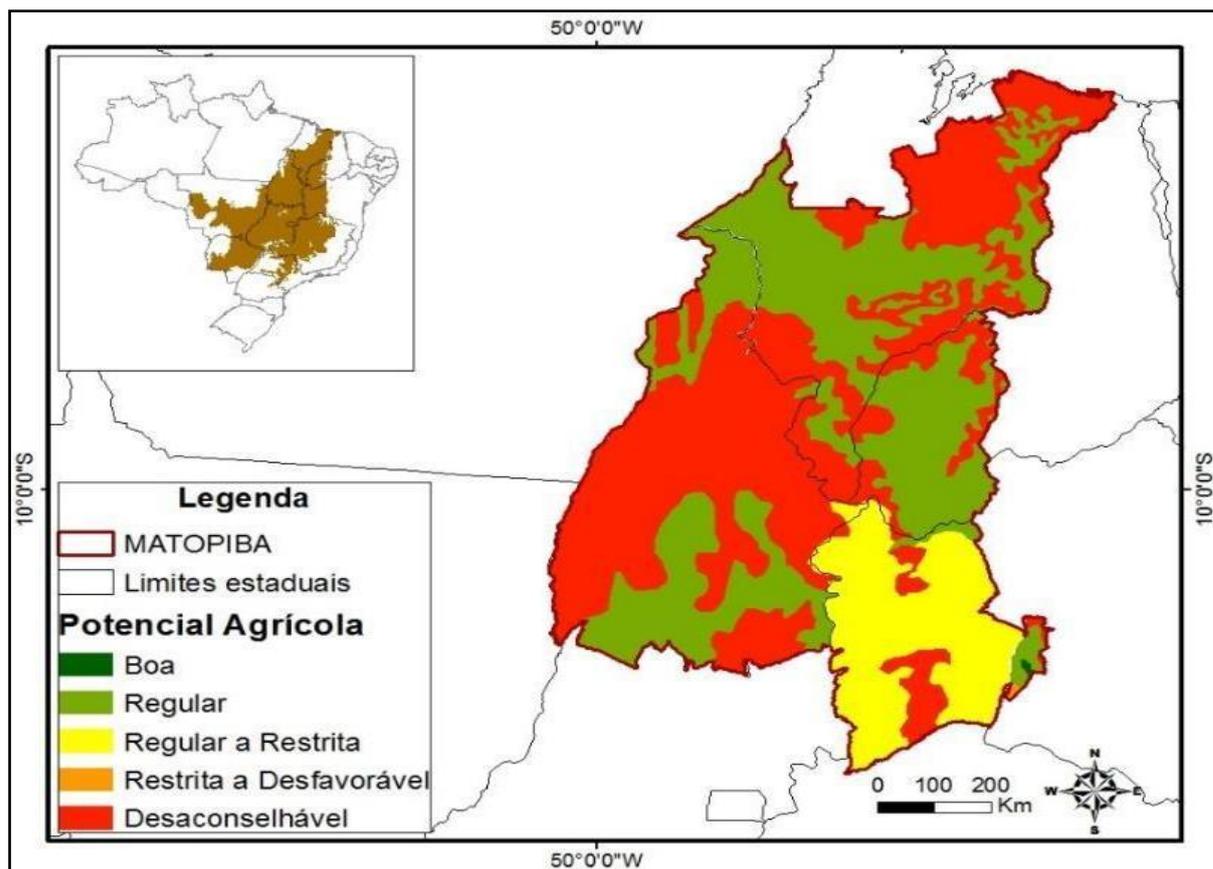
A área com moderado processo de desertificação foi estimada em 9 milhões de hectares e o núcleo de desertificação com 591 mil hectares. As estimativas indicam que 9,6 milhões de hectares necessitam de investimento imediato em gestão do solo para barrar a desertificação ou mesmo para recuperar essas áreas (MMA, 2016).

De acordo com Garcia e Filho (2018) as principais restrições ambientais para o desenvolvimento agropecuário na região são: o potencial agrícola; a disponibilidade hídrica; as restrições institucionais, como o Código Florestal de 2012; às unidades de conservação; e a criação de novas áreas de proteção. Associado às restrições, têm-se os resultados da ação antrópica, tais como, desertificação, desmatamento e as mudanças climáticas locais.

De acordo com Garcia e Filho (2018) o potencial agrícola afeta a manutenção e o avanço da agropecuária, avaliado com base nas classes de potencialidade agrícola encontradas no MATOPIBA: desaconselhável; regular; regular a restrita (figura 6).

Conforme destacam Matos e Pessoa (2011, p. 6),

No discurso oficial das políticas públicas agrícolas para modernizar os meios de produção no campo e com isso, elevar o padrão de vida das populações que viviam no meio rural, iriam dar a elas maiores possibilidades de consumo. Todavia, essas orientações tomaram outros rumos: a modernização do latifúndio e a expulsão de milhares de pessoas do campo para a cidade.

Figura 6: Potencial agrícola do MATOPIBA

Fonte: Garcia e Filho (2018).

2.1.4 Agricultura de Precisão

Conforme Martine (1991) em 1980, apenas 7% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, tinham um trator, e as constantes transformações que a agricultura vem passando nos últimos tempos, tornou a atividade cada vez mais competitiva. Entre as mais discutidas no momento está a agricultura de precisão.

Trevisan e Molin (2014), asseguram que as áreas agrícolas não são uniformes, tanto em termos dos fatores de produção (fertilidade, topografia, clima) como da própria produtividade obtida. Assim, cada porção da lavoura necessita de um manejo específico com o intuito de otimizar a rentabilidade da lavoura e evitar impactos ambientais. A essa forma de se fazer agricultura, considerando as heterogeneidades das lavouras, se dá o nome de Agricultura de Precisão (AP).

Trevisan e Molin (2014) destacam que a origem do termo “agricultura de precisão” está fundamentada no fato de que as lavouras não são uniformes no espaço nem no tempo. Assim, foi necessário o desenvolvimento de estratégias para gerenciar os problemas advindos da

desuniformidade das lavouras com variados níveis de complexidade. A Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, órgão consultivo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, adota uma definição para AP que estabelece que se trata de:

É um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nas lavouras e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. Trata-se de um conjunto de tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da produção (Brasil, 2013).

Conforme o MAPA (2013) existem relatos de que se trabalha com AP desde o início do século XX. Porém, a prática remonta aos anos 1980, quando na Europa foi gerado o primeiro mapa de produtividade e nos EUA fez-se a primeira adubação com doses variadas. Mas, o que deu o passo determinante para a sua implementação foi o surgimento do GPS (Sistema Posicionamento Global por Satélites).

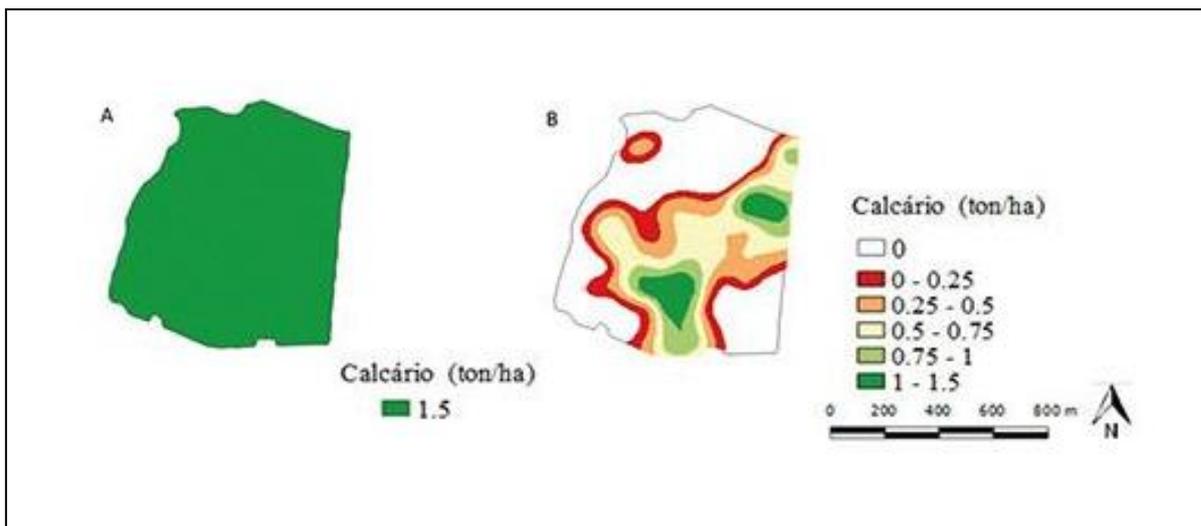
Nas propriedades brasileiras, os primeiros relatos do uso desse sistema decorrem de meados dos anos 1990. A sua aplicação foi intensificada com a utilização do GPS o que possibilitou a instalação de receptores em tratores, semeadeiras, colheitadeiras e pulverizadores, associando os dados de produtividade com as coordenadas geográficas através do auxílio de satélite (MAPA, 2013).

Para o MAPA, a AP tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre o mesmo – utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e se possível tirar proveito dessas desuniformidades. São práticas que podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos.

No Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável, porém não se deve perder de vista que AP é um sistema de gerenciamento que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação e etc.), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas (MAPA, 2013).

Pusch *et al.* (2019), menciona que no sistema de agricultura convencional as heterogeneidades presentes ao longo da lavoura não são consideradas nas decisões de manejo, acarretando em manejo inadequado, geralmente aplicando insumos em doses maiores ou menores do que as necessárias, o que pode acarretar maiores gastos, menor aproveitamento destes e danos ao ambiente. Assim, a AP visa tratar cada pequena porção da lavoura de forma específica, considerando a variabilidade dos fatores de produção presente ao longo das áreas (Figura 7).

Figura 7: Análise da necessidade de calagem.



Fonte: Pusch *et al.* (2019). (A) - Agricultura convencional; (B) - Agricultura de Precisão.

Pusch *et al.* (2019) acredita que a implementação da AP deve ter início na investigação da variabilidade, tanto da produtividade quanto dos fatores de produção para identificar primeiramente a variabilidade na produção, ou mesmo no desenvolvimento da cultura através de técnicas de Sensoriamento Remoto. Mas, segundo o autor, muitos usuários iniciam o processo investigando a fertilidade do solo, visando propor correções de solo e adubações em doses variadas; almejando, assim, o adequado equilíbrio nutricional da cultura.

Trevisan e Molin (2014) destacam que os dados utilizados em AP apresentam, além da informação em si, as coordenadas geográficas que permitem identificar o local onde o dado foi coletado. A visualização desses dados exige o uso de programas apropriados, conhecidos como SIG, que englobam, além da visualização das informações, a organização, armazenamento e processamento dos dados.

Para Pusch *et al.* (2019) independente por onde o agricultor inicie a gestão especializada de sua lavoura, existem basicamente três estratégias que ele pode seguir, concomitantemente ou não, sendo:

Otimização do uso de insumo: O reconhecimento da variabilidade dos talhões, por meio da coleta de informações da lavoura, permite adotar medidas que aumentem a eficiência do uso de insumos conforme as características particulares de cada local da área. Isso potencializa o aproveitamento dos fatores de produção, de modo que não ocorra sub ou superestimativa na quantidade de insumos necessários.

Aumento de produtividade do cultivo: Com gestão especializada das lavouras e com aplicações de insumos e intervenções otimizadas, acredita-se que muitas das vezes seja possível

umentar a produtividade dos cultivos, visto que os fatores limitantes à produtividade vão sendo corrigidos espacialmente ao longo do tempo. Além disso, o acompanhamento em tempo real da lavoura permite tomadas de decisões rápidas e passíveis de acertos, elevando o potencial produtivo.

Melhora na qualidade do produto colhido: com o uso otimizado de insumos de forma localizada e estratégias de gestão mais assertivas e rápidas é esperado que se obtenha cada vez mais produtos com qualidade superior. As diversas tecnologias disponíveis permitem, por exemplo, reduzir a competição entre plantas, monitorar o desenvolvimento da lavoura, identificando os focos de infestação de pragas e doenças, bem como o desenvolvimento vegetativo para obtenção de um produto com maior qualidade.

A Myfarm (2020) destaca que a agricultura de precisão é um sistema que permite gerenciar as informações do campo a partir do uso da tecnologia, e vem ganhando espaço em diversas propriedades rurais tornando-se realidade entre pequenos, médios e grandes produtores. São chamados sistemas, porque são compostos por hardware, software, informações e pessoas que atuam em conjunto na manipulação de dados georreferenciados.

Um dos maiores destaques desse modelo agrícola está a utilização de ferramentas, principalmente eletrônicas, embarcadas em máquinas agrícolas e sistemas de informação geográfica.

A agricultura de precisão é utilizada para atender diversas necessidades do agricultor podendo ser aplicada em diferentes fases do processo de produção, dentre as quais, aplicação de fertilizantes, plantio, pulverizações e colheita.

Diante das tecnologias envolvidas, Pusch *et al.* (2019), destaca algumas de grande importância:

Sistema de Posicionamento Global: A aquisição das coordenadas de um ponto pode ser obtida por qualquer receptor móvel que tenha acesso ao Sistema Global de Navegação por satélite (GNSS). Este sistema é composto por quatro sistemas: Americano (GPS), Russo (GLONASS) e os sistemas da União Europeia (GALILEO) e da China (COMPASS).

Amostragem: Para definir estratégias de amostragem, é necessário saber que tipo de informações se pretende obter de uma área, por exemplo: atributos físicos, químicos ou biológicos do solo. Além disso, é preciso saber quais os recursos que o produtor tem disponível para este fim. Após definir quais atributos serão analisados, é preciso determinar quais formas de amostragem serão empregadas na área, qual equipamento será usado nas coletas, qual a melhor época para tal, a maneira como será coletado as subamostras, quantas amostras por hectares serão necessárias, etc. Sobre amostragem, um ponto é certo: quanto maior o número

de amostras em uma área, maior é sua representatividade e, por consequência, melhor será a detecção da variabilidade existente ao longo da lavoura.

Mapeamento da Produtividade: Os mapas de produtividade, são a informação mais completa das lavouras. Este dado é o que efetivamente materializa a resposta da cultura a todo o manejo adotado ao longo da safra. A informação mais valiosa dele é a identificação de manchas de produção, principalmente as de produtividade baixa. Esta informação deve guiar o técnico responsável aos locais que demandam investigação dos fatores de produção causadores de tal limitação de produção, permitindo a correta tomada de decisão.

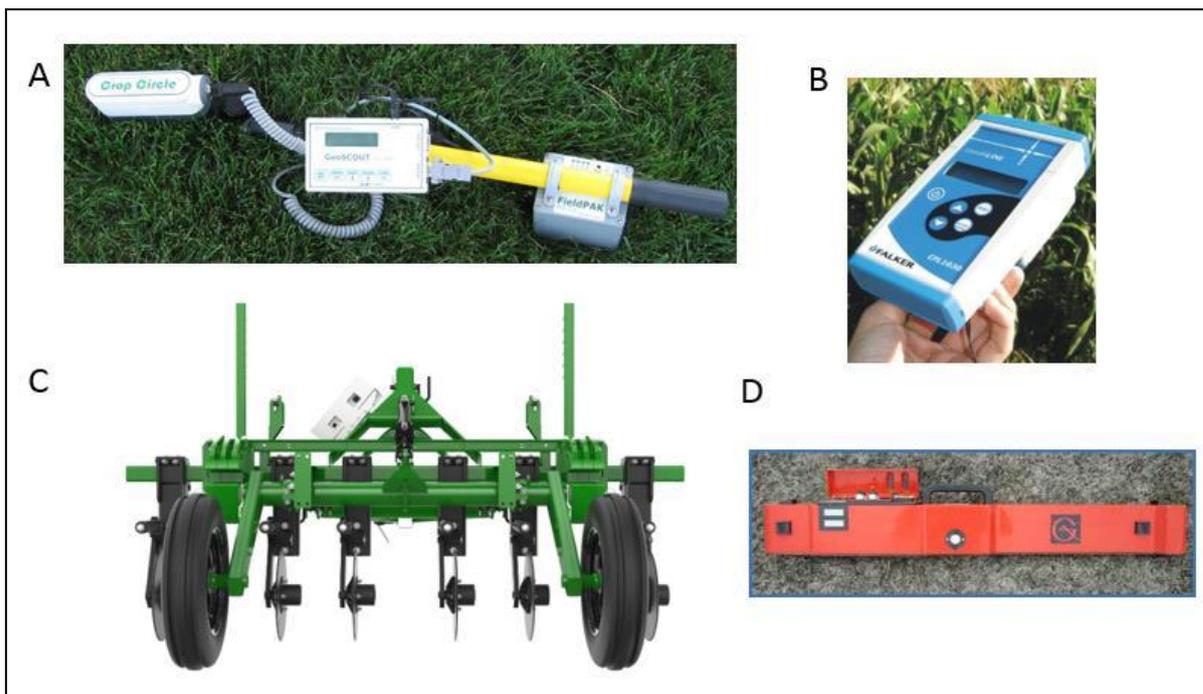
Sensoriamento Remoto: A utilização de sensores é uma interessante alternativa no desenvolvimento da AP. Nesse sentido, merecem destaque as técnicas de Sensoriamento Remoto e Proximal. Sensores proximais correspondem a sensores desenvolvidos para obtenção de dados por contato direto com o alvo ou muito próximo. Eles são utilizados no campo, conduzidos manualmente ou embarcados em máquinas agrícolas, possibilitando medições em tempo real. Os mais utilizados são destinados à coleta de dados de solo e do dossel das plantas.

No tocante à investigação de solo, marcadamente o sensoriamento da condutividade elétrica aparente do solo (CEa), merece destaque pela sua facilidade de uso e qualidade das informações fornecidas sobre variabilidade do solo como um todo.

Com relação à medição de propriedades do dossel das plantas, os sensores de reflectância, também conhecidos como sensor de verde ou de clorofila, são os de maior destaque, pois permitem inferências sobre variabilidade do acúmulo de biomassa da parte aérea da cultura, possibilitando investigações direcionadas ou mesmo a aplicação de insumos, como o nitrogênio.

Também, podem ser usados para identificar a presença ou ausência de plantas, o que permite, por exemplo, guiar a aplicação de herbicidas ou investigação sobre falhas da cultura (figura 8).

Figura 8: Tecnologias utilizadas na Agricultura de Precisão.



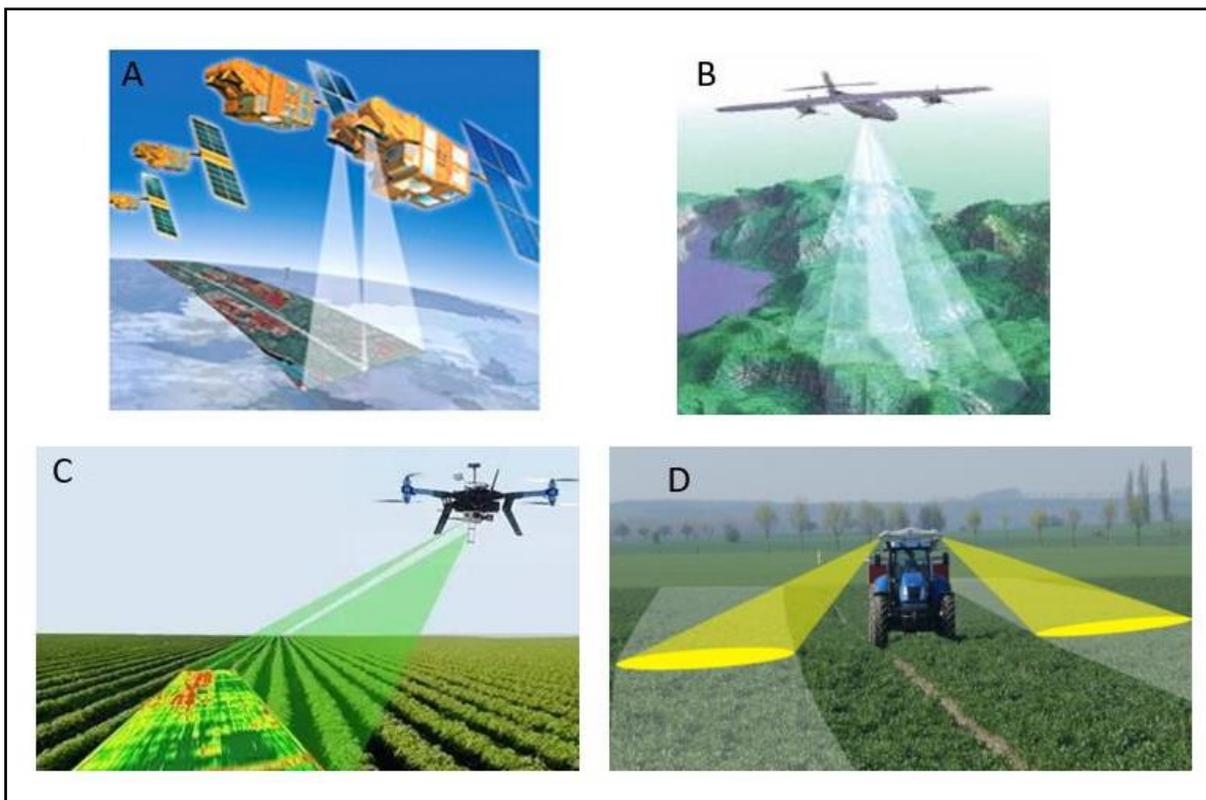
Fonte: Pusch *et al.*, (2019). (A) - sensor de reflectância de dossel (Crop Circle); (B) - sensor de medição de clorofila (Clorofilômetro); (C) - Sensor de condutividade elétrica do solo (Veris); (D) - Sensor de condutividade elétrica do solo (EM38).

No Sensoriamento Remoto, os sensores captam o comportamento espectral dos alvos, o que permite tirar inferências sobre eles. Esses sensores podem ser instalados em satélites, aeronaves e em veículos aéreos não tripulados (drones). No entanto, uma grande vantagem desse tipo de sensoriamento é a coleta de dados sem a necessidade de adentrar a lavoura, o que também permite a cobertura de grandes áreas de forma simples e rápida (figura 9).

Dentre as práticas de manejo da AP, Pusch *et al.* (2019), apresenta alguma das técnicas de manejo localizado, que o mesmo acredita ser de extrema importância para AP, sendo estas:

Aplicação à taxa variável de fertilizantes: visa aplicar corretamente e eficiente os fertilizantes ao longo de uma área, aplicação localizada de fertilizantes, garantindo que cada porção do solo receba a dose necessária de fertilizantes para o correto desenvolvimento das plantas, buscando otimizar os custos com insumos. É possível através de amostragens georreferenciadas de solo.

Figura 9: Diferentes plataformas para os sensores remotos



Fonte: Pusch *et al.* (2019). (A) - Satélites; (B) - Aviões; (C) - Drones; (D) - Sensor proximal embarcado em Trator.

Aplicação à taxa variável de defensivos agrícolas: O tratamento localizado com defensivos é, talvez, a maior possibilidade de redução de uso de insumos na AP, visto que tem o objetivo de realizar a aplicação apenas onde as pragas (insetos, doenças ou plantas daninhas) estejam presentes. Para isso ser possível, o maquinário precisa estar equipado com sensores e sistema de tomada de decisão em tempo real. Ainda, outra opção é carregar no controlador de taxa variável um mapa de recomendação elaborado em escritório, através de dados coletados previamente. Além disso, é possível integrar o GPS ao pulverizador agrícola e evitar que o equipamento passe duas vezes no mesmo local.

Plantio e semeadura em população variável: de maneira geral, onde os recursos do solo na área de plantio são escassos, a população de plantas almejadas tende a ser menor, para garantir adequadas condições de crescimento às plantas. Por outro lado, regiões onde os fatores de produção são abundantes o solo pode comportar maior quantidade de plantas, aumentando a produtividade final. No entanto, tais recomendações ainda não são padronizadas e há necessidade de ajuste fino realizado pelo próprio usuário, com investigação *in loco* (experimentação na fazenda).

Para viabilizar o plantio em taxa variável é necessário obter conhecimento da variabilidade da área via identificação de regiões com diferentes disponibilidades de recursos para desenvolvimento da cultura, como textura do solo ou qualquer outro fator limitante à produtividade.

Unidade de Gestão Diferenciadas: as unidades de gestão diferenciadas (UGDs), mais conhecidas como zonas de manejo, são sub-regiões definidas dentro de uma mesma área. Em essência, cada UGDs deve apresentar as mesmas características, de forma a permitir um único manejo uniforme, ou seja, os fatores limitantes à produtividade são os mesmos ao longo de cada UGD.

Sistemas de Direcionamento de Máquinas: Através da utilização de receptores GNSS com diferentes formas de correção de sinal é possível atingir precisões de posicionamento superiores a 5 cm. Isso permite que as máquinas agrícolas sejam direcionadas automaticamente, através de um caminho pré-estabelecido. A esta tecnologia se dá o nome de Piloto Automático. Permite otimizar as operações agrícolas, principalmente em situações de operação com baixa visibilidade, como a noturna. Isso melhora o rendimento operacional das máquinas e reduz o dano as plantas e ao solo pelo deslocamento do maquinário somente na região indicada.

Com o apoio dos representantes dos setores de AP, o MAPA criou a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP, oficializado pela portaria nº 852 de 20 de setembro de 2012. Que consiste em um fórum de articulação, interlocução e proposição que envolve os representantes do governo, indústrias de máquinas e equipamentos agrícolas, produtores, cooperativas, academia, pesquisa agropecuária, prestadores de serviços entre outros, possui o caráter consultivo e propositivo da elaboração de políticas pública (MAPA, 2013, p.4).

A CBAP é dirigida pela Secretaria Executiva da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – SECBAP, composta pelos órgãos e entidades público e privado que mantêm maior identidade e competências com os temas específicos sobre Agricultura de Precisão no país, garantindo a representatividade de todos os segmentos setoriais.

E, de modo a implementar e garantir acesso a AP, foi criado o Projeto de Lei nº 149, de 2019, que está em tramitação no senado, que institui a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão para ampliação da eficiência na aplicação de recursos e insumos de produção para diminuir o desperdício, reduzir os custos de produção, aumentar a produtividade e a lucratividade, bem como garantir a sustentabilidade ambiental, social e econômica (SENADO FEDERAL, 2019). Em que: Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Incentivo à Agricultura de Precisão, visando ampliar a utilização de suas técnicas de produção no Brasil.

A gestão agrícola sob os preceitos da AP garante: aumentos de produtividade e de qualidade dos produtos colhidos, uso racional de insumos agrícolas e minimização dos impactos ambientais; consequente, garante maior rentabilidade da atividade agrícola e com maior sustentabilidade. Ou seja, uma ferramenta capaz de auxiliar em todas as operações agrícolas. É uma tendência e que em pouco tempo não haverá mais agricultura convencional, acredita Pusch *et al.* (2019).

2.2 Agricultura no Tocantins

No estado do Tocantins, a dinâmica do avanço da fronteira agrícola inicia com a chegada dos agricultores do Sul do Brasil. Deu-se início aos desmatamentos mecanizados para o cultivo, sendo que a intensidade do desmatamento cresceu muito nos anos 1980 e 1990. Primeiro foi tirado parte do Cerrado para o plantio do arroz, em seguida para ser pastagem e posteriormente veio a soja combinada com o avanço de outras culturas como o eucalipto, milho e a cana-de-açúcar (SILVA, 2018).

É notória uma série de mudanças no Estado do Tocantins: dentre elas, as mudanças técnicas na atividade agropecuária, que após os anos de 1980 chegam mais fortes, com advento da correção da acidez do solo do Cerrado, por meio do uso do calcário e o intenso uso da mecanização.

Com a divisão do estado de Goiás para criação do estado do Tocantins, em 1988, houve um “melhoramento de infraestrutura, incentivos governamentais” e outros atrativos, como abundância de água para irrigação, terras baratas e planas, e rodovias que cortam o estado de uma ponta a outra, atraindo investidores nacionais e internacionais, tendo em vista as determinações próprias do modo capitalista de produção, que visa expandir-se e maximizar o lucro (OLIVEIRA, 2017, p. 48).

Um exemplo é a trajetória de três irmãos com origem gaúcha, que se aventuraram na agricultura no Oeste da Bahia, não tendo êxito naquele estado, vieram para o Tocantins, desbravando terras e novas fronteiras (BRASILAGRO, 2013).

O BrasilAgro (2013), destaca que o Tocantins chegou a ter 11,5 milhões de hectares de pastagens em 1990, pouco se falava em sustentabilidade ambiental e considerava-se que valia a pena desmatar para estabelecer a pecuária. Com o “Plano Real” e a estabilização inflacionária, passou a ser mais interessante a criação de bois. De lá para cá, o estado perdeu mais de 4 milhões de hectares de pastagens, em 30 anos. Estas áreas foram sendo gradativamente ocupadas pela

agricultura, indicando que a tendência é que o estoque de terras agricultáveis seja explorado, à medida que novas fronteiras emergirem.

O processo agrícola do estado do Tocantins teve forte influência pelo plano real. Portanto, torna-se importante entender o significado deste dinamismo da economia brasileira.

De acordo com o Banco Central do Brasil (2019) o Plano Real foi um processo de estabilização econômica iniciado em 1993 com o intuito de estabilizar a inflação no Brasil.

O real começou a circular em 1º de julho de 1994, mas para entender é necessário voltar para 1993, quando o plano começou a ser desenhado. Após anos de inflação descontrolada e várias tentativas fracassadas para conter a alta de preços, o Ministério da Fazenda montou uma equipe para pensar em formas de acabar com a hiperinflação brasileira. O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) atingiu 2.477,15% em 1993.

Segundo o Banco Central do Brasil (2019) o Plano Real é dividido em três fases: A primeira fase buscou o equilíbrio das contas do governo e começou ainda em 1993, com o lançamento do Programa de Ação Imediata (PAI), em junho. O programa previa redução de gastos públicos, com a revisão do orçamento de todos os ministérios e dos repasses institucionais para estados e municípios; ajustes nas estruturas dos bancos estaduais e federais, com a punição de eventuais irregularidades através da Lei do Colarinho Branco; e aumento da receita com o combate à evasão fiscal e com a privatização de empresas públicas dos setores siderúrgicos e petroquímico. O propósito era atenuar a rigidez dos gastos da União em um cenário de corte de gastos.

A segunda fase foi marcada pela utilização de uma moeda escritural (ou virtual), a Unidade Real de Valor (URV), utilizada a partir de 1º de março de 1994, junto com o cruzeiro real. Nessa data, uma URV valia CR\$ 647,50. A URV era uma unidade de conta, e não uma moeda efetivamente, uma vez que não poderia ser usada como meio de pagamento.

O Banco Central, através de comunicados, fixava diariamente a paridade entre o cruzeiro real e a URV, considerando a variação de três índices de preços – o Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M), o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial (IPCA-E) e o Índice de Preços ao Consumidor da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (IPC-FIPE).

Na prática, a compra de bens e serviços era efetuada com cruzeiros reais, mas os preços tiveram como referência a URV, que era uma unidade de conta reajustada diariamente.

A terceira fase começou em 1º de julho de 1994, quando a URV foi transformada no real. Quando começou a circular, um real valia uma URV, ou CR\$ 2.750. Com a nova moeda, foram adotadas uma série de medidas para garantir a estabilização de preços, detalhadas na

norma que dispõe sobre o Plano. A inflação medida pelo IPCA em junho de 1994 foi de 47,43%. No mês seguinte, o índice já havia caído para 6,84%. No momento o real é uma moeda que tem desvalorizado bastante.

Retornando à discussão sobre a agricultura, Maciel *et al.* (2009) acredita ser o estado do Tocantins com aptidão voltada para o agronegócio, alicerçada na pecuária e agricultura. Todavia não se pode deixar de ressaltar o papel dos pequenos agricultores através da agricultura familiar. Seja aqueles provenientes de assentamentos ou de propriedades consolidadas.

Para o MAPA (2020), a agricultura Familiar é a principal responsável pela produção dos alimentos são disponibilizados para o consumo da população brasileira. É constituída de pequenos produtores rurais, povos e comunidades tradicionais, assentados da reforma agrária, silvicultores, agricultores, extrativistas e pescadores. O setor se destaca pela produção de milho, raiz de mandioca, pecuária leiteira, gado de corte, ovinos, caprinos, olerícolas, feijão, cana, arroz, suínos, aves, café, trigo, mamona, fruticulturas, hortaliças e alguns derivados.

Na Agricultura Familiar a gestão da propriedade é compartilhada pela família e a atividade produtiva agropecuária é a principal fonte geradora de renda. Além disso, o agricultor familiar tem uma relação particular com a terra, seu local de trabalho e moradia. A diversidade produtiva também é uma característica marcante desse setor, pois alia muitas vezes a produção de subsistência a uma produção destinada ao mercado (MAPA, 2019).

Segundo informações da SEAGRO-TO (s/d) no Tocantins o número de agricultores familiares corresponde a aproximadamente 42 mil famílias, gerando cerca de 120 mil postos de ocupação, e contribuindo com 40% do valor bruto da produção agropecuária.

Ainda de acordo com o referido órgão, no estado, 50% das terras destinadas às atividades agrárias (agricultura, pecuária, pastagens naturais e cultivadas, e silvicultura) são ocupadas com atividades da agricultura familiar. Uma média de 18 hectares por unidade familiar, que produz cerca de 70% dos alimentos, a exemplos da mandioca e derivados, arroz, leite, frutas, carnes (frango, suíno, peixes e bovino).²

Segundo a SEPLAN (2019) economicamente, o Tocantins tem no agronegócio um dos pilares da sua economia, sendo que o setor respondeu por 26,7% do seu PIB no ano de 2017, empoderando o estado neste segmento. Mas, ressalta-se novamente que há necessidade de se considerar a contribuição dos agricultores familiares, visto que os mesmos têm parcela

² Parágrafo, grifo do autor.

significativa para o desenvolvimento do estado do Tocantins, basta observar as feiras dos agricultores familiares aos finais de semanas.

Apresentando um panorama agrícola das principais culturas para estado do Tocantins, os dados da SEPLAN (2019) demonstram que o estado plantou: 905.281 mil hectares de soja, 259.121 hectares de milho, 39.179 hectares de cana-de-açúcar, 29.689 hectares de feijão, 26.661 hectares de Sorgo. Embora apresentem-se as principais culturas que fortalecem o agronegócio, todavia há outros produtos de importância para atividade agrícola, porém com menos área plantada, como a fruticultura, horticultura, rizicultura, dentre outras.

Conforme a ASBRAER (2017) à Agricultura Familiar tocantinense é sempre uma referência quando se fala em produção de alimentos, os dados apontam que o setor responde por mais de 70% da produção de arroz, mandioca, feijão, milho, leite, frango caipira, piscicultura, hortaliças em geral dentre outros produtos que chegam à mesa da população, no estado.

Ainda, à Agricultura Familiar no estado gerou 139.681 postos de trabalho, o que representa 68% da mão de obra empregada na atividade agropecuária, gerando por sua vez receitas da ordem de R\$ 1.130.746.000 em diversos segmentos (COLUNA DO CT, 2019).

Vale ressaltar que a Agricultura Familiar é uma particularidade do meio rural e precisa ser valorizada, “vista com bons olhos”. As características existentes neste segmento precisam ser respeitadas, e entendidas, pois a maioria dos agricultores familiares são reféns de uma má gestão dos governantes do país, juntamente com a falta de assistência técnica.

A maioria dos agricultores familiares não possuem condições de custear um profissional habilitado para os auxiliarem nos meios de produção, diferente do agronegócio. Isto os deixam dependente dos órgãos de extensão rural que estão esquecidos e sucateados pelas conjunturas políticas passadas e presentes. A exemplo o órgão de extensão do estado do Tocantins, RURALTINS, que passa por um sucateamento de suas estruturas, computadores, alguns dos carros são inadequados para as visitas aos produtores em campo, prédios alugados em más condições de uso, ou instalados em cômodos inadequados, vivendo de favor em escolas ou prefeituras e uma desvalorização tamanha dos servidores. Devido a este contexto, fui motivado a deixar o órgão e buscar maior valorização profissional, no caso a carreira acadêmica na área de educação técnica/superior.

O estudo realizado por Silva (2019), no município de Tupiratins-TO, demonstrou que para um bom planejamento, 59% dos agricultores familiares mencionaram a necessidade de uma assistência técnica especializada e atuante, a ponto de levar conhecimento sobre as diversas atividades produtivas.

Diante da precária infraestrutura e da escassez de políticas públicas de apoio aos agricultores familiares, torna-se evidente a necessidade de construção de alternativas de produção agrícola baseadas em princípios da conservação dos recursos naturais e que correspondam com as realidades locais dos agricultores.

Para a SEAGRO-TO, o Tocantins é o novo polo agrícola do Brasil, metade do seu território possui potencial para a agricultura. São terras férteis, de valor competitivo no mercado e topografia plana, o que favorece o processo de mecanização agrícola. Com esta colocação e apoio estatal, fica evidente a abertura das portas do estado de Tocantins para o agronegócio que tem como “fomento” o capital estrangeiro.

2.3 Agricultura em Pedro Afonso

As atividades agrícolas em Pedro Afonso, iniciaram com o processo de fundação do município, em 1847. Contava Frei Rafael, nessa parte com silvícolas e com uma grande família, que veio para a localidade, onde hoje é o município, pouco depois da posse do território, a qual era conhecida por “braços fortes”, a família de Caetano Tavares da Silva, conhecida como a grande família protegida do Frei Rafael. Doou então, Frei Rafael à sua família “braço forte” posses de terras com fim de cultivá-las (MIRANDA, 1973).

O desenvolvimento da agricultura no município se deu inicialmente pela transformação das matas da região do Rio Tocantins em grandes lavouras, iniciada pela família de Caetano Tavares da Silva. Que tão logo chegou, espalhou-se a notícia da fertilidade do solo, e a riqueza de suas pastagens, aos estados vizinhos, diversos foram os interessados que se deslocaram para Pedro Afonso com suas famílias e seus bens (LIMA, 2001).

Em 1900, comenta Maranhão (1990, p. 20), a lavoura resumia-se na produção para o consumo local. No lugar do Mirador, José Martiniano Borges (Zé Pequeno) e Antônio Rodrigues da Silva, cultivavam cana-de-açúcar, mas só fabricavam rapadura, com que a população adoçava o café.

Miranda (1973), diz que, de 1910 a 1914, a região de Pedro Afonso apresentava-se como um polo agrícola e pastoril, considerado o mais rico em pecuária. A agricultura, bem desenvolvida, produzia arroz de sequeiro, milho, feijão, batata, inhame e gergelim. Na época também era desenvolvida a cana-de-açúcar, às margens do Rio Tocantins. Em Pedro Afonso, existiam 32 engenhos fabricando açúcar, rapadura, melado, cachaça e álcool. E parte destes produtos eram vendidos na cidade de Carolina-MA.

Segundo Valverde (1967) a partir do século XIX, a expansão do gado, que partira em fins do século XVIII de Pastos Bons - MA, atingiu esta área goiana, os criadores do Maranhão foram atraídos para o médio vale do Tocantins goiano, pelas notícias de boas pastagens e de terras férteis.

Cita Valverde (1967) que finalmente as interligações constantes com Belém do Pará, através do Tocantins, fizeram com que a corrente amazônica penetrasse na região, como intermediária do comércio do babaçu.

Conforme cita Valverde, (1967, p. 263),

Nas terras altas, uma população rarefeita e dispersa vive, ainda hoje, de uma pecuária extensiva, baseada no sistema do livre pastoreio, no vale, o habitat ganha o aspecto linear. Sendo o Rio Tocantins a principal via de interligação regional, em suas margens se localizam os principais centros urbanos, que se desenvolveram, sobretudo, como entrepostos comerciais. Em 1920, a região de Pedro Afonso, se salientava na região pela criação de gado.

Em 1963, a região de Pedro Afonso continuava mantendo sua economia baseada na pecuária.

Ainda, cita Valverde (1967) que de 1920 a 1963, houve uma redução no rebanho da região e a causa seria a prática abusiva das queimadas que contribuiu para a diminuição do rebanho bovino, o resultado foi o empobrecimento contínuo e progressivo das pastagens e, uma diminuição na sua lotação. Não há mais aquele tapete contínuo das gramíneas, após as queimadas as gramíneas crescem em pequenos tufo e touceiras, constituindo-se em uma alimentação deficiente para o gado, reforça o autor.

Pastos pobres são, um dos grandes problemas que enfrentam os criadores locais. Em Miracema do Norte, por exemplo, 300 alqueires de pastos cercados não suportam mais de 600 reses e para não prejudicar o rebanho, os fazendeiros são obrigados a se desfazerem do excesso, recorrendo à venda (VALVERDE, 1967, p. 264).

Continua ressaltando Valverde, (1967) que a agricultura de subsistência era generalizada, a "roça" era o sistema agrícola adotado. Nas zonas marginais do rio Tocantins, aproveitavam-se as estreitas e descontínuas faixas de várzeas para o plantio de espécies de ciclo vegetativo curto. Mas, as enchentes causaram grandes prejuízos às roças dos caboclos. Arroz, mandioca, milho e feijão eram os mais importantes produtos cultivados.

O produto mais significativo era o arroz, muito embora, em 1964, tenha representado apenas 1,08 % da produção total, foi o único produto que ganhou um aspecto comercial, em função de uma crise da época.

Segundo Valverde (1967) naquela época foram feitos três censos em Pedro Afonso, 1950, tinha 6.995 habitantes, 1960, tinha 10.033 habitantes e 1964 tinha 12.003 habitantes.

Conforme estimativa do IBGE (2020) Pedro Afonso tinha 13.773 habitantes. O fato deste crescimento populacional lento, pode estar ligado a abertura da rodovia Belém-Brasília. Antes da abertura da rodovia, o município era entreposto comercial e tinha o domínio absoluto em relação ao comércio regional, transformou a classe dos comerciantes na detentora da riqueza local.

Outro destaque foi a organização da navegação, a partir de 1930, visto que a cidade está localizada nas confluências dos Rios do Sono e Tocantins. A cidade também possuía um aeroporto o que facilitava o comércio e o transporte aéreo.

Mas, a partir da década de 1960 com a construção da rodovia Belém-Brasília, Pedro Afonso não tendo acesso à mesma, atravessa nova crise. Conforme relato de moradores, a cidade perdeu órgãos públicos e continua perdendo, é o caso da delegacia fazendária, fechamento de escolas, é o caso da Escola Comendador Pádua Fleury, tendo a população jovem que sair para grandes centros na busca de oportunidades de estudo e trabalho.

Segundo Silva (2010) o município observou o declínio econômico e populacional e, grande parte das pessoas que antes habitavam, em sua maioria, às margens do rio, principalmente o Tocantins, migraram para as margens da rodovia Belém-Brasília³, e a região viveu uma nova dinâmica de urbanização das cidades de menor porte, que ganharam dinamismo em sua economia, um considerável contingente populacional e reestruturação territorial, e conseqüentemente esvaziamento das cidades que tinham como meios de mobilidade os rios.

Embora o Município apresente uma desenvoltura no segmento do agronegócio, o mercado não consegue absorver os moradores que retornam após conseguirem formação e qualificação profissional, para atuarem localmente, a exemplo das usinas de cana-de-açúcar, onde os cargos que exigem maiores qualificações, são ocupados por profissionais de fora do município, ficando para os profissionais locais, os cargos com menores exigências de formação profissional e, portanto, menos valorizados e remunerados. Outra característica é a menor ocupação da mão de obra braçal no campo em função da tecnologia e uso de máquinas agrícolas.

A prefeitura, também oferece poucos cargos, e ainda por indicação política “apadrinhamento” e os com “menor oportunidade” se valem dos empregos no comércio.

³ Segundo Silva (2010) é comum associar a BR-153 nominando-a de Belém Brasília, na verdade isto já está no consciente coletivo que a verdadeira Belém-Brasília é a BR-010, saindo de Brasília-DF, rumando ao norte pela margem direita do rio Tocantins.

Na década de 70, a economia regional ainda guardava as tradicionais características do sertão, e o grande esteio econômico era representado pela criação de gado; a mineração, a extração da amêndoa do babaçu e uma agricultura (em sua grande parte destinada ao consumo local e venda dos excedentes) (SILVA, 2010).

Conforme Silva (2010) de uma economia baseada na agropecuária extensiva, a integração maior de Pedro Afonso à economia nacional, a partir de 1960, transformou o espaço regional, alterando relações sociais e abrindo caminho para a inserção da localidade no complexo agroindustrial brasileiro, na década de 1980.

Silva (2010), continua ressaltando que Pedro Afonso ficou à margem dos impactos da Belém-Brasília, por estar afastada da rodovia, os reflexos da expansão das articulações mercantis e produtivas de Goiás implicaram demandas políticas regionais das elites do norte do estado. A ampliação das desigualdades no estado foi uma das razões da criação do estado do Tocantins, no final da década de 1980.

Enfatizando ainda Silva (2010) a população predominantemente rural e com uma elite regional pecuarista, contribuiu para que Pedro Afonso anunciasse avanços que recompôs o território e criando redes políticas e novo arranjo do espaço produtivo marcado pela lavoura de grãos, passando a dividir o espaço, pecuária e lavoura de grãos.

A partir da década de 1990, o município se tornou o principal polo agrícola e capital da soja do Tocantins, transformando a paisagem e constituindo novas redes de interesses coletivos em torno da expansão da soja (SILVA, 2010)

Em 1982, a implantação do Projeto Formoso-Gurupi visava a constituição de um polo de agricultura irrigada de arroz, em Goiás. Entretanto, o projeto apresentou desenvolvimento desfavorável, em face do desgaste dos solos, custos de produção e baixa rentabilidade, além da forte presença da pecuária extensiva. Nessa fase, os bancos não estavam autorizados a financiar a soja. Não havia sementes disponíveis. Todavia, houve um começo da soja em Gurupi, mas não havia mercado e classificação da produção. Com isso, o projeto sojícola foi deslocado de Gurupi para Pedro Afonso (SILVA, 2010, p. 99).

O referido autor comenta que o plantio de soja se iniciou na localidade de Pedro Afonso, em 1992, com a participação de 4 produtores (Silvio Sadre, Sebastião Carvalho, Paulo Mano e José Edgar).

A primeira safra em Pedro Afonso foi destinada à União Fabril Exportadora, esmagadora de São Luís (MA). Depois de 3 anos, entraram em cena a corporação do agronegócio CEVAL, CVRD (Companhia Vale do Rio Doce), CAMPO, Embrapa e PRODECER (Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado).

A expansão da soja no Tocantins demandou uma rede de interesses entre EMBRAPA, CVRD e CEVAL, no início da década de 1990.

Segundo Silva (2010) a EMBRAPA teve o papel nas pesquisas sobre variedades de soja adaptadas para o cerrado. A CEVAL, posteriormente, BUNGE alimentos, começou a exportar soja do Tocantins, em 1993, dando um estímulo maior ao projeto político de expansão da lavoura de grãos no estado.

A logística se dava pela ferrovia Carajás, representada pela CVRD, cujos trilhos passavam por Açailândia até o porto de Itaqui em São Luís (MA). Nesse contexto inicia-se a difusão da soja em Pedro Afonso.

Ajara *et al.* (1991, p.8) comenta que,

Áreas até então fracamente ocupadas tiveram sua estrutura produtiva alterada afetando a composição da mão-de-obra empregada, como também absorvendo inovações diversas introduzidas por empreendimentos públicos e privados voltados para mercados extra regionais já consolidados. Os antigos sistemas de roças, o extrativismo vegetal, a pecuária em sistema comunal foi sendo desmantelados pela dinâmica capitalista no campo, projetando a incorporação privada da terra pela expansão de grandes estabelecimentos rurais e a adoção do trabalho assalariado em substituição às formas tradicionais de relação de trabalho.

O Brasil tem sido o mediador principal, no sentido de abrir caminho, por intermédio de infraestruturas, leis ambientais e incentivos fiscais em benefício do capitalismo no campo. Para acelerar ou fazer chegar o “desenvolvimento” aos lugares ainda não explorados, sobretudo aqueles escolhidos pelo próprio capital, servidos de terras planas, baratas e água em abundância, como é o caso do município de Pedro Afonso, localizado na confluência de dois grandes rios – Tocantins e Sono (OLIVEIRA, 2017).

A expansão da soja em Pedro Afonso aconteceu a partir de 1996, com uma aliança política (PRODECER III) entre Brasil e Japão para a produção de grãos no cerrado. O Brasil entra com 51% do capital e o Japão com 49% do capital. Esta aliança demandava uma empresa⁴ para coordenar os projetos propostos, entra em cena a Companhia de Produção Agrícola (CAMPO).

⁴ Conforme acervo histórico da empresa CAMPO, ela foi fundada em 1979 com o objetivo inicial de desenvolver o potencial agrícola da região do Cerrado brasileiro. Coordenou um dos maiores programas de desenvolvimento agrícola do Brasil – PRODECER. Presente em quatro continentes, o Grupo CAMPO está em mais de dez países. Com mais de 40 anos no mercado, a empresa atua em projetos agrícolas em mais de dez países (Brasil, Venezuela, Guiana, Equador, Etiópia, Gana, Nigéria, Guiné Equatorial, Uganda, Indonésia e Japão).

Logo, a CAMPO se tornou o principal mecanismo de cooperação nipo-brasileira e responsável pela coordenação, planejamento e assistência técnica em cada um dos projetos de implantação do PRODECER.

De acordo com Silva (2010) e Oliveira (2015), o PRODECER, cujo objetivo era estimular o desenvolvimento de tecnologias adequadas à produção de grãos (soja, milho e trigo) na região do cerrado.

O PRODECER se afirmou em etapas. A primeira fase, o PRODECER I, iniciou-se em 1979, no Oeste de Minas Gerais, Goiás, Bahia e Mato Grosso do Sul numa área de 64.300 hectares.

A segunda fase foi implementada com o PRODECER II em 1985, incorporando uma área de 205.700 hectares, contemplando os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Bahia.

A terceira fase do programa, PRODECER III, iniciou-se em 1996, chegando aos estados do Maranhão e Tocantins com incorporação de uma área de cerca de 80 mil hectares.

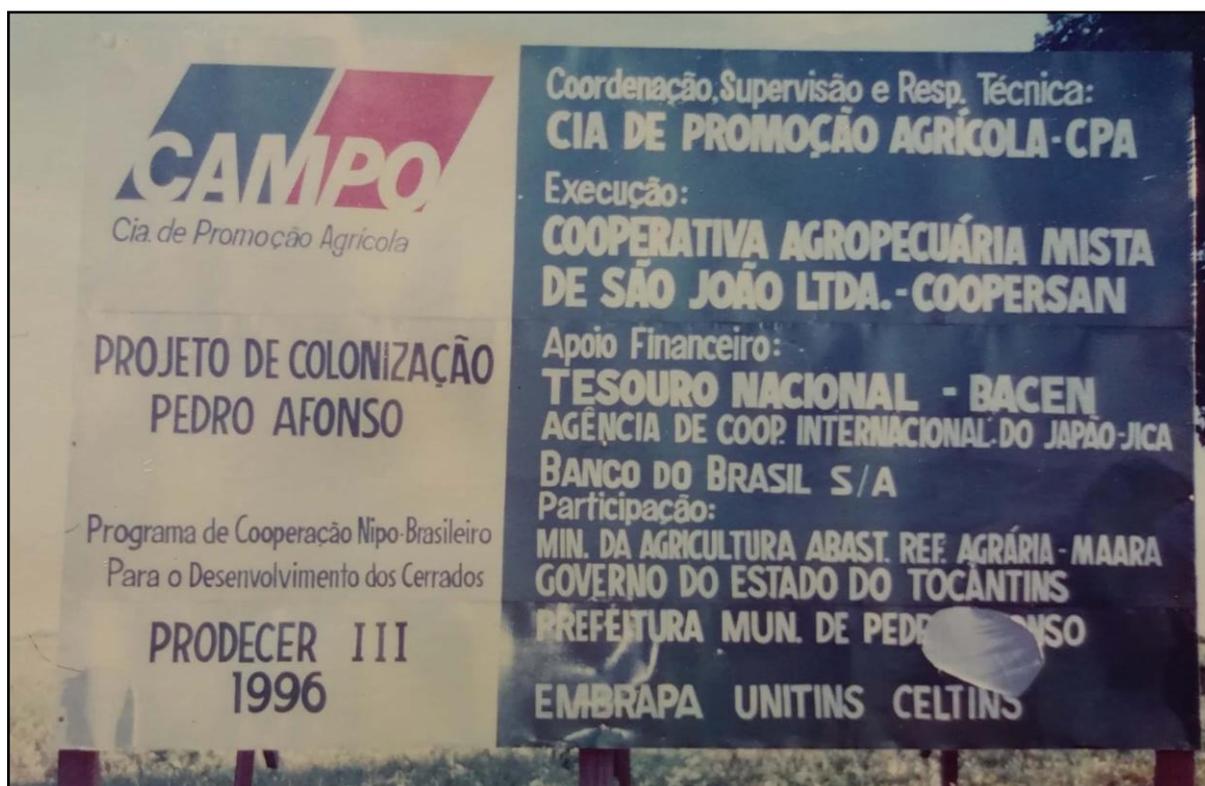
Conforme a OCB/TO (2011) o PRODECER III (Figura 10) foi iniciado em 1996 em Pedro Afonso e teve como coordenadora de implementação a Companhia de Promoção Agrícola – CPA (CAMPO), financiado pelos Governos do Brasil, do Japão, por meio da Agência Japonesa de Cooperação e Desenvolvimento Internacional (JICA), que cobrava juro de 2,7% ao ano dos 41 produtores selecionados para uma área de 20 mil hectares.

Foram disponibilizados 41 lotes para produtores vindos de várias partes do Brasil. Quatro deles já tinham domicílio em Pedro Afonso: Sá Filho, Euid, Sílvio Sandri e Pedro Afonso Oliveira Tavares (OCB/TO, 2011).

O tamanho dos lotes (Figura 11) era de aproximadamente 875 hectares. A área plantada era em torno de 500 hectares. A cooperativa responsável pelo desenvolvimento do PRODECER III foi a COOPERSAN (Cooperativa Agropecuária Mista de São João Ltda.), a qual a mesma fora avaliada pela CAMPO, Ministério da Agricultura e Banco do Brasil (SILVA, 2010).

O PRODECER III possuía um tripé de sustentação. O Banco do Brasil tinha a função de oferecer o apoio financeiro. A CAMPO com o papel de fazer os projetos, selecionar os colonos, projetar o que se plantaria, o adubo, a proteção do solo, o agente técnico; e uma cooperativa, a COOPERSAN, com o papel de agente comercial (compra de insumos, orientações técnicas, suporte logístico) com uma estrutura cooperativista, incluindo armazém para beneficiamento e estocagem de grãos.

Figura 10: Placa informativa sobre o PRODECER III em Pedro Afonso - TO.

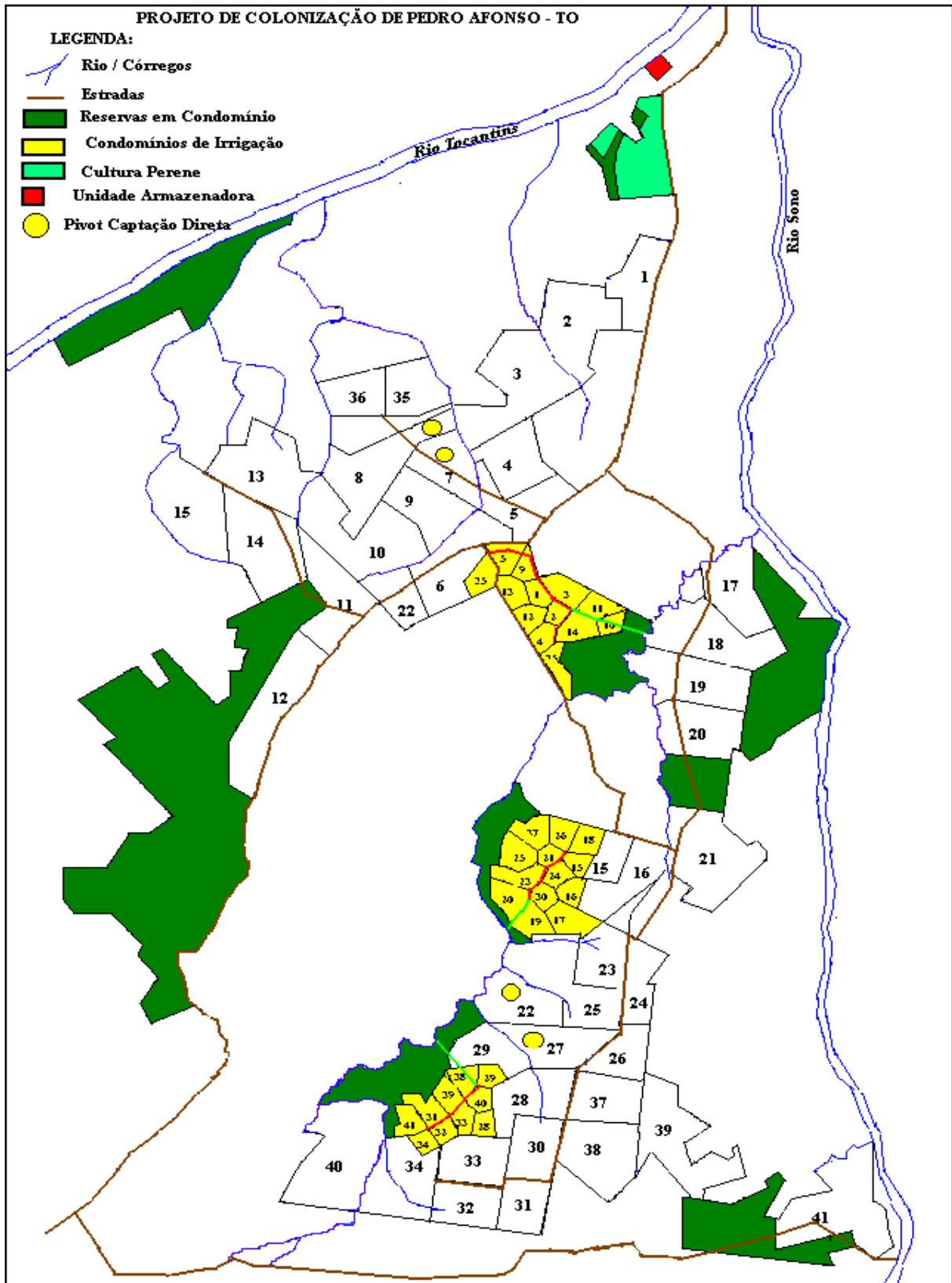


Fonte: Acervo do Instituto Cultural Messias Tavares, Pedro Afonso-TO.

Conforme a COAPA (2019) a cooperativa selecionada para ser a executora do Projeto foi a COOPERSAN, que durante a implantação do Projeto, passou por sérias dificuldades financeiras até entrar em fase de liquidação, abandonando os produtores e as instituições envolvidas. Tudo isso mobilizou os produtores que haviam se unido em uma associação para cuidar de seus interesses. Dessa associação surgiu a COAPA - Cooperativa Agropecuária de Pedro Afonso.

A figura 11, apresenta um croqui de divisões e localização dos lotes do PRODECER III, em Pedro Afonso - TO.

Figura 11: Croqui dos lotes do PRODECER III, Pedro Afonso - TO.



Fonte: COAPA - Cooperativa Agroindustrial do Tocantins.

O que chama atenção é o fato de se pensar que foi escolhido as melhores empresas e administradores para gerenciar um projeto que lidava com dinheiro público, pessoas que pegaram este dinheiro público para financiar os lotes, insumos, máquinas agrícolas e ter a melhor assistência técnica em suas lavouras, a COOPERSAN, “entra em falência”, e deixa os produtores desassistidos. Sabendo que a mesma fora avaliada pela CAMPO, Ministério da Agricultura e Banco do Brasil. Qual o critério de avaliação foi utilizado?

A COAPA - Cooperativa Agroindustrial do Tocantins, antes Cooperativa Agropecuária de Pedro Afonso, foi fundada em 27 de junho de 1998, da necessidade de organização dos produtores integrantes do PRODECER III e logo se tornou a cooperativa de todos os produtores da região de Pedro Afonso, inicialmente com 28 cooperados fundadores, trazendo uma nova configuração para o cenário agrícola Pedro afonsino, onde, a CAMPO coordenava o projeto; a COAPA garantia a sua execução e o Banco do Brasil viabilizou o repasse de recursos financeiros (COAPA, 2019).

Em conversa informal, produtores relataram que houve uma “queda de braços” no processo de implantação do PRODECER III em Pedro Afonso. O programa seria inicialmente instalado em Silvanópolis, outro município tocantinense. “Se não tivesse ocorrido a mobilização política e da sociedade, Pedro Afonso não teria sido escolhido para receber o PRODECER III”, mencionam os produtores.

Destacam produtores, que o governo do Tocantins, foi avalista de 50% do projeto (US\$ 25 milhões), decisivo para sua implantação no município. “Também foi importante Pedro Afonso ter água em abundância, terras propícias para a agricultura e excelente localização geográfica”.

De acordo com Silva (2010) a JICA investiu cerca de 70 milhões de dólares no Tocantins, para fins de aquisição de terras, maquinários, galpões, insumos e oficinas.

O PRODECER III finalizou-se em 2013, mas, segue na mesma dinâmica, os mesmos investimentos no plantio de grãos (soja, milho e sorgo), organizados em sistema de cooperativa, porém sem a tutela do PRODECER.

Porém, é clara a presença do subsídio estatal nos diversos processos e circunstâncias, junto aos setores privados com intuito de auxiliarem as suas expansões econômicas nos territórios, e no caso de Pedro Afonso, o setor agrícola.

A COAPA⁵, mantém parcerias estratégicas com entidades em áreas de interesse de seus cooperados, com o Ruraltins - Instituto de Desenvolvimento Rural do Estado do Tocantins, Adapec - Agência de Defesa Agropecuária do Tocantins, inPEV - Instituto Nacional Processamento Embalagens, Seagro/TO - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Aquicultura do Estado do Tocantins, Sistema OCB/Sescop-TO - Sindicato e Organização das Cooperativas Brasileiras do Estado do Tocantins/Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo no Estado do Tocantins, universidades, órgãos estaduais, municipais e federais, além de empresas do ramo de commodities e agrobusiness.

Em 2021, atendia 58 mil hectares de propriedades de cooperados produtores de soja e da agricultura familiar, agrupados ou não em associações na região de Pedro Afonso, abrangendo 13 municípios, atuando nos diversos segmentos agropecuários, sendo: Serviços para agricultura de grãos (soja, milho e sorgo); Comercialização de defensivos agrícolas; Comercialização de sementes; Comercialização de fertilizantes; Assistência técnica com tecnologia digital para produtores de grãos; Recebimento, classificação, secagem e armazenagem de grãos; Serviços para agricultura de pequeno porte e agropecuaristas; Comercialização de produtos agroveterinários em geral; Assistência técnica e veterinária para lavouras e animais de pequeno porte.

O processo de preparação para inserção do município em uma agricultura tecnificada e expansiva, iniciou-se com o PRODECER III, que veio contribuir na abertura de mais espaço e alteração deste território. Esta expansão incentivou à ampliação de investimentos multinacionais, com fins de exploração agrícola, como as empresas, BUNGE alimentos, Bayer, Syngenta, Cargill, John Deere, Massey Ferguson, Valtra, New Holland, dentre outras que prestam serviços no município.

Para que este projeto fosse implantado no município e continuasse seus processos expansivos foram primordial a mediação dos governos, federal, estadual e municipal, para mediação e efetivar o investimento de capital estrangeiro.

A chegada da multinacional BUNGE alimentos no Município de Pedro Afonso, em 2007, é a novidade agrícola depois do PRODECER III, marcado pela implantação da cana-de-açúcar para a produção de etanol, através da construção de uma usina sucroalcooleira.

Oliveira (2015, p. 243), comenta que,

⁵ Informações colhidas do site da COAPA. Disponível em: <https://www.coapa.com.br/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

“A mundialização do capitalismo monopolista criou as empresas mundiais que comandam a mundialização da agricultura brasileira, ou seja, o agronegócio”. Com isto, pode-se observar com mais concretude e capacidade o espírito de acumulação do capital, ou ainda o ímpeto transformador e demolidor dos territórios políticos e econômicos construídos.

A construção da usina em Pedro Afonso teve início em janeiro de 2009 e em julho de 2010, a unidade já havia iniciado a operação em caráter experimental. O plantio do canavial teve início em julho de 2007, com um viveiro de mudas em 237 hectares, em 2011 eram mais de 24 mil hectares plantados.

Em 2012 atingiu, em média, 32 mil hectares de cana-de-açúcar na região. Em parceria com centros de pesquisa, a Bunge se dedicou a desenvolver variedades de cana-de-açúcar específicas para o clima e o solo da região (BUNGE, 2011).

Segundo o IBGE (2020) em 2019, Pedro Afonso já contava com 35.000 hectares de área de cana-de-açúcar colhida.

Em 21 de julho de 2011, a Bunge inaugurou oficialmente, no interior do Tocantins, a usina Pedro Afonso - a primeira unidade greenfield e a oitava usina produtora de açúcar e bioenergia da empresa no Brasil. Com investimentos totais de R\$ 600 milhões de reais e capacidade inicial de moagem de 2,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano.

Segundo a BUNGE, (2011) realizando o plantio e colheita totalmente mecanizados, além de aproveitar integralmente o bagaço da cana para a produção de energia elétrica, processo conhecido como cogeração.

De toda a área plantada, 5 mil hectares eram irrigados, incluindo o maior pivô de irrigação do mundo, com mais de 1.300 metros de extensão para atingir uma área superior a 500 hectares (BUNGE, 2011).

A usina de Pedro Afonso marcou também a consolidação da joint venture (empreendimentos conjuntos) entre a Bunge e a Itochu, uma das principais tradings globais do Japão. Nessa iniciativa, 80% dos recursos financeiros foram investidos pela Bunge e 20% pela Itochu, que também é parceira da Bunge na Usina Santa Juliana, em Minas Gerais (BUNGE, 2011).

Além das alterações no campo, não se pode deixar de fora as alterações no espaço urbano. Destacam os moradores, que boa parte de suas vidas esperaram a construção da ponte sobre o rio Tocantins, pois a travessia era feita por balsas, contribuindo para o encarecimento da cesta básica e outros itens essenciais. A ponte sobre o Rio Tocantins foi inaugurada em 21 de dezembro de 2007, coincidindo com a chegada da usina sucroalcooleira em Pedro Afonso.

Relembrando uma matéria divulgada pela Secretaria de Comunicação do Governo do Tocantins em 2007, deixa bem claro que o principal interesse na construção da ponte, não foi beneficiar em primeira mão a população local, mas facilitar a logística de escoação da produção agrícola e fortalecer o agronegócio.

A Ponte em construção está localizada na BR-235, entre os municípios de Pedro Afonso e Tupirama, rodovia que vai facilitar o acesso aos estados do Pará, Maranhão e Piauí. A obra é destaque no cenário nacional pela importância estratégica, não só para o Tocantins, mas também para o Brasil. A obra interligará várias regiões produtoras de grãos às regiões Amazônica e ao Nordeste, ligando a Belém-Brasília e BR-010 ao corredor de exportação da Ferrovia Norte-Sul e à Hidrovia Tocantins-Araguaia. A ponte vai proporcionar ao estado o escoamento da soja do Prodecer III - Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados e de toda a produção agrícola da região, destinada ao mercado interno e externo, feito por balsas (SECOM-TO, 2007).

Assim, a ponte sobre o rio Tocantins, em Pedro Afonso, facilita o escoamento de toda produção do município e região, e o deslocamento da população para os grandes centros Tocantinense (Palmas, Araguaína e etc.).

Para compreender a dinâmica agrícola de Pedro Afonso, temos duas culturas conhecidas como carro chefe, a soja e a cana-de-açúcar e uma terceira que em sua maioria vem em segunda safra, o milho safrinha.

Na tabela 1, pode-se observar que em 2006, Pedro Afonso tinha uma área de colheita de soja de 44.000 hectares enquanto a cana-de-açúcar apresenta 10 hectares no mesmo ano, provavelmente seria a cana utilizada pelos pequenos produtores para alimentação animal, conforme as informações analisadas os plantios da Bunge ainda não foram iniciados.

De 2007 a 2019 (tabela 1) a soja foi perdendo área de plantio, em substituição à cana-de-açúcar. Com maior clareza, observa-se no gráfico 03, isto refletiu diretamente na produção de soja.

A data escolhida a partir da safra 2006, se deu em função da pré chegada da BUNGE em 2007 com a cana-de-açúcar, atividade esta que veio para disputar ou dividir espaço com a soja nos solos agrícolas do município de Pedro Afonso.

Considerando que a cana-de-açúcar é uma realidade no referido município e região, há disputas constantes, realizadas nas e por áreas antes destinadas ao cultivo da soja, conforme o gráfico 03.

Tabela 1: Área colhida e produção das culturas, soja e cana-de-açúcar, safras de 2006 a 2019.

Anos	Soja		Cana-de-açúcar	
	Área colhida (ha)	Produção (ton.)	Área colhida (ha)	Produção (ton.)
2006	44000	118800	10	350
2007	35000	73500	5	175
2008	30600	85680	250	22500
2009	28500	76950	1000	90000
2010	25000	70000	1000	50000
2011	14000	39200	18000	1620000
2012	14500	40020	18000	1260000
2013	18000	45000	18000	1440000
2014	16808	41952	22000	1760000
2015	17000	42432	29000	2320000
2016	17000	27574	29480	2358400
2017	17000	42432	29480	2358400
2018	17000	42455	35000	2800000
2019	12000	34560	35000	2800000

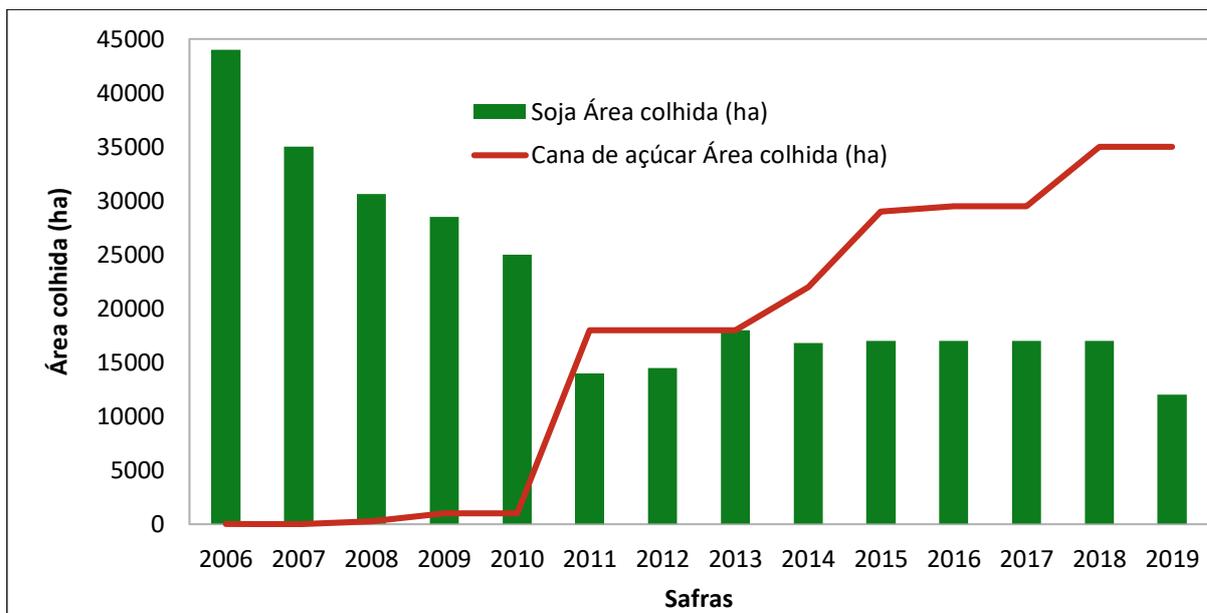
Fonte: IBGE. Organização: Valdivino Silva, (2021). (ton.) - Toneladas; (ha) – Hectares.

Conforme a EMBRAPA (s/d) o milho safrinha é definido como o milho de sequeiro cultivado extemporaneamente, de janeiro a abril, quase sempre depois da soja.

O plantio de milho safrinha no estado do Tocantins deve ser realizado o mais cedo possível, após a retirada da soja, preferencialmente, até a primeira quinzena do mês de fevereiro (SIMON *et al.*, 2016).

O demonstrativo foi feito entre cana-de-açúcar e soja, (gráfico 3), é porque as mesmas coincidem as épocas de plantio milho geralmente plantado após a retirada da soja, é chamado milho safrinha.

Gráfico 3: Demonstrativo de variação nas áreas de colheitas para as culturas de soja e cana de-açúcar referente às safras 2006 a 2019.



Fonte: IBGE-Produção agrícola municipal. **Organização:** Valdivino Silva (2021).

A especialização de regiões produtivas acompanha, sobretudo, a demanda do capital internacional. Ora se volta para uma monocultura, ora para outra, a depender das vantagens oferecidas. O desejo dos grandes produtores é seguir a tendência do mercado internacional, com a produção cotada no dólar.

O interesse pela expansão agrícola no município, não cessou. Os agricultores da região de Pedro Afonso, cobram uma solução logística para a rodovia, BR-235 que facilitaria o escoamento da safra, acesso a insumos, escoar a produção com mais facilidade e ampliar o potencial produtivo da soja.

Segundo os produtores, se o trecho da rodovia entre o município de Pedro Afonso e a Serra do Maranhão receber asfalto, terão acesso a uma área rica em calcário, podendo aumentar em 200 a 300 mil hectares a área plantada dentro de 10 anos.

De Pedro Afonso, até a Serra no Maranhão faltam 160 km de asfalto, e o trecho conta com 60 km implantados, no ponto de serem asfaltados.

Conforme mencionam os produtores, a estruturação da rodovia BR-235 vai contribuir para a expansão da fronteira agrícola, no município e integrará os municípios de Bom Jesus, Centenário, Rio Sono e Lizarda.

Comentam ainda que esperam por essa melhoria na estrada há mais de 25 anos. Seriam 300 km a menos de escoamento de produção para chegar no porto de Itaqui-MA, economizando em frete, porque a logística de produção do município, no momento é realizada pela BR-153.

Acrescentam os produtores que, se houver a oportunidade de expandir a produtividade e garantir a facilitação do escoamento da produção, trará ganhos, e o escoamento da produção do MATOPIBA sendo pela BR-235, será um impulso no desenvolvimento da região.

É crescente as dependências das economias regionais às redes de transportes, além de instrumentos de apoio a diferentes atividades, por elas circulam bens de consumo, pessoas e um conjunto de objetos que interferem decisivamente no funcionamento do território.

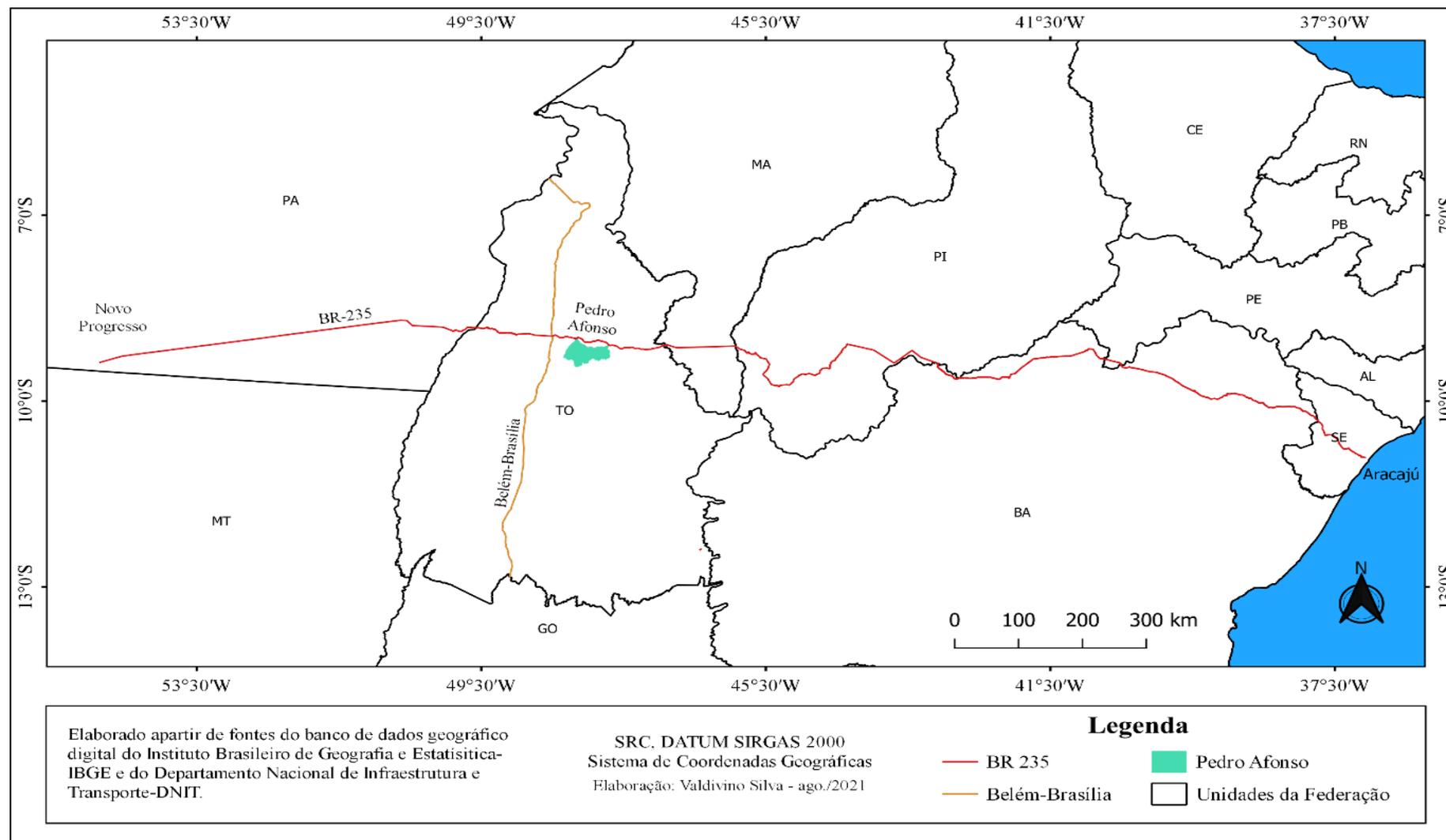
Conforme Rodrigues *et al.* (2013) é por isso que os transportes são um desafio contínuo às economias que participam do mercado internacional. Não obstante, se, por um lado, o controle dessas redes permite integrar, por outro, permite segregar, motivo pelo qual se constitui como elemento estratégico de atuação de certos grupos.

A figura 12, mostra o traçado da rodovia, BR-235⁶.

⁶ BR-235 - A BR-235 é uma rodovia transversal brasileira que atravessa os estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Piauí, Pernambuco, Sergipe e Bahia.

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-DNIT. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-entrega-mais-77-6-quilometros-de-pista-pavimentada-na-br-235-ba>. Acesso em: 19 fev. 2022.

Figura 12: Traçado da rodovia BR-235.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

No caso específico das ferrovias, o controle dos fluxos é ainda maior. No Brasil, essa característica foi acentuada a partir da década 1990, quando foi criado o programa de desestatização de serviços e infraestruturas (CASTILHO e ARRAIS 2017).

Reforçam Castilho e Arrais (2017) que os trilhos implantados na primeira metade do século XX, a infraestrutura ferroviária possuía natureza multifuncional e mantinha forte relação com as demandas locais, apesar de também atender às demandas de exportação. Porém, os trilhos modernos mantêm relação quase que restrita ao transporte de commodities. Se outrora os trilhos tinham um impacto muito forte na vida das cidades, vilas e povoados servidos por suas estações, nesta data o vínculo é específico às grandes empresas e ao mercado internacional.

É nesse contexto de funcionalização dos trilhos e de construção de infraestrutura de transporte para atender “as áreas de expansão da fronteira agrícola e de exploração mineral”, tal como informado no Plano Nacional de Logística e Transporte (BRASIL, 2012, p. 39), que a Estrada de Ferro FNS foi finalmente construída nos estados do Maranhão, Tocantins e de Goiás.

Conforme a VALEC (2017) e Castilho e Arrais (2017) a construção da FNS foi iniciada em 1987 com um traçado inicial que previa uma extensão de aproximadamente 1.550 km, de Açailândia/MA a Anápolis/GO, de modo a cortar os estados do Maranhão, Tocantins e Goiás. As obras tiveram início por trechos a partir da Estrada de Ferro Carajás, em Açailândia, estado do Maranhão, em direção à cidade de Porto Franco, também no Maranhão. Esse trecho foi inaugurado somente em 1996. Dessa forma, o traçado original está construído e em operação.

Depois de 27 anos, após paralisações, atrasos e acréscimos no projeto inicial, o trecho entre Açailândia (MA) e Anápolis (GO) foi inaugurado, comenta Castilho e Arrais (2017).

Para a VALEC, a FNS foi construída com os seguintes objetivos:

- Estabelecer alternativas mais econômicas para os fluxos de carga para o mercado consumidor;
- Induzir a ocupação econômica do cerrado brasileiro;
- Favorecer a multimodalidade;
- Conectar a malha ferroviária brasileira;
- Promover uma logística exportadora competitiva, de modo a possibilitar o acesso a portos de grande capacidade;
- Incentivar investimentos, que irão incrementar a produção, induzir processos produtivos modernos e promover a industrialização.

Castilho e Arrais (2017) enfatizam que o trecho da FNS, entre Porto Nacional (TO) e Açailândia (MA), com seus 719 km de extensão, encontra-se em funcionamento com transporte de grãos, celulose, minério e combustível. Trecho Central, entre Porto Nacional e Anápolis, possui 855 km de extensão.

Segundo a Valec (2017) nesse último trecho é promovido o transporte de toneladas de farelo de soja e de madeira triturada, e é por onde em direção a Anápolis, passam carga da Empresa Granol para produção de óleos vegetais.

Para Castilho e Arrais (2017) esse transporte, no entanto, é inicial e ainda não representa a movimentação do trecho. Isso porque o fluxo depende da duplicação da Ferrovia Carajás, por onde a FNS alcança o Porto de Itaquí em São Luiz (MA) e realiza o transporte de toda movimentação dos pátios que se encontram em funcionamento no Tramo Norte.

Destacam Castilho e Arrais (2017) que o entroncamento da FNS com a Estrada de Ferro Carajás ocorre no distrito de Pequiá, no município de Açailândia (MA), de onde segue, no sentido Sul, para o município de Estreito (MA), divisa entre os estados de Tocantins e Maranhão. A ponte férrea sobre o rio Tocantins foi o maior obstáculo hidrológico do Tramo Norte da FNS. A partir desse ponto, a FNS segue, pela margem esquerda do rio Tocantins, até o território goiano. Os trilhos adentram o território goiano no município de Porangatu (GO), direcionando-se a Anápolis (GO).

O trecho entre Açailândia e Anápolis possui catorze pátios, dos quais oito estão no Tramo Norte e seis no Tramo Sul. E, apenas o pátio de Anápolis encontra-se ativo. Os pátios de Jaraguá (GO), Santa Isabel (GO), Uruaçu (GO), Porangatu (GO) e Gurupi (TO) estão em construção. No Tramo Norte, dois deles também se encontram em construção: Araguaína (TO) e Aguiarnópolis (TO). O restante, Açailândia (MA), Imperatriz (MA), Porto Franco (MA), Palmeirante (TO), Guaraí (TO) e Porto Nacional (TO), encontram-se em funcionamento (CASTILHO e ARRAIS 2017).

Destacam Castilho e Arrais (2017) que foi possível verificar em seus trabalhos de campo que os pátios de Porto Nacional e Porto Franco são os que possuem maior movimentação. O primeiro possui infraestrutura para desembarque de gasolina e diesel, além de embarque de grãos. Já o pátio de Porto Franco é voltado para o embarque de grãos, e comentam que a construção da FNS, além de inaugurar o padrão logístico dos trilhos no país, reforçado pelo delineamento no sentido Sul-Norte, também promove a integração regional e impacta a economia em uma escala nacional.

Conforme Castilho e Arrais (2017) a necessidade de caracterizar a economia regional é resultado da natureza que assume, contemporaneamente, a rede ferroviária nacional diante das demandas do mercado mundial.

Para além da área de influência direta da via permanente, é preciso antever como a FNS afetará a produção dos mercados regionais, considerando a natureza do transporte de carga ferroviária que requer maior volume de produção e maior distância média entre as áreas produtoras e os mercados consumidores externos. O modal ferroviário é, majoritariamente, utilizado para exportações e importações, o que demanda o acionamento dos portos nacionais (CASTILHO e ARRAIS 2017).

Os produtores de algumas regiões, a exemplo do MATOPIBA, já utilizam essa ferrovia como vetor de escoamento da produção da soja e do milho. Uma espécie de entroncamento entre as divisas do Sul do Maranhão, Nordeste do Tocantins, Sudoeste do Piauí e o Oeste da Bahia, é apontada como a mais recente fronteira agrícola do país. Relatório da CNT (2015) projeta uma participação de 8,9% da produção de grãos dessa região, em relação ao total nacional, para o ano de 2024. Salienta (VALEC, 2007) que a FNS será um elemento indutor "da ocupação econômica do cerrado".

Figura 13: Pátio da Ferrovia Norte Sul, município de Guaraí-TO.



Fonte: acervo do autor (2021).

A Ferrovia Norte Sul, foi construída no perímetro que pertence ao município de Guaraí, onde tem um pátio multimodal com a intenção de utilizá-lo como transbordo do combustível

etanol, produzido na Usina de Pedro Afonso (TO) de propriedade da Bunge. A distância a entre a usina e o pátio multimodal é de aproximadamente 50 km.

A empresa pública Valec tem a concessão da ferrovia e o direito de fazer subconcessões a empresas privadas, como faz com a VLI Multimodal S.A, no Tocantins.

O domínio de uma única empresa sobre um sistema de transportes, como no caso das ferrovias, pode determinar o que é prioridade para ser transportado e pode até caracterizar um uso monofuncional do sistema (VENCOVSKY, 2006).

Continua Vencovsky (2006) que o uso monofuncional das ferrovias, passa também a interferir em outras atividades econômicas na região de abrangência das linhas, principalmente nos pontos de origem e destino”, privilegiar determinados produtos, as ferrovias não contribuem para a valorização de outras atividades que poderiam ser beneficiadas.

Nessa perspectiva, na FNS a concessionária poderá exercer um controle sobre os produtos que podem circular e sobre os preços dos fretes cobrados, acredita Fornaro (2012).

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

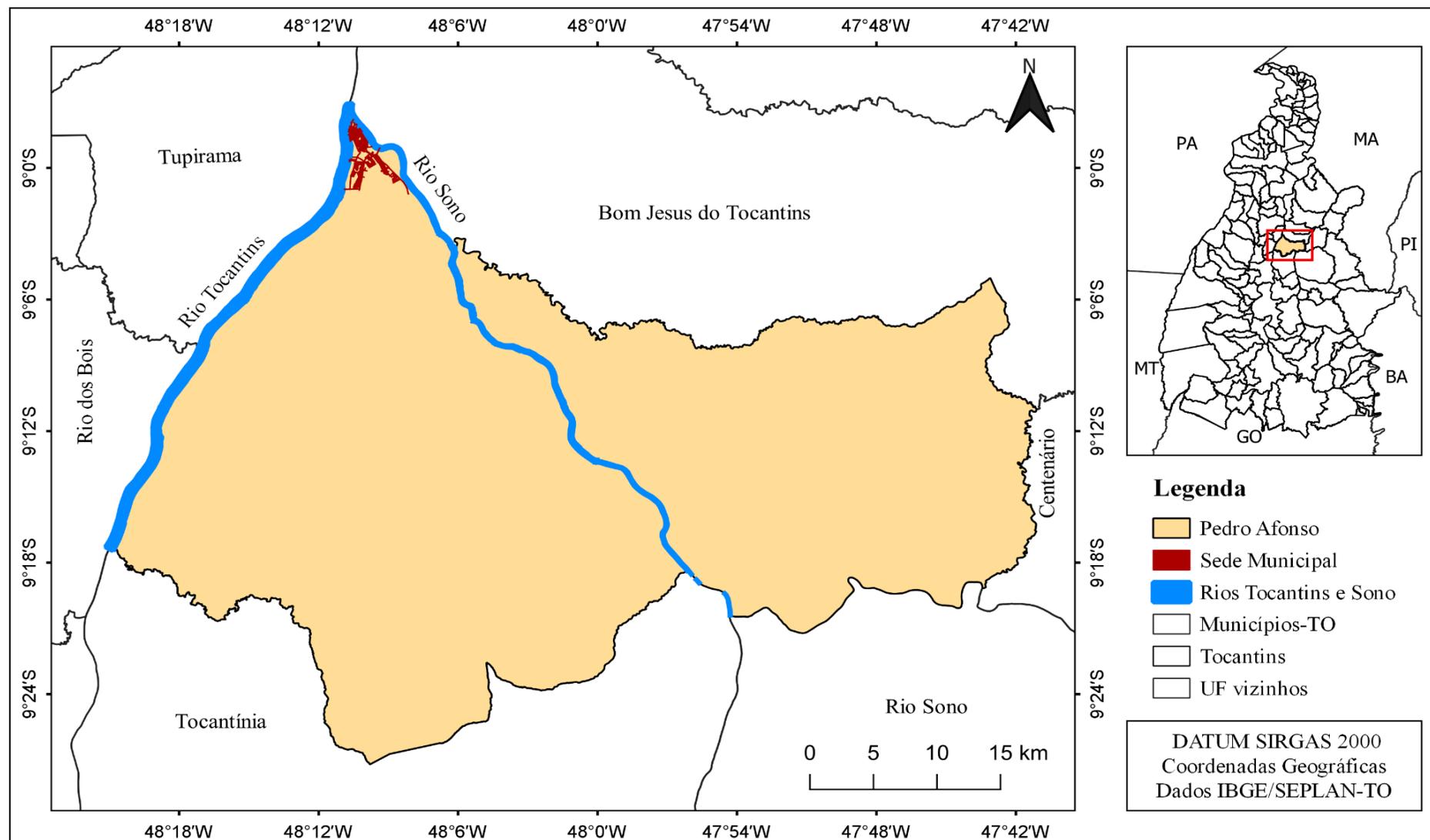
3.1 Localização

Pedro Afonso, está localizado na parte meio norte do estado do Tocantins (Figura 14), nas confluências dos Rios Sono e Tocantins. Tem população estimada de 13.773 habitantes, segundo estimativas do IBGE (2020) e uma área de 2.010,902 km².

Faz divisa ao Norte com os municípios de Bom Jesus do Tocantins e Tupirama, ao Sul com Rio Sono e Tocantínia, ao Leste com Centenário e ao Oeste com Rio dos Bois e Tupirama.

O município encontra-se em média a 201 metros de altitude, tendo como coordenadas geográficas de referência da sede municipal a -08° 58 '17" de latitude Sul e -48° 10' 31" de longitude Oeste (SEPLAN, 2017). Dista da capital Palmas, aproximadamente 221 km pela BR 153 e 177 km pela TO 010.

Figura 14: Mapa de Localização do Município de Pedro Afonso –TO.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

3.2 Caracterização Geral da Área de Estudo

Para caracterização geral da área de estudo, foram levados em consideração os seguintes aspectos: clima, geologia, geomorfologia, Hipsometria, declividade, pedologia, vegetação, hidrografia e aspectos históricos do município.

3.2.1 Clima

Na natureza há uma dinâmica constante, principalmente o sistema atmosférico com suas combinações variáveis, fazendo com que cada dia tenha características únicas. Estas variabilidades devem ser estudadas e conhecidas pelo ser humano, pois as mesmas irão ditar o ritmo das suas atividades para qual queira desenvolver na superfície terrestre, seja nas escalas regionais ou local.

Em se tratando de agricultura, um dos fatores principais e desempenha papel importante no processo de implantação, permanência e expansão desta atividade é o clima, pois o mesmo vai influenciar diretamente na produtividade das culturas agrícolas. Por isso, o conhecimento e a caracterização climatológica da região são fundamentais e servem como suporte e ferramenta primordial para auxiliar nas tomadas de decisão no segmento agrícola ou não, a nível mundial.

O período ideal para caracterizar o clima de um local deve contemplar uma série histórica de no mínimo 30 anos, em geral, designada como Normais Climatológicas (EMBRAPA, 2016).

Para a caracterização climática de Pedro Afonso, utilizou-se a precipitação pluviométrica e a temperatura média anual, baseado em um estudo realizado pela EMBRAPA, (2016), que tem como título: caracterização climática da região de Pedro Afonso -TO no período de 1985 a 2014 e o Atlas do Tocantins da SEPLAN (2012).

De acordo com a EMBRAPA (2016) baseado nos resultados apresentados para o período de 1985 a 2014 e adotando os critérios estabelecidos na classificação de Köppen, o clima da região de Pedro Afonso é classificado como Clima Tropical Chuvoso – Awa (A – Clima tropical chuvoso; w – chuva de verão; a – verão quente), com temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C.

De acordo com a SEPLAN (2012) o município apresenta o clima C2wA'a"- clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica.

3.2.2 Precipitação pluviométrica

É a água proveniente do vapor d'água (nuvens) da atmosfera que é depositada na superfície da terra sobre a forma de chuva. Conforme os dados da SEPLAN (2012) a precipitação pluviométrica do município está entre 1600 mm a 1700 mm. De acordo com a EMBRAPA (2016) a média anual entre 1985 a 2014 foi de 1.714,9 mm e o período compreendido entre os meses de maio e setembro foram considerados o período de seca na região. Apresentando uma proximidade de valores entre os dois órgãos verificados.

3.2.3 Temperatura média anual

É a média das temperaturas de um lugar no decorrer de um ano. Para Pedro Afonso, conforme a EMBRAPA (2016) a temperatura média do ar registrada no período de 1985 a 2014 foi de 27,4 °C e de acordo com a SEPLAN (2012) a temperatura média anual do ar fica em torno dos 27°C. Apresentando também uma aproximação entre os dois valores.

Apesar do aumento contínuo médio da temperatura e da precipitação, destaca a Embrapa, (2016), que não ocorreram mudanças na classificação climática da região. Neste contexto, ao analisar os últimos 30 anos, nota-se que as alterações climáticas registradas não foram suficientes para alterar a classificação climática, porém se as próximas décadas seguirem a mesma tendência (especialmente com aumento da temperatura) poderão ocorrer alterações na classificação climática e uma futura mudança no calendário agrícola, podendo atrasar o início da safra e o zoneamento agrícola em Pedro Afonso (EMBRAPA, 2016).

Um fator importante que deve ser considerado quanto ao clima de Pedro Afonso, baseado nos estudos da EMBRAPA de 1985 a 2014, foram as oscilações na precipitação e temperatura ao longo dos 30 anos analisados. Levando a refletir a tamanha importância dos estudos nesta região a fim de buscar alternativas para minimizar os impactos provenientes da expansão agrícola e buscar medidas mitigadoras.

3.2.4 Geologia

É o substrato rochoso de sustentação da superfície terrestre, local onde ocorrem os diversos processos, sejam de ordem natural ou antropogênicos. O sistema geológico de Pedro Afonso (Figura 15) é composto por Bacias Sedimentares, Depósitos sedimentares Inconsolidados e Embasamento em Estilo Complexo (SEPLAN, 2012).

3.2.4.1 Bacias Sedimentares

As partículas sólidas desagregadas (intemperizadas), presentes nas formações superficiais da Terra, chamadas sedimentos, sofrem erosão, ou seja, a retirada do local original, tendo seu transporte por distâncias variadas, e sua deposição num local de topografia mais baixa, a Bacia de sedimentação, onde podem ficar por períodos de duração muito variados. Os processos sedimentares não param na deposição de sedimentos, pois sua progressão ao longo do tempo pode gerar tamanho soterramento e compactação do material depositado, que é transformado em rocha sedimentar. Por tanto, a bacia sedimentar é um tipo de formação geológica encontrada nas depressões de relevo (áreas rebaixadas) que com o tempo, foram acumulando sedimentos, formando várias camadas superpostas que podem ser restos de animais e vegetais, rochas, conchas, ossos, dentre outros (TOLEDO, 2005, p.08).

3.2.4.2 Depósitos Sedimentares

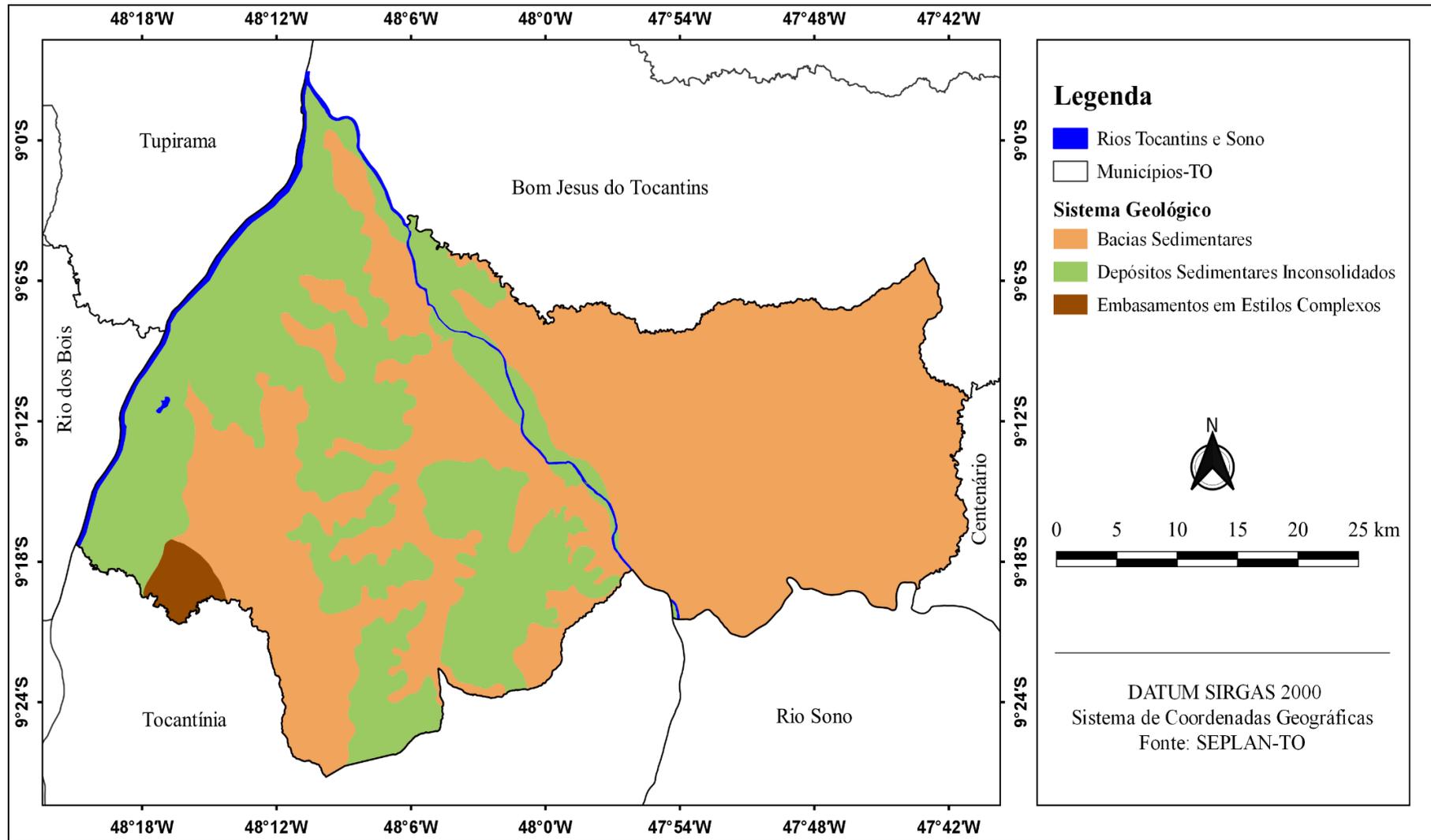
São constituídos por sedimentos originados pelo intemperismo, um processo que altera física e quimicamente a estrutura das rochas e seus minerais, contribuindo para o desprendimento das partículas rochosas, um importante agente nos processos de formação dos solos. O clima e o relevo favorecem a erosão dos sedimentos rochosos e os agentes transportadores são diversos, como rios, chuvas, vento, geleiras e até mesmo a gravidade pode atuar como tal, que, ao serem deslocados, são depositados em uma bacia sedimentar (GIANNINI, 2000).

3.2.4.3 Embasamento em Estilo Complexo

São conjuntos de rochas mais antigas que aparecem na superfície terrestre (GIANNINI, 2000).

De acordo com Haidar (2013) na superfície tocantinense existem quatro ambientes geológicos distintos Bacias Sedimentares (39,36% da superfície do estado), Embasamentos em Estilos Complexos (20,64%), Faixas Orogênicas (19,61%) e Depósitos Sedimentares Inconsolidados (19,35%).

Figura 15: Mapa Geológico do município de Pedro Afonso – TO.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

3.2.5 Geomorfologia

A geomorfologia consiste no estudo das formas de relevo e suas características estruturais, ou seja, sua gênese, composição (materiais) e os processos que nela atuam no espaço, o relevo varia da escala planetária (continente e oceanos) à continental (cadeias de montanhas, planaltos, depressões e grandes planícies) e à local (escarpa, morros, colinas, terraços, pequenas planícies).

De acordo com FLORENZANO (2008) o relevo é de grande importância não só geomorfologicamente, mas para outras ciências que estudam os componentes da superfície terrestre (rochas, solos, vegetação e água), bem como na definição da fragilidade e/ou vulnerabilidade do meio ambiente e no estabelecimento da legislação para sua ocupação e proteção. Dependendo de suas características, o relevo favorece ou dificulta a ocupação dos ambientes terrestres pelos seres humanos.

Neste contexto, de acordo com a figura 16, o município de Pedro Afonso é composto pelos sistemas geológicos, Depressão do Médio Tocantins, caracterizada pelo vale do Rio Tocantins (SEPLAN, 2012).

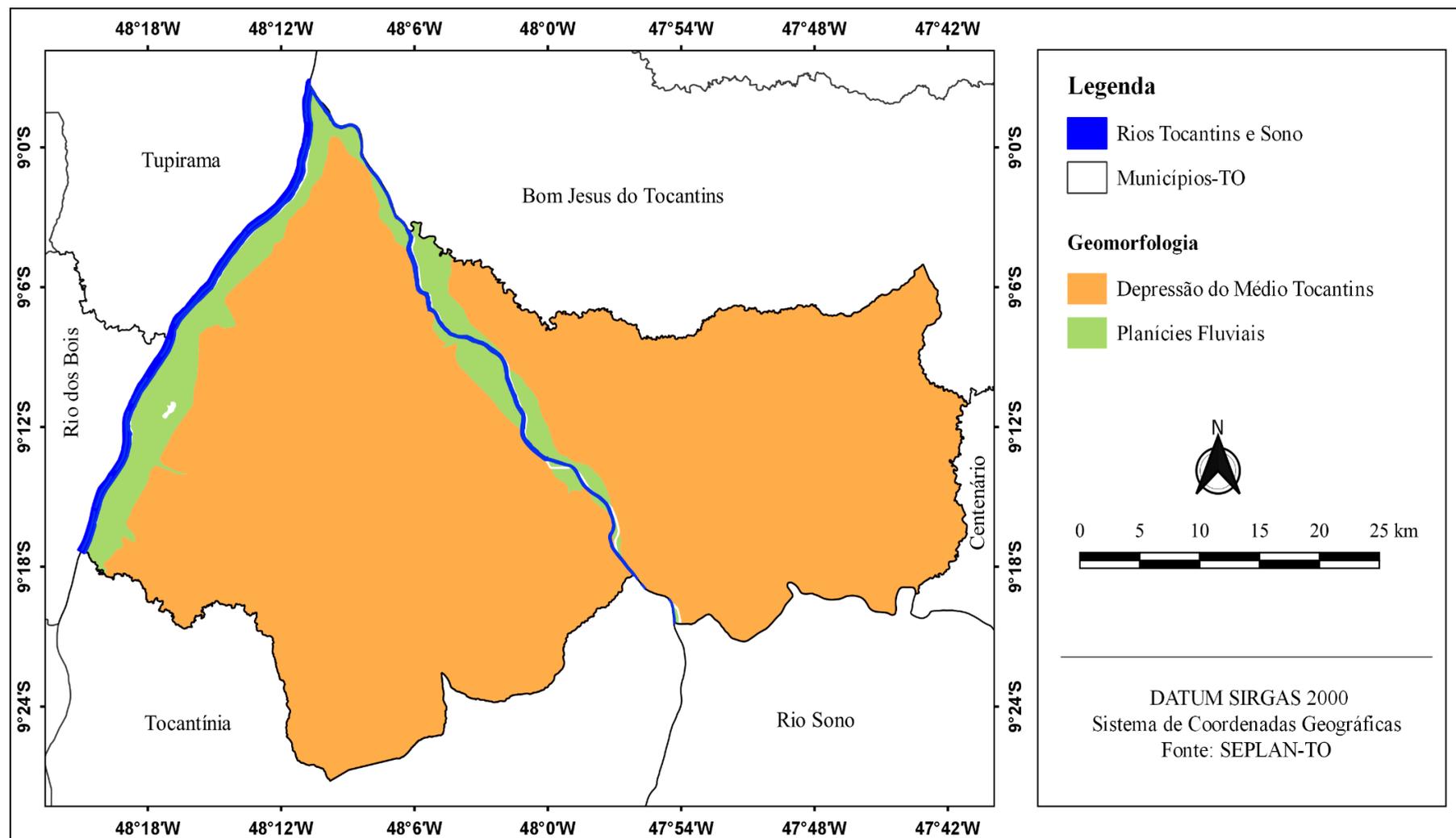
Com algumas pequenas formações montanhosas isoladas (NASCIMENTO, 2012) a Depressão do Médio Tocantins corresponde a um corredor deprimido do vale do Rio Tocantins ocorrendo transversalmente à estrutura monoclinal dos relevos cuetiformes.

A unidade apresenta relevo de dissecação suave, predominando formas tabulares e altimetrias de 300 m (Brasil 1981).

Os vales são rasos e as vertentes apresentam declividade baixa a média, com densidade de drenagem média a alta. O modelado de dissecação apresenta-se com topos convexos e tabulares, e é atacado por processos erosivos de escoamento concentrado das águas pluviais, formando sulcos e ravinas (VILLELA, 2011, p. 226).

A outra unidade Geomorfológica de Pedro Afonso é a Planícies Fluviais (SEPLAN, 2012), que são superfícies mais planas resultantes da ação fluvial, às vezes formando terraços, que são periódicas ou permanentemente alagadas, relacionadas com ou sem rupturas de declive aos patamares mais elevados (VILLELA, 2011, p. 226).

Figura 16: Mapa Geomorfológico do município de Pedro Afonso - TO.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

A Depressão do Médio Tocantins, possui como principal característica da dinâmica superficial do relevo a ação fluvial dos rios, que entalha e transporta sedimentos rumo ao rio Tocantins, o intemperismo nas rochas de arenitos deu origem a formação de solos do tipo Neossolos Quartzarênicos na margem esquerda do rio Tocantins e, solos do tipo Latossolos alternados com solos do tipo Neossolos quartzarênicos, na margem direita desse rio (CIPAM, 2004, citado por SILVA, 2013).

Em Pedro Afonso, estes sistemas geomorfológicos juntamente com as classes de solos precisam de critérios minuciosos na utilização e no manejo dos solos, principalmente em áreas de agricultura.

A exemplo do desmatamento que pode ocorrer nas matas de galerias e ciliares, traz prejuízos incalculáveis aos Rios Sono e Tocantins, assim como para os demais córregos de menor proporção, causando o assoreamento destes cursos de água, pela deposição dos sedimentos desprendidos dos solos descobertos e revolvidos das áreas de plantios que ao serem carregados para os leitos dos rios por falta das faixas de Contenção da vegetação natural, faz com que a calha dos rios diminua sua profundidade, o que pode contribuir futuramente para ocorrência de alagamentos ou até mesmo uma degradação mais intensa dos rios do município.

3.2.6 Hipsometria

A hipsometria está ligada à representação das elevações do terreno através das diferenças de relevo que o mesmo apresenta, utilizando as diferentes cotas altimétricas, demonstradas através de uma classificação temática homogênea ou heterogênea de altitudes, possibilitando a distribuição espacial das classes.

Através da confecção do mapeamento hipsométrico de Pedro Afonso (Figura 17), foi possível visualizar a distribuição espacial das diferentes cotas altimétricas no relevo local que variou entre 161,6 a 379,4 metros de altitude.

A cota mínima no município (161,6m), localiza-se na confluência dos rios Tocantins e Sono, no entorno da área urbana e segue a montante do rio Tocantins. Já a cota mais alta (379,4m), está situada na porção sul de Pedro Afonso, onde grande parte desta porção se encontra ocupada pela agricultura, mais precisamente no sentido do município de Tocantínia.

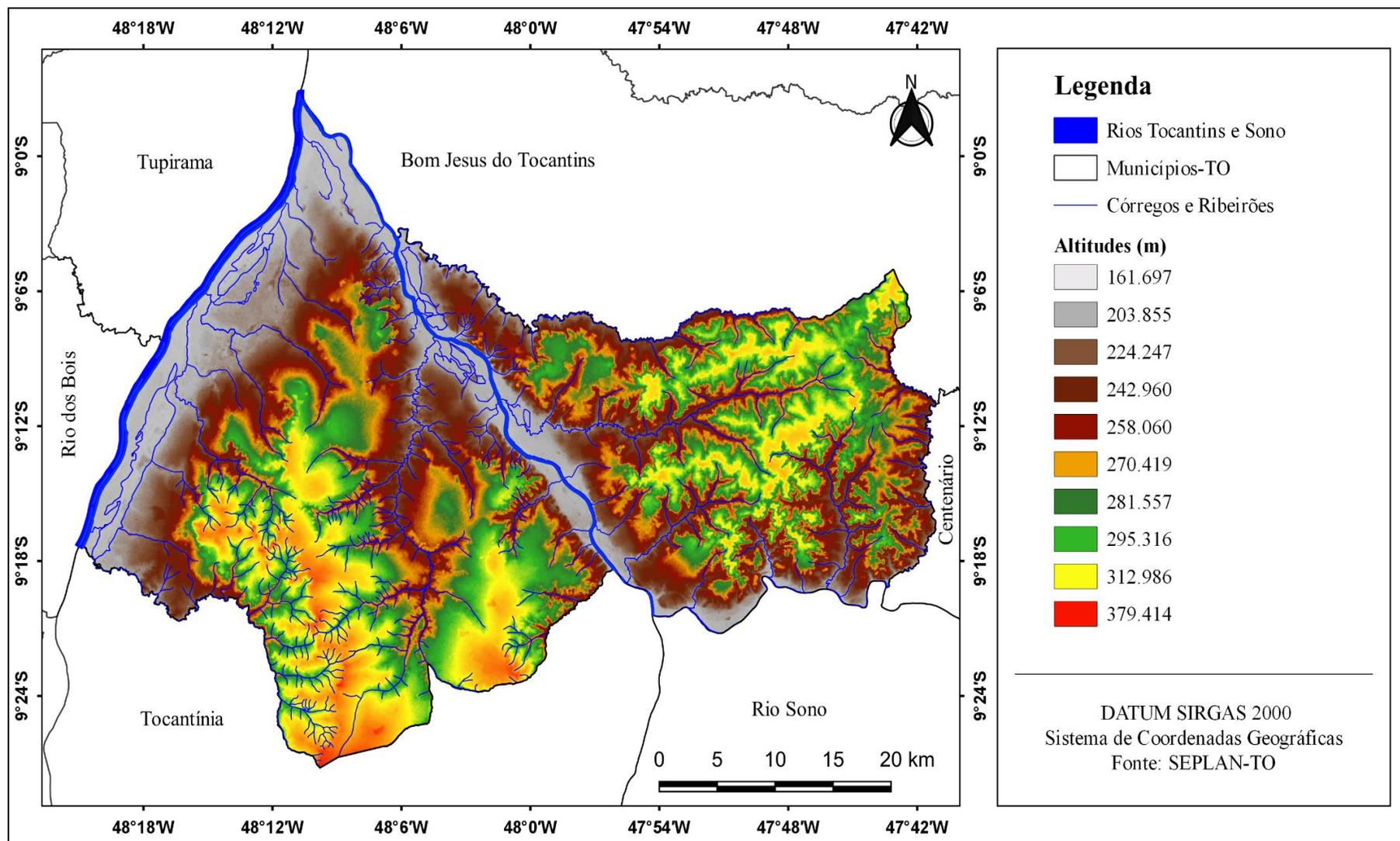
3.2.7 Declividade

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, é a diferença de altura entre dois pontos. Os valores de declividade podem variar de 0 a 90°, e podem também ser expressos em porcentagem (INPE, 2012).

O conhecimento da declividade, facilita a distinções entre as classes de relevos presentes nos solos de determinada região, o que irá fornecer informações sobre a escolha e o momento ideal para a utilização de máquinas e implementos agrícolas, além de facilitar nas inferências sobre a susceptibilidade dos solos a erosão, possibilitando a tomada de decisão quanto às técnicas que minimizam os processos degradativos dos solos.

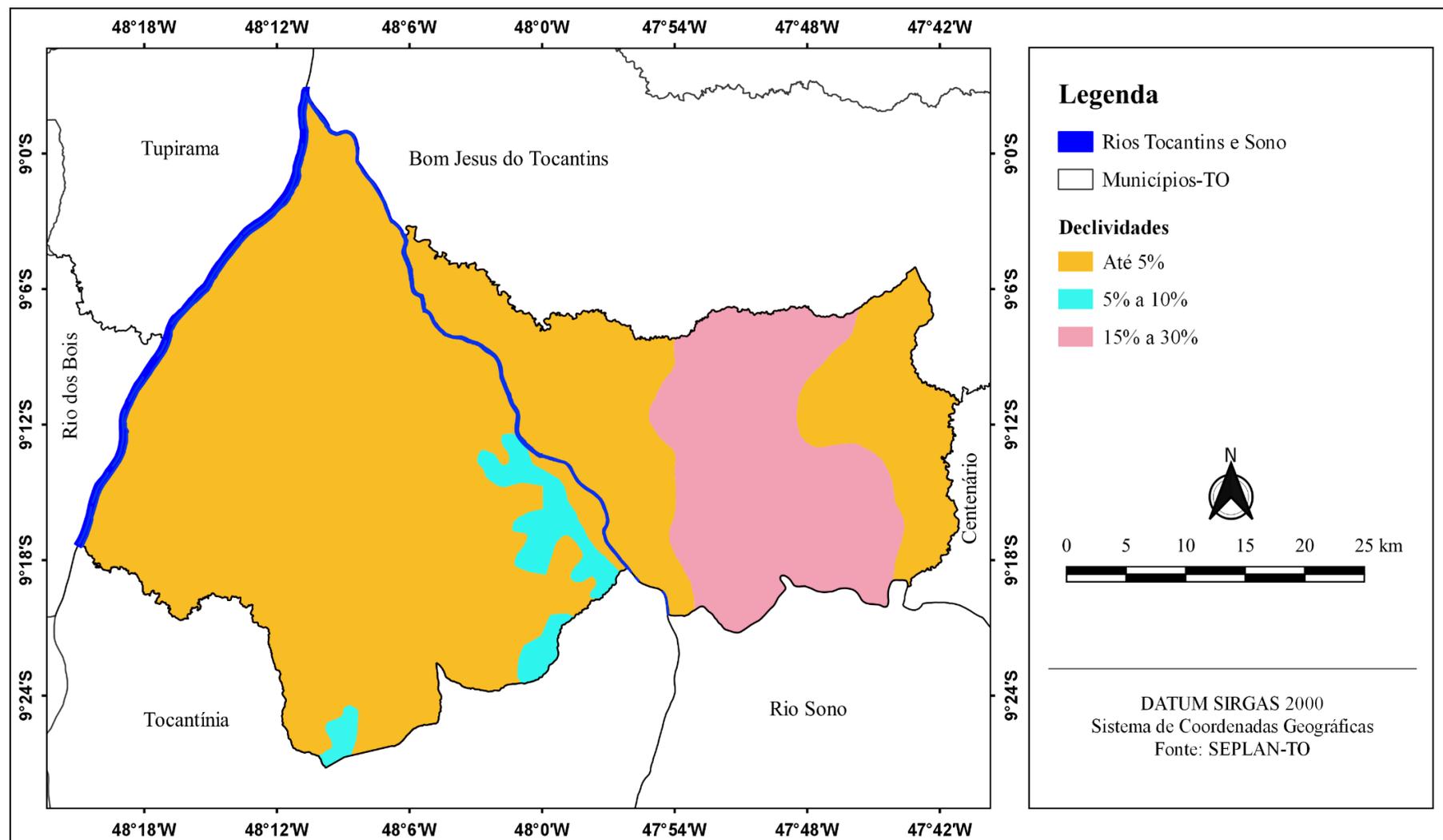
Em Pedro Afonso as classes de declividades (Figura 18) foram definidas de acordo com a metodologia proposta pela SEPLAN (2012), ou seja, as classes $\leq 5\%$, de 5 – 10% e 15 – 30%.

Figura 17: Mapa Hipsométrico do município de Pedro Afonso - TO.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

Figura 18: Mapa de Declividade do município de Pedro Afonso.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

Conforme a SEPLAN (2012) em Pedro Afonso, as declividades predominantes são três, a primeira, com declividades iguais ou inferiores a 5% que predominam áreas com declives suaves, nos quais, na maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento ou médio. O declive, por si só, não impede ou dificulta o trabalho de qualquer tipo de máquina agrícola. A erosão hídrica não oferece maiores problemas. Em alguns tipos de solos, práticas mais simples de conservação são recomendáveis. Para aqueles muito erodíveis com comprimentos de rampa muito longo, práticas de manejo são necessárias, tais como sistemas de terraços e faixas de retenção e até mesmo o plantio direto, caso seja utilizado como área agrícola.

A segunda apresenta declividades maiores que 5% e iguais ou inferiores a 10% com predominância de áreas com superfícies inclinadas, nos quais o escoamento superficial para a maior parte dos solos é médio ou rápido. Representando maior atenção quanto a utilização dos solos, principalmente com atividades que usam sistemas de preparo de solos convencionais, pelo uso intenso de máquinas e implementos agrícolas e a exposição do solo às intempéries climáticas.

E a terceira apresenta declividades maiores que 15% e iguais ou inferiores a 30%, com predominância de áreas inclinadas a fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é rápido a muito rápido na maior parte dos solos. Podem ser trabalhados mecanicamente apenas em curvas de nível ou com limitações e cuidados especiais por tratores de esteira. Em terras nesta situação, não é recomendada a prática de agricultura intensiva. São mais indicadas para pastagem natural e/ou silvicultura.

Dependendo da declividade, impossibilita o uso de máquinas agrícolas e em alguns casos, favorece a erosão hídrica, problemas que a depender da dimensão não podem ser controlados com práticas simples. A tabela 2 demonstra com maior clareza o percentual de área ocupada por cada declividade.

Tabela 2: Declividades no município de Pedro Afonso – TO.

Classes	Área (km²)	Área (%)
≤ 5%	1576,59	78,40
5% a 10%	70,10	3,49
15% a 30%	364,20	18,11
Total	2.010,902	100

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

De acordo com a tabela 2, a declividade predominantemente em Pedro Afonso é a igual ou inferior a 5%, áreas com declividade suaves, representando 78,40% de toda área do

município, seguida pela declividade de 5% a 10% com 18,11% da área total do município e a declividade de 15% a 30% a de menor proporção e a que requer maior atenção no quesito conservação.

Estes valores, mostram que em grande parte do município estão as áreas de baixa declividade o que favoreceu o uso de maquinários agrícolas para o desenvolvimento da atividade agrícola e conseqüentemente sua expansão.

3.2.8 Pedologia

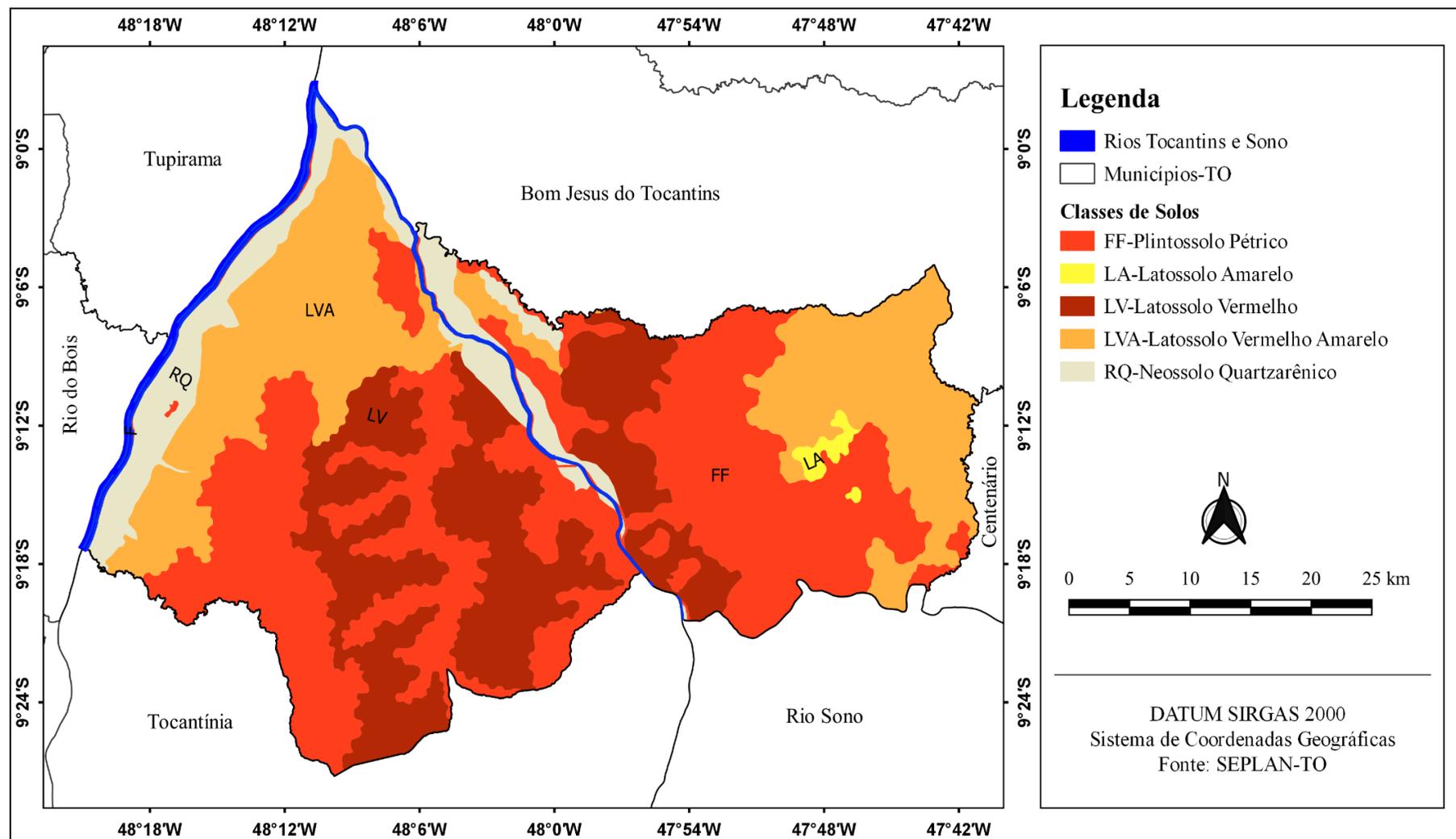
O solo desempenha um papel importante nas atividades humanas, certo que o mesmo é a base de sustentação de grande parte de suas atividades.

A agricultura tem como um dos fatores de dependência essencial, nos solos, e o sucesso desta atividade dependerá da utilização adequada destes componentes.

A preocupação do ser humano em conhecer os solos data desde a antiguidade e a partir do momento em que passou a desenvolver a agricultura, logo foi procurado pelas regiões de terras mais férteis para o seu cultivo. Todavia a circulação, acumulação de capital e consumismo, seguido pela pressão populacional urbana e rural, tem deixado em segundo plano a preocupação com este recurso do meio, essencial à sobrevivência humana.

Para a caracterização pedológica dos solos existentes em Pedro Afonso (Figura 19), utilizou-se dados da SEPLAN (2012) que define as classes de solos presentes no município e a EMBRAPA, (2018) como suporte para a classificação dos mesmos. Portanto, em Pedro Afonso encontram-se as seguintes classes: Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos, Plintossolos Pétricos e Neossolos Quartzarênicos

Figura 19: Mapa de Caracterização Pedológica do município de Pedro Afonso - TO.



Fonte: Adaptada pelo autor (2021).

3.2.8.1 Latossolos (L)

São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos como resultado de energéticas transformações no material constitutivo. Têm capacidade de troca de cátions baixa, evolução muito avançada com atuação expressiva de processo de laterização (ferralitização), resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização (SOUSA; LOBATO, 2005).

São normalmente muito profundos, têm sequência de horizontes A, B e C com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições usualmente difusas ou graduais. Em distinção às cores mais escuras do A, o horizonte B tem cores mais vivas, variando desde amarelas ou mesmo bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas (SOUSA; LOBATO, 2005).

São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem, todavia, solos com saturação por bases médias e até mesmo altas. Esses últimos são encontrados geralmente em zonas (semiáridas ou não) que apresentam estação seca pronunciada, ou ainda que apresentam influência de rochas básicas ou calcárias (SOUSA; LOBATO, 2005).

No Cerrado, os Latossolos ocupam praticamente todas as áreas planas a suave-onduladas, sejam chapadas ou vales. Ocupam ainda as posições de topo até o terço médio das encostas suave-onduladas, típicas das áreas de derrames basálticos e de influência dos arenitos. São originados a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos sob condições de clima e tipos de vegetação os mais diversos. Para esta região temos os Latossolos Amarelos - LA, Latossolos Vermelhos - LV e Latossolos Vermelho-Amarelos - LVA (figura 19).

Os Latossolos apresentam tendência a formar crostas superficiais, possivelmente, devido à flocculação das argilas que passam a comportar-se funcionalmente como silte e areia fina. A fração silte desempenha papel importante no encrostamento, o que pode ser evitado, mantendo-se o terreno com cobertura vegetal a maior parte do tempo, em especial, em áreas com pastagens. Essas pastagens, quando manejadas de maneira inadequada, como: uso de fogo, pisoteio excessivo de animais, deixam o solo exposto e sujeito ao ressecamento. Em geral, são solos com grandes problemas de fertilidade (SOUSA; LOBATO, 2005).

Os Latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos,

bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo. Apesar do alto potencial para agropecuária, parte de sua área deve ser mantida com reserva para proteção da biodiversidade desses ambientes (SOUSA; LOBATO, 2005).

Um fator limitante é a baixa fertilidade desses solos. Contudo, com aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, aliadas à época propícias de plantio de cultivares adaptadas, obtêm-se boas produções. Os Latossolos de textura média, com teores elevados de areia, assemelham-se às Areias Quartzosas, sendo muito suscetíveis à erosão, requerendo tratos conservacionistas e manejo cuidadoso. A grande percolação de água no perfil desses solos, provoca lixiviação de nutrientes. Essa é uma das razões por que os sistemas irrigados devem ser dimensionados, levando-se em conta a textura do solo. Dessa forma, evitam-se problemas de perda de solo e conseqüentemente de nutrientes. No caso de plantios de sequeiro, a baixa capacidade de armazenamento de água dos Latossolos de textura média pode provocar grandes prejuízos no rendimento das culturas, haja vista, a ocorrência de veranicos e o período seco pronunciado, característicos do Cerrado. Sistemas que preconizam a cobertura dos solos e que melhorem os teores de matéria orgânica e o conseqüente aumento da retenção de umidade do solo devem ser adotados.

Nos Latossolos argilosos, o cuidado com a erosão é de suma importância. Depois do preparo para o plantio, o risco de erosão é muito grande, pois a chuva encontra o solo totalmente desprotegido. Além disso, nos Latossolos de textura argilosa a muito argilosa, quando intensamente mecanizados, a estrutura é destruída, levando à redução da porosidade do solo e conseqüente formação de uma camada compactada (20 a 30 cm), o pé de grade ou pé de arado, dificultando o enraizamento das plantas e a infiltração da água da chuva, recebe doses excessivas de calcário, o que pode provocar dispersão da argila que por sua vez irá obstruir os poros do solo (SOUSA; LOBATO, 2005).

Acrescenta-se ainda, que a compactação abaixo da região de preparo (o pé de grade ou pé de arado), também favorece a erosão hídrica, principalmente em áreas de plantios que adotam o sistema de preparo convencional. O solo ao saturar, por não infiltrar ocorre a erosão, muito comum em áreas de plantio que as culturas estão em fase de desenvolvimento inicial pelo fato de não ter o sistema radicular formado totalmente e estar desprovido de cobertura vegetal.

Os Latossolos Amarelos, além da baixa fertilidade e da alta saturação por alumínio, apresentam problemas físicos com limitações quanto à permeabilidade restrita (elevada coesão dos agregados, pois o solo é extremamente duro quando seco) e lenta a infiltração de água. Os de textura mais argilosa têm certa tendência ao selamento superficial, condicionado pela ação

das chuvas. Aqueles utilizados para lavouras ou pastagens, apresentam alta erodibilidade à proporção que permanecem descoberto

Diante das características destes solos é necessário observar o teor de argila do Latossolos; se estiver próximo do limite de 15%, cuidados especiais devem ser tomados com manejos muito intensos, principalmente, em sistemas irrigados; manter o solo coberto a maior parte do tempo possível, especialmente, no início das chuvas e adotar, sempre que possível, manejos conservacionistas como cultivo mínimo e plantio direto (SOUSA; LOBATO, 2005).

3.2.8.2 Neossolos (R)

Grupamento de solos pouco evoluídos, sem horizonte B diagnóstico definido. Solo em vias de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos, seja por características inerentes ao material originário, constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem (como maior resistência ao intemperismo), seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos.

Um exemplo desta classe de solo em Pedro Afonso é o Neossolos Quartzarênicos (NQ). Em geral, são solos originados de depósitos arenosos, apresentando textura, areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 m de profundidade. Esses solos são constituídos essencialmente de grão de quartzo, sendo, por conseguinte, praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo.

No Cerrado, as Areias Quartzosas estão relacionadas a depósitos arenosos de cobertura, normalmente em relevo plano ou suave-ondulado. Em relevo mais movimentado, esses solos não permanecem estáveis (SOUSA; LOBATO, 2005).

As Areias Quartzosas são consideradas solos de baixa aptidão agrícola. O uso contínuo de culturas anuais pode levá-las rapidamente à degradação. Práticas de manejo que mantenham ou aumentem os teores de matéria orgânica podem reduzir esse problema.

Culturas perenes, plantadas em áreas de Areia Quartzosas, requerem manejo adequado e cuidados intensivos no controle da erosão e da irrigação, esta última, visando à economia de água. Caso contrário, há o depauperamento da lavoura, acarretando baixas produtividades. As áreas de Areias Quartzosas que ocorrem junto aos mananciais devem ser obrigatoriamente isoladas e mantidas para a preservação dos recursos hídricos, da flora e da fauna. O

reflorestamento de áreas degradadas, sem finalidade comercial, é uma opção recomendável onde a regeneração da vegetação natural é lenta, entretanto, o reflorestamento comercial é uma alternativa para as áreas mais afastadas dos mananciais e da rede de drenagem (SOUSA; LOBATO, 2005).

Por serem muito arenosos, com baixa capacidade de agregação de partículas, condicionada pelos baixos teores de argila e de matéria orgânica, esses solos são muito suscetíveis à erosão.

Quando ocupam as cabeceiras de drenagem, em geral, dão origem a grandes voçorocas. Tendo em vista a grande quantidade de areia, nesses solos, sobretudo naqueles em que a areia grossa predomina sobre a fina, há séria limitação quanto à capacidade de armazenamento de água disponível.

Apesar da adsorção de P ser pequena nesses solos, existem problemas sérios quanto à lixiviação de nitrogênio e à decomposição rápida da matéria orgânica. A lixiviação de nitratos e de sulfatos é intensa por causa da grande macroporosidade e da permeabilidade dos solos de textura arenosa.

As areias Quartzosas, em relevo a partir de suave-ondulado (entre 3 e 8%), são muito suscetíveis à erosão. Os investimentos na melhoria e na manutenção das condições de produção podem ultrapassar os rendimentos obtidos. Deve-se, portanto, avaliar a viabilidade econômica do uso desses solos.

Culturas perenes são opções mais recomendáveis do que as anuais. (SOUSA; LOBATO, 2005). Desde que mantenha as entrelinhas de plantio com cobertura vegetal, plantas que tenham o sistema radicular profundo e fasciculado, é o caso de algumas gramíneas e leguminosas.

3.2.8.3 Plintossolos (FF)

Compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, e se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita. Segregação localizada de ferro, atuante como agente de cimentação, com capacidade de consolidação acentuada.

Predominantemente são solos fortemente ácidos, podem apresentar saturação por bases baixas (distróficos) ou alta (eutróficos), e atividade da fração argila baixa. Parte dos solos desta classe têm ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suave ondulado e menos frequentemente ondulado, em zonas geomórficas de depressão.

Ocorre também em terços inferiores de encostas ou áreas de surgentes sob condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água.

Conforme Moreira e Oliveira (2008),

Os Plintossolos Pétricos Concrecionários são comuns nas Regiões Central e Norte do Brasil, sendo usualmente pobres quanto à fertilidade natural e, devido ao impedimento, à mecanização e à penetração de raízes, representada pelas concreções, são normalmente utilizados com pastagens. Comumente, encontram-se solos concrecionários exibindo fertilidade natural elevada quando ocupam encostas com maior declividade e, muitas vezes, relacionadas com bordas de antigas superfícies de erosão ou superfície de aplanamento da região central do Brasil. Com o avanço da fronteira agrícola e a consequente ocupação e incorporação das terras aos processos produtivos, áreas com solos férteis ocupadas por manchas de florestas são rapidamente envolvidas pela ação humana e, normalmente, transformadas em pastagens devido ao impedimento à mecanização representado pelas concreções (MOREIRA; OLIVEIRA, 2008).

A concentração dos materiais ferruginosos pode condicionar a aptidão agrícola do solo devido à formação de camadas semipermeáveis que dificultam a penetração de raízes, movimentação vertical de água no perfil e, em alguns casos, impedimentos à mecanização. Em algumas condições, a incorporação de Plintossolos ao sistema produtivo agrícola tende a acelerar o endurecimento da plintita, transformando-a em petroplintita, devido à construção de redes de drenagem na área, desse modo, causa-se notáveis alterações nos atributos físicos dos solos, especialmente aqueles referentes à dinâmica da água.

Apresentam potencial agrícola, relacionado principalmente em relevo plano ou suave ondulado, sendo muito utilizado com o cultivo de arroz irrigado. Os concrecionários podem ser utilizados para produção de material para construção da base de estradas. As principais limitações desta classe de solo para o uso agrícola está relacionada à baixa fertilidade natural, acidez elevada e drenagem.

Além de cuidados com a drenagem, o manejo adequado dos Plintossolos implica na adoção de correção da acidez e dos teores nocivos de alumínio à maioria das plantas e de adubação de acordo com a necessidade da cultura (ZARONI; SANTOS, 2006).

As classes de solos predominantes no município de Pedro Afonso, delimitadas e quantificadas de acordo com a SEPLAN (2012) podem ser observadas na tabela 3.

Tabela 3: Solos em Pedro Afonso –TO.

Classes de Solos	Símbolo	Área (km²)	Área (%)
Plintossolo	FF	879,2900	43,73
Latossolos Vermelho Amarelo	LVA	465,0900	23,13
Latossolo Vermelho	LV	453,5689	22,56
Neossolo Quartzarênico	RQ	198,9876	9,90
Latossolo Amarelo	LA	13,9655	0,69
Total	-	2.010,902	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

De acordo com a tabela 3, observam-se os resultados referente às classes de solos em Pedro Afonso. Os Plintossolos (FF) representam 43,73% da área territorial do município de Pedro Afonso, distribuídos de forma heterogênea, presente na região Central para Leste, alternando com o Latossolo vermelho.

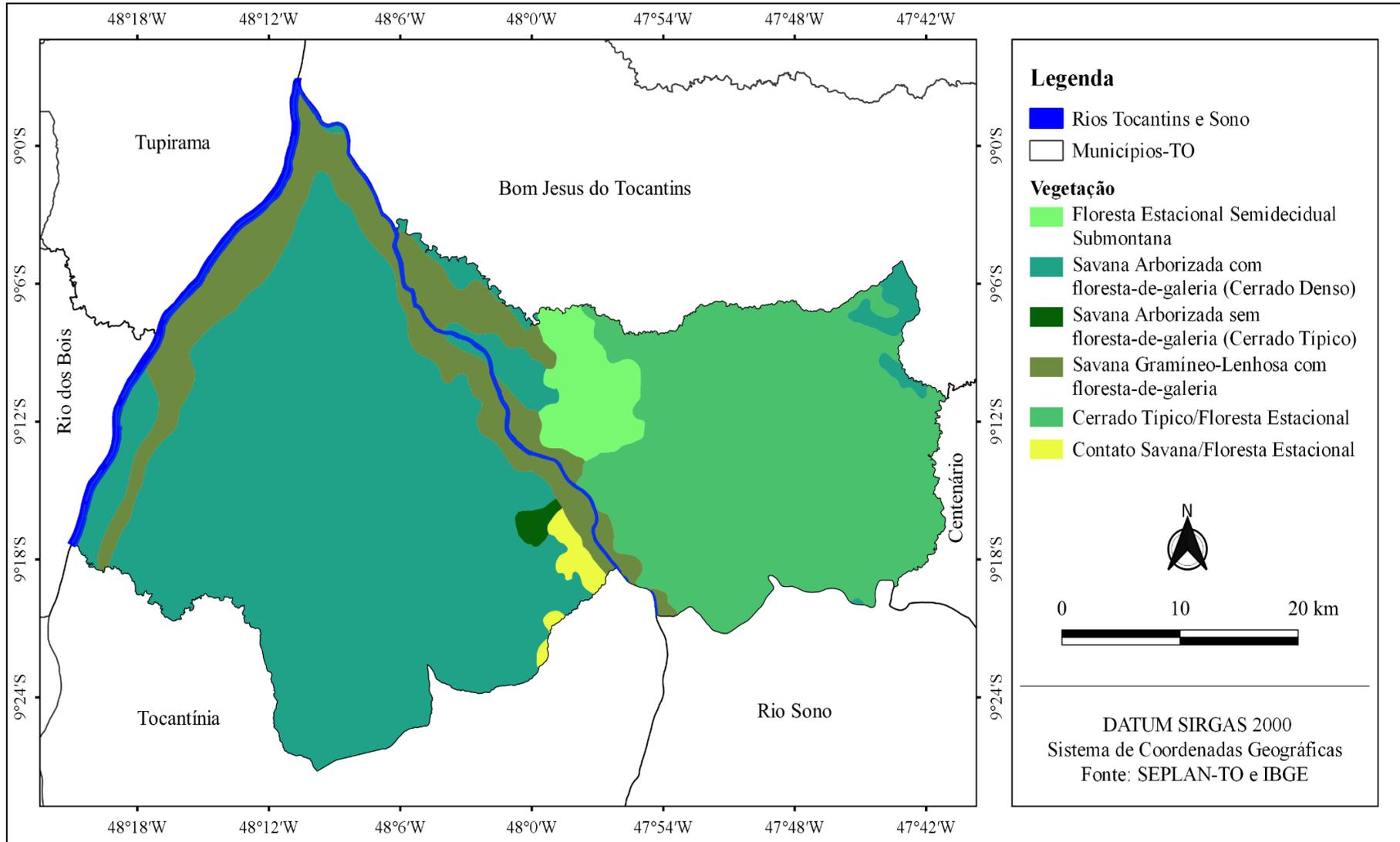
Os Latossolos representam 46,38% da área total do município, divididos em três classes, em que Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), ocupa 23,12%, o Latossolo Vermelho (LV), 22,56% e o Latossolo Amarelo (LA) 0,69%.

Os Neossolos Quartzarênico (RQ), é fortemente representado nas áreas onde se localizam o percurso dos rios Tocantins e Sono, ocupando 9,90% da área total do município. Reforçando a necessidade de manter as matas ciliares e de galeria, a fim de minimizar o assoreamento dos rios.

3.2.9 Vegetação

O município de Pedro Afonso, de acordo com o IBGE (s/data), (figura 20), possui as seguintes tipologias vegetais que são descritas abaixo: Floresta Estacional Semidecidual Submontana; Savana Arborizada com floresta-de-galeria (Cerrado Denso); Savana Arborizada sem floresta-de-galeria (Cerrado típico); Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria (Campo Limpo); Savana Arborizada sem floresta de galeria em Contato Savana/Floresta Estacional e Contato Savana/Floresta Estacional.).

Figura 20: Mapa de caracterização da vegetação do município de Pedro Afonso.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

3.2.9.1 Floresta Estacional Semidecidual Submontana

O conceito ecológico deste tipo de vegetação está condicionado à dupla estacionalidade climática. É constituída por fanerógamos com gemas foliares protegidas da seca por escamas, tem folhas esclerófilas decíduais e a perda de folhas do conjunto florestal (não das espécies), situa-se entre 20 e 50%. As faciações deste tipo florestal são: Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana.

Ocupam predominantemente os interflúvios situados em faixas ou locais entre 100 e 600 m de altitude. Apresenta-se distribuída nas bacias dos rios Santo Antônio e Santa Teresa, próximos à cidade de Gurupi, na parte sudeste do Tocantins, em terrenos dissecados (nos talwegues e parte das encostas) nas bacias dos rios das Balsas, Manuel Alves da Natividade, Palma e Tocantins. A ocorrência desta floresta é importante em interflúvios, e muito significativa pela presença da *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira), cuja o elemento que mais caracteriza as florestas depauperadas é a palmeira *Orbignya phalerata* (Babaçu). Entre as espécies mais conhecidas que a compõe são: *Cedrella fissilis* (Cedro), *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira), *Copaifera langsdorffii* (Pau-de-óleo, Copaíba), *Apuleia leiocarpa* (Garapa), *Tabebuia serratifolia* (Ipê-amarelo, Pau-d'arco), *Tabebuia impetiginosa* (Ipê-roxo), *Anandeanthera colubrina* (Angico).

3.2.9.2 Savana Arborizada com Floresta-de-Galeria

Caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte. Na época chuvosa, os estratos subarbustivo e herbáceo tornam-se exuberantes, devido ao seu rápido crescimento.

Outra característica é o subtipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50% a 70% e altura média de cinco a oito metros. Representa a forma mais densa e alta de Cerrado sentido restrito. Os estratos arbustivo e herbáceo são mais ralos, provavelmente devido ao sombreamento resultante da maior densidade de árvores.

Este subtipo fitofisionômico também é caracterizado pelo estrato herbáceo raleado e pelo acúmulo de serrapilheira no solo, em função da intensa cobertura arbórea predominada por *Callisthene mollissima* (Jacarandazinho ou Pau de rato).

3.2.9.3 Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria

O Cerrado Típico é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea de 20 % a 50 % e altura média de 3 a 6 m. Trata-se de uma forma comum e intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado Ralo.

É um subtipo de Savana Arborizada que, em geral, ocupa as partes de terra com relevo mais ondulado, ou áreas planas. São caracterizados por um denso estrato rasteiro, composto por gramíneas e arbustos, e a presença de árvores espaçadas ou agrupadas em moitas.

3.2.9.4 Savana Gramíneo Lenhosa com Floresta de Galeria

É uma formação campestre com fisionomia de gramados, entremeada por plantas raquíticas e sem cobertura arbórea, a não ser nas faixas de mata de galeria, presentes nos vales. Sua vegetação é dominada por hemicriptófitos que, aos poucos, quando manejados por meio de queimadas ou pastoreio, vão sendo substituídos por geófitos que se distinguem por apresentar colmos subterrâneos, mais resistentes ao pisoteio do gado e ao fogo.

Savana Arborizada sem Floresta de Galeria em Contato Savana/Floresta Estacional. É uma formação campestre com fisionomia de gramados, entremeada por plantas raquíticas e sem cobertura arbórea em transição para uma formação vegetal constituída por árvores de médio e grande porte, não muito espaçadas e que estão adaptadas às transformações características de cada estação climática.

3.2.9.5 Contato Savana/Floresta Estacional

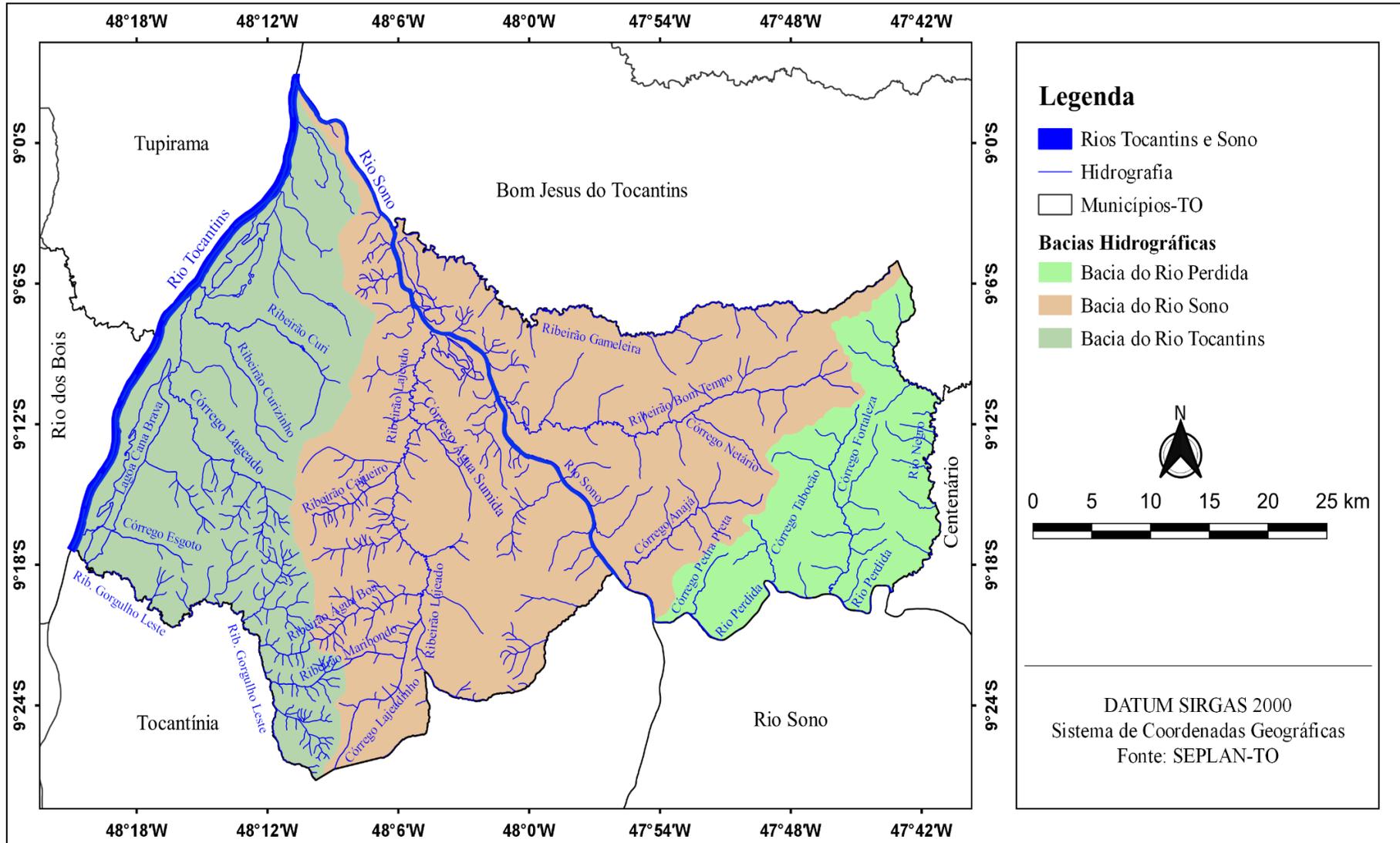
É o local de transição entre o cerrado e a floresta, esta transição pode ser abrupta ou gradual possuindo diferentes características nos limites (borda externa) e nos ecótonos (interface interna).

3.2.10 Hidrografia

O município de Pedro Afonso, possui hidrografia abundante (Figura 21). Tendo como principais bacias hidrográficas as dos rios Tocantins, Sono e Perdida. O Rio Tocantins banha

toda a porção Oeste do município e constitui a maior fonte natural de recursos hídricos. Em seguida o rio Sono corta o município ao meio, até desaguar no rio Tocantins. E o rio Perdida banha toda a parte leste do município. Além destes rios, destacam-se também distribuídos no território do município, os Ribeirões, Gameleira, Bom Tempo, Gorgulho Leste, Curi, Curizinho, Água Boa, Cajueiro e Maribondo, dentre os Córregos destacam-se os Córregos, Água Sumida, Esgoto, Lajeado, Anajá, Tabocão, Fortaleza, Netário e Pedra Preta (SEPLAN, 2012).

Figura 21: Mapa Hidrográfico de Pedro Afonso - TO.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

Em Pedro Afonso a presença de agricultura irrigada é uma realidade, e um dos métodos utilizados é o sistema de irrigação por pivô central, que tem capacidade de irrigar grandes áreas em pouco espaço de tempo pela capacidade de retirada de grandes volumes de água. Devido às grandes áreas agrícolas necessitarem de irrigação no período seco, período em que grande parte dos rios e córregos estão com baixa vazão, tem contribuído para a sobrecarga dos mananciais locais, ficando perceptível o baixo volume de água nos mesmos. Com disponibilidade hídrica em abundância, terras férteis e baratas, acompanhadas de um relevo de boa declividade, foi o atrativo para a implantação de atividades agrícolas neste município

O Rio Sono tem uma importância fundamental para o município de Pedro Afonso. Segundo os moradores, desde a fundação do município, a água deste rio é utilizada principalmente para beber, cozinhar e lavar os utensílios domésticos, pela sua limpidez e temperatura agradável, enquanto que a água do rio Tocantins era utilizada para os demais afazeres.

O fornecimento de água era feito através dos chamados “aguadeiros”, que buscavam água nos rios utilizando latas de querosene de 18 litros ou barris de madeira, atados ao lombo de jegues, sendo posteriormente vendida para os moradores.

Em 13 de maio de 1968, houve um ato solene de aposentadoria dos jegues e o abastecimento das casas passou a ser através de água encanada, que tem sua fonte de captação exatamente no rio Sono (Portal CNN, 2021).

3.3 Aspectos Históricos do Município de Pedro Afonso

O processo de fundação do município de Pedro Afonso passou por longo processo histórico. Segundo Lima (2001) Caetano Tavares da Silva (bisavô paterno de Messias Tavares) vindo do Maranhão, desbravando o sertão do norte goiano, atrás de novas fronteiras, encontrou com os índios Xerentes na barra do Rio do Sono e buscou na antiga capital do estado, a cidade de Goiás, o Frei Rafael de Taggia para catequizar aqueles indígenas (gentios).

Em 26 de julho de 1847, aportou à grande aldeia dos Xerentes o Rev. Frei Rafael de Taggia, missionário da ordem de São Francisco, encarregado pelo Governo Provincial, acompanhado de uns 10 praças a pé.

Miranda (1973, p. 19), descreve:

Acrescento aqui, para melhor esclarecimento, uma anotação por mim colhida e que faz parte do meu velho arquivo, transcrito de uma parede da casa residencial de

Olímpio Antônio dos Santos, um dos primitivos moradores. Continua escrito. Olímpio Antônio dos Santos, chegada de Frei Rafael de Taggia, 26-07-1847.

Após sua chegada, Frei Rafael de Taggia mandou construir diversas barracas para si e seus soldados e separadamente uma capela. Em seguida, chamou toda tribo e aldeou no lugar chamado São João, 24 km do seu arraial improvisado. Os Xerentes foram catequizados, em longo trabalho feito às margens da Lagoa da Cruz, hoje centro de Pedro Afonso. A região de Pedro Afonso era habitada por índios Xerentes, Guajajaras e Caraós (MIRANDA 1973, p. 19).

Conforme Silva (2010) como a maioria dos aldeamentos, Pedro Afonso perdeu logo suas características indígenas, se transformando em um povoado sertanejo.

Segundo Miranda (1973) pela resolução nº 04, de janeiro de 1848, Frei Rafael obteve do Governador da Província a criação do arraial, trazendo-o ao convívio social.

Conforme Miranda (1973) o desenvolvimento da agricultura no município se deu pela transformação das matas da região do Rio Tocantins em grandes lavouras através da família de Caetano Tavares da Silva, conhecida como a grande família protegida do Frei Rafael.

Miranda (1973) reforça que nessa época, houve um aumento considerável da população, que se juntaram a mais 500 índios, vindos de Riachão, estado do Maranhão, obedientes à direção de Frei Rafael. Frei Rafael de Taggia descera os Krahôs da região de Carolina no Maranhão para não mais “incomodar” os fazendeiros daquela localidade e, ao mesmo tempo, fazerem uma barreira ao avanço da etnia Akwen (xerente).

Frei Rafael de Taggia era italiano da província de Gênova, nasceu em Taggia aos 23 de fevereiro de 1812. Ingressou na ordem capuchinha em 1828. Saiu de Roma em 1845 para o Rio de Janeiro. Em novembro do mesmo ano partiu para Goiás. Em julho de 1847 chegou em Pedro Afonso com objetivo de catequizar os indígenas e morreu em 5 de outubro de 1892 e foi sepultado na igreja que fundou (figura 22). Atualmente, igreja matriz do município.

Em 05 de agosto de 1849 em virtude da lei provincial, o arraial recebeu o nome de Pedro Afonso.

O nome Pedro Afonso originou-se de uma homenagem do frei Rafael Taggia, fundador da cidade, ao príncipe D. Pedro Afonso de Orleans e Bragança⁷.

⁷ Pedro Afonso de Orleans e Bragança, como é conhecido, tem o nome completo de Pedro Afonso Cristiano Leopoldo Eugênio Fernando Vicente Miguel Gabriel Rafael Gonzaga. Foi o Príncipe Imperial e herdeiro ao trono do Império do Brasil, nascido em 19 de julho de 1848, no Rio de Janeiro, foi o quarto e último filho do Imperador Dom Pedro II do Brasil e da princesa Teresa Cristina das Duas Sicília, e, portanto, membro do ramo brasileiro da Sereníssima Casa de Bragança. Dom Pedro Afonso, foi visto como vital para a viabilidade futura da monarquia, que havia sido posta em perigo pela morte de seu irmão mais velho, Dom Afonso Pedro, ocorrida um ano antes do seu nascimento. Porém a morte prematura de Dom Pedro Afonso, em 10 de janeiro de 1850, com pouco mais de um ano de idade em consequência de uma febre, arrasou o imperador, e o casal imperial não teve mais filhos.

Figura 22: Placa de indicação do túmulo onde foi sepultado o Frei Rafael de Taggia



Fonte: Igreja matriz, Pedro Afonso-TO. Um dos poucos sinais da antiga Travessa dos Gentios, na Igreja de São Pedro, Pedro Afonso-TO.

Em 02 de agosto de 1875 pela lei provincial 546, passou para o Distrito de Paz, sendo nomeado seu primeiro Juiz, o Sr. Leôncio Symphrides de Miranda.

Pela Lei nº 801, de 1º de dezembro de 1887, foi restabelecida a categoria de vila, cuja instalação se deu em 14 de julho de 1888. Pela Lei nº 179, de 25 de julho de 1898, Pedro Afonso transformou-se em município. Conforme Miranda (1973), por este ato o seu território foi desmembrado do município de Porto Nacional.

Em 1937, por ato do Sr. Pedro Ludovico Teixeira, governador do estado de Goiás, Pedro Afonso foi levado à categoria de cidade e consequentemente à sede de comarca, pelo Decreto nº 118, de 15 de junho do referido ano.

Mesmo com os sucessos políticos do imperador, a falta de um herdeiro do sexo masculino levou-o a perder a motivação para promover o gabinete imperial como posição a ser exercida por seus descendentes. Dom Pedro II afastou-se dos laços familiares e pessoais, focando em políticas que promoveram a modernização e o avanço social e, em 15 de novembro de 1889, foi deposto por um golpe de estado que proclamou a República no Brasil.

Fonte: Acervo do Museu Histórico Frei Rafael de Taggia (2021).

Conforme Ferreira (1958) a febre da borracha do Araguaia, em 1910, foi um dos maiores fatores do progresso de Pedro Afonso. Bahia nessa ocasião, fazia seu intercâmbio comercial com o baixo Araguaia, servindo-se do rio Sono para escoar as suas mercadorias, estas, aqui desembarcadas, eram muitas vezes vendidas aos comerciantes locais.

Maranhão (1990, p. 19) relata que:

O século XX despertou a parte central do Brasil, para sentir as maravilhas da civilização contemporânea na sua benéfica penetração pelo interior da pátria. A descoberta do caucho nas margens do Rio Tocantins, Araguaia e Xingu, fez surgir os povoados, Marabá, Conceição e Altamira (Caucho é uma árvore nativa da floresta amazônica da qual se extrai o látex, utilizado para se fabricar borracha de qualidade inferior ao látex da seringueira). Pedro Afonso, pequeno núcleo de pessoas simples, situado na confluência do Rio do Sono e Tocantins, procurou também aparelhar-se para experimentar a evolução do século. O município não possuía caucho, mas se encontrava em larga escala a mangabeira, que também fornecia o precioso látex para as inúmeras confecções de borracha, e a notícia dessa importante riqueza vegetal espalhou-se pelos municípios vizinhos, atraindo muita gente para sua exploração e desbravamento dos sertões quase desabitados. Para lá meu pai também foi com a família e sua casa comercial. Encontramos em Pedro Afonso, o começo de uma cidade.

Estabeleceu-se, assim, uma rota comercial entre Barreiras e o Baixo-Araguaia, através de tropas de burros. Ora, Pedro Afonso, situada justamente na confluência do rio do Sono com o Tocantins, passou a ser o lugar de parada obrigatória. Por outro lado, organizaram-se, nas áreas próximas àquele núcleo urbano, charqueadas, que tinha por finalidade, também, o abastecimento da área extrativista. Foi fácil, assim, a Pedro Afonso o controle das transações comerciais que se realizavam, dela partia vários caminhos de tropas de burros, nas mais diversas direções do interior goiano. Em pouco tempo a cidade transformara-se no mais importante empório comercial do sertão (VALVERDE, 1967, p. 266).

Acrescenta Valverde (1967) que a crise da borracha chegou atingindo profundamente todos aqueles que se dedicavam ao tráfego de mercadorias em direção à bacia do Araguaia. Organizaram-se tropas de salteadores, o alvo foi Pedro Afonso, onde encontraram o apoio da população local, que acusaram os comerciantes de exercerem uma verdadeira tirania na cidade. Saques e conflitos internos causaram, durante vários anos, ocorrendo instabilidade em Pedro Afonso. Com a desvalorização da borracha, perdia a cidade também a sua função de entreposto. A população urbana, não encontrando segurança, migrou para outras áreas. E, assim, Pedro Afonso, decadente, declinou-se, como tantos outros, das margens do Tocantins.

Reforça Ajara *et al.* (1991) que em 1911, a política e a ganância comercial ateiam fogo no seio da pacata cidade e, três anos depois, Pedro Afonso era um montão de ruínas, de que muito bem soube locupletar-se uma onda de bandoleiros chefiados por Abílio Araújo.

Conforme Ajara *et al.* (1991) em 1924, novas cenas de banditismo ensanguentou o solo pedro-afonsino: Cipriano Rodrigues proclamou-se chefe de bacamarte no Norte e como tal comete toda sorte de tropelia, roubo e assassinatos. Morto em 1925, consolidou-se a ordem e a tranquilidade. Os habitantes, despojados de sua terra natal, que puderam escapar-se à fúria inimiga, regressam de novo aos lares carbonizados.

A figura 23 mostra as rotas dos jagunços até Pedro Afonso.

A organização da navegação a motor no Tocantins a partir de 1930, devolveu-lhe, em parte, a função de entreposto comercial, mas seu raio de ação era mais restrito, como todas as demais cidades do Tocantins, sob a órbita de influência da praça comercial de Belém, assim, as charqueadas de Pedro Afonso ganharam nova vida, tendo como principal mercado a capital paraense.

Após a Segunda Guerra Mundial, o aparecimento do comércio de carne abatida para Belém, veio dar nova importância a Pedro Afonso. O município possuía um aeroporto e um matadouro, transformando-o em um dos entrepostos do comércio aéreo da carne, para ela convergir o gado dos municípios próximos, pela crescente valorização da carne.

A abertura da Belém-Brasília trouxe, como uma de suas consequências, a formação de uma nova rota do gado e Pedro Afonso, não tendo acesso à rodovia, atravessa nova crise, talvez mais profunda do que a crise da borracha (VALVERDE, 1967, p. 267).

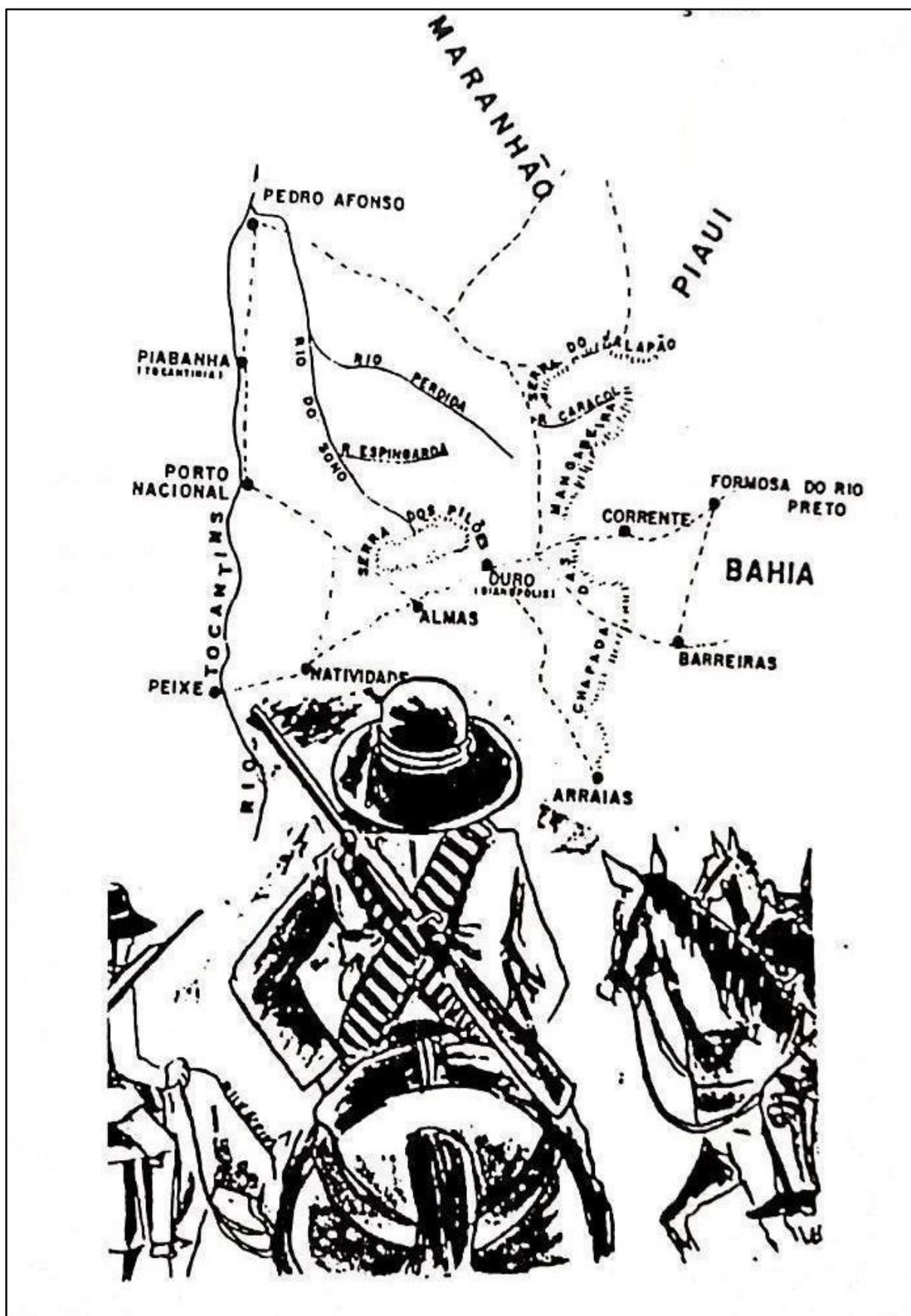
Após as crises em Pedro Afonso, a primeira referente a exploração da borracha e a segunda em função da construção da Belém-Brasília na década de 1960, o município reestruturou sua base econômica através da pecuária extensiva.

Com a criação do estado do Tocantins em 1988, a elite rural, políticos do município e região circunvizinha, conseguiram realizar uma modificação do espaço, através da atividade produtiva em Pedro Afonso, inserindo outra alternativa econômica, a produção de grãos, permanecendo na época as duas atividades, agricultura e pecuária.

A partir de 1990 Pedro Afonso acelera seu processo expansivo como produtor agrícola, a princípio como produtor de arroz de sequeiro e mais tarde com a inserção do cultivo de soja que teve como suporte o PRODECER III e posteriormente a cana-de-açúcar e implantação da usina Sucroalcooleira da BUNGE.

Assim, o município de Pedro Afonso possui sua economia voltada principalmente para as atividades relacionadas à agricultura tecnológica, que tem sido apontada como um importante papel para o desenvolvimento local. É neste viés que se investigou, com a presente pesquisa, as possíveis transformações físicas no município em função desta atividade.

Figura 23: Rota dos Jagunços que aterrorizaram Pedro Afonso.



4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na presente pesquisa foram considerados alguns aspectos que serviram de embasamento conceitual, sendo estes, Agricultura e Meio Ambiente, Transformações Ambientais e Agricultura, Legislação ambiental e Agricultura no Brasil, Sensoriamento Remoto e análise de Transformações Ambientais relacionadas à Agricultura.

4.1 Agricultura e Meio Ambiente

Conforme a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6938/81, entende-se por meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas; Degradação da qualidade ambiental, é a alteração adversa das características do meio ambiente e Poluição, é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades direta ou indiretamente.

Conforme o CONAMA, Resolução 001/1986, define como impacto ambiental,

“(...) considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades que, direta ou indiretamente, afetam:

I – A saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – As atividades sociais e econômicas

III – A biota

IV – As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente

V – A qualidade dos recursos ambientais”

De acordo com Quirino (1998) a agricultura e o meio ambiente são indissociáveis. As relações entre o homem e a natureza devem ser revistas para que possa ocorrer uma relação positiva, visto que, até o momento, em sua maioria, a relação tem sido desarmônica, regidas pela dinâmica imposta pelos homens.

Para a Embrapa (2018) a tendência de aumento da demanda interna e externa atrelada à limitação dos recursos naturais e os crescentes requerimentos legais ambientais, vêm pressionando continuamente os produtores agrícolas para o alcance de melhores índices de rendimento por unidade de área. Ou seja, a competição entre os agentes econômicos do setor agrícola força a intensificação produtiva, fenômeno que já pode ser observado em diversas regiões brasileiras, especialmente naquelas de maior dinâmica econômica. Com a demanda

crescente por alimento, os anseios para suprir as exigências do mercado externo mediante a exportação e a ganância do ser humano frente acumulação de capital, tem-se marginalizado os modelos de agricultura convencionais, através da revolução agrícola que por escolha e imposição adequaram a agricultura moderna somente aos pacotes tecnológicos, tornando à agricultura rudimentar descabidos de competição e incentivos.

Organizações como a *Bill and Melinda Gates Foundation*, o Banco Mundial e a Rockefeller Foundation têm demonstrado, nos últimos anos, o entendimento de que é necessário expandir a produção de alimentos, sem, contudo, gerar mais danos ao meio ambiente, assim reforça a Embrapa (2018). O que torna um desafio para a ciência, e sabe-se que todo empreendimento gera impactos ao ambiente.

Ressalta ainda a Embrapa (2018) que concretizar esse entendimento é condição indispensável para que a necessária expansão produtiva não comprometa as condições ambientais das diferentes regiões e biomas do planeta. Veiga (2012), menciona que ao se comparar o crescimento econômico dos últimos duzentos anos, ao de milênios anteriores, tende-se a pensar que a época pré-industrial foi marcada pela estagnação. Até o início do século XVIII, não houve uma mudança muito grande no padrão de vida do homem médio e dos habitantes dos “centros civilizados da Terra”. Duas razões causaram esse ritmo lento de progresso: a notável ausência de importantes melhoramentos técnicos e a deficiência da acumulação de capital.

Para FEIX *et al.* (2010) quando se pretende elucidar as interfaces entre agricultura e meio ambiente e analisar o comportamento da mesma, percebe-se que a condição brasileira é preocupante. Embora a agricultura moderna esteja atingindo níveis de produção e de produtividade que atendam às exigências do mercado, sua expansão tem gerado impactos ambientais que comprometem a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas.

Para o autor, esse significativo ganho de faturamento reflete, entre outros fatores, no intenso crescimento do consumo de defensivos no Brasil. A intensificação do consumo de agrotóxicos e fertilizantes na agricultura brasileira foi favorecida pela abertura comercial a partir de 1989. Com base nessa situação, enfatiza FEIX *et al.* (2010) que a expansão da agricultura moderna no Brasil vem consolidando a tendência de processos produtivos que contribuem para a degradação ambiental, sendo natural que nos próximos anos se intensifique o conflito de interesses entre os produtores rurais e a sociedade civil, cujas demandas ambientais crescem.

De acordo com a FAO (2017) entende-se como desenvolvimento agrícola sustentável o desenvolvimento desta atividade aplicando o manejo correto garantindo a conservação dos

recursos naturais e a orientação das mudanças tecnológicas de forma a assegurar o alcance e a satisfação contínua das necessidades humanas do presente e das futuras gerações.

Ao contrário da agricultura tradicional, a agricultura moderna está centrada nas técnicas características da Revolução Verde, envolvida em pacotes tecnológicos baseados na mecanização agrícola, uso de sementes melhoradas, fertilizantes industriais e agrotóxicos, amparada por agentes financeiros públicos ou privados, como Banco do Brasil, Banco da Amazônia, SICREDI e Bradesco, que financiam estes pacotes.

DE DEUS (2012) aponta que as práticas de monocultura, ou seja, plantar apenas uma espécie de planta numa grande região contribui com a degradação ambiental. Este cultivo contínuo e prolongado causa mudanças físicas no solo, principalmente sua porosidade. A monocultura estende-se para várias culturas como soja, cana-de-açúcar, milho, pinho, eucalipto, a depender da região. Este exerce um grande custo ambiental para sua implantação em extensas áreas.

Para Gomes (2019) o uso excessivo de agrotóxico na agricultura vem sendo considerado um importante agente de contaminação do solo, da água, do ar e dos trabalhadores. Seu consumo aumentou nos últimos anos, principalmente em função das tecnologias de aplicação e intensificação dos cultivos.

De acordo com *Cornell Law School* (2017) “agricultura sustentável” significa um sistema integrado de práticas de produção vegetal e animal com uma aplicação específica ao local que irá, a longo prazo:(a) satisfazer as necessidades humanas de alimentos e fibras;(b) melhorar a qualidade ambiental e a base de recursos naturais dos quais depende a economia agrícola;(c) fazer o uso mais eficiente dos recursos não renováveis;(d) sustentar a viabilidade econômica das operações agrícolas; e(e) melhorar a qualidade de vida dos agricultores e da sociedade como um todo.

A agricultura sustentável compreende principalmente sistemas integrados de práticas utilizadas na produção de plantas e de animais aplicáveis a determinados ambientes de produção e que, ao longo do tempo, satisfarão as necessidades humanas de fibras e alimentos; melhorarão a qualidade ambiental e a base de recursos naturais da qual a economia agrícola depende; farão o uso mais eficiente dos recursos não renováveis e de recursos nas propriedades, integrando, onde for apropriado, os ciclos e os controles biológicos naturais; sustentarão a viabilidade econômica dos processos agrícolas; e melhorarão a qualidade de vida dos produtores e da sociedade como um todo (CORNELL LAW SCHOOL, 2017).

Conforme Maldaner (2019) o Brasil é o país que mais utiliza agrotóxicos no mundo, com cerca de um bilhão de litros por ano, e que em levantamentos feitos pela USP constataram

que aproximadamente 149 dos 154 pesticidas comercializados no Brasil são proibidos na Europa, e o número de intoxicações provenientes de pesticidas chegou a 14 mil por ano.

Bombardi (2017) reforça que o estado do Tocantins apareceu em primeiro lugar no ranking, na utilização de agrotóxico, na região Norte, em média, 9715 toneladas por ano, distribuído entre 4,27 a 7,55 kg por hectares entre os anos de 2012 a 2014. E que se nota é a liberação de novos agrotóxicos, até mesmo alguns que são proibidos em outros países.

Mesmo havendo um razoável consenso quanto a necessidade de buscar novas formas de relacionamento entre o homem e a natureza, para a prática de uma agricultura sustentável, enormes dificuldades afloram no momento de estabelecer os contornos deste conceito (COELHO, 2017, p.48).

Segundo Paz (2000) a maioria dos países tem conhecimento dos próprios problemas de disponibilidade e uso dos recursos naturais, no entanto, há muitas dificuldades para a aplicação de tecnologias, para resolver, evitar ou estabelecer programas de preservação desses recursos.

Segundo este autor, as taxas de crescimento da produção agrícola mundial, superadas pelas dos incrementos populacionais nos últimos anos, vêm causando certa inquietude com relação à segurança alimentar.

Conforme Christofidis, (1997) citado por Paz (2000) ao lado da oferta de alimentos, estão a degradação dos solos, a baixa resposta positiva da produtividade ao uso de fertilizantes, defensivos e a escassez de água, principais entraves que inviabilizam o aumento da produção agrícola compatível com a população, e caso o desequilíbrio persistir, poderá ocorrer uma situação de perda de controle que repercutirá sobre a estabilidade econômica, com sérias crises sociais de difícil solução.

4.2 Transformações Ambientais e Agricultura

Quirino (1998) aponta três aspectos da agricultura brasileira que se contrapõem à preservação da biodiversidade; a tendência à monocultura, o uso intensivo de agroquímicos e o desaparecimento dos sistemas tradicionais de produção agropecuária.

Para Rosa (2001) o modelo de agricultura implantado em muitas partes do mundo, principalmente após a 2ª guerra mundial, aumentou a produtividade por área e também facilitou a ocupação de novas áreas para cultivo, proporcionando um grande aumento da produção agrícola, em geral. Simultaneamente a sua adoção, na maioria dos lugares, surgiu uma série de problemas agrícolas, ambientais, sociais, sanitários, dentre outros.

Ainda, a degradação de extensas áreas cultivadas aumenta a demanda por novas terras, pois o custo de desmatar para incorporar novas fronteiras agropecuárias é geralmente muito menor em relação à recuperação de áreas degradadas e improdutivas (GOMES, 2019).

Consoante Rosa (2001), este modelo apoia-se principalmente na aplicação intensiva de produtos fitossanitários, sementes geneticamente modificadas, mecanização pesada, sendo que a uniformidade das monoculturas se tornou referência.

Entre os principais danos relacionados a este modelo, destacam-se: a degradação dos solos, a contaminação dos recursos hídricos, redução da biodiversidade, intoxicação de trabalhadores rurais, contaminação e perda da qualidade dos alimentos cultivados e diversos problemas sociais.

Conforme Coelho (2017) o atual modelo agrícola voltado para o uso intensivo de insumos industriais, derivados de petróleo, produz uma série de externalidades negativas. A ineficiência energética e os impactos ambientais, como a erosão e a salinização dos solos, a poluição das águas e dos solos por nitratos (provenientes dos fertilizantes nitrogenados) e por agrotóxicos, a contaminação do homem do campo e dos alimentos, a diminuição da biodiversidade e dos recursos genéticos, dilapidação dos recursos não renováveis e o desflorestamento, principalmente do Cerrado, que vem sofrendo processo de ocupação para expansão da fronteira agrícola, são alguns dos impactos ambientais, podendo tornar insustentáveis os atuais sistemas de produção agrícola.

Rodrigues *et al.* (2009) destaca que a expansão da fronteira agrícola a partir da década de 1970 foi expressiva, e a região dos Cerrados brasileiros passou a ser sistematicamente ocupada pela produção agropecuária em larga escala.

Santos (2002) reforça que nunca houve na história do mundo, um subsistema de técnicas tão invasor, com tal capacidade de se difundir e de se impor aos lugares e aos homens. As técnicas se dão como famílias.

Ainda, segundo Santos (2001) nunca na história do homem, aparece uma técnica isolada; o que se instala são grupos de técnicas, verdadeiros sistemas.

Diante dos argumentos, pode-se nortear o sentido da discussão deste estudo que traz uma preocupação diante do atual cenário que passa o país quando se entra na questão ambiental.

De acordo com (PIRES, 2002, p.18).

A expansão demográfica do último século, particularmente nos últimos cinquenta anos, exerceu uma pressão considerável sobre o crescimento da produção para o consumo interno, que foi alcançado, em grande parte, pela incorporação de novos territórios ao processo produtivo. Esses novos territórios vêm se expandindo a cada dia com o plantio de novas áreas para a produção de grãos. Em alguns locais, devido

a fatores intrínsecos ao sistema de produção, essa expansão ocorre de forma rápida. Essa rapidez contribui para a falta de levantamentos e estudos aprofundados sobre o desenvolvimento agrícola local.

Estudos apontam, que no Brasil, o desmatamento se dá pela conversão de floresta, principalmente para pecuária, agricultura e muitas vezes seguida pela queima, associada à exploração madeireira (ARIMA *et al.*, 2005).

A redução das florestas naturais do mundo tem ocorrido por diversos fatores, sendo: diversos tipos de incêndios, retirada de árvores para fins comerciais, agropecuária e até fenômenos naturais, dentre outros (FERREIRA *et al.*, 2005).

Para Arraes *et al.* (2012, p.121)

Desde o início da década de 70, altas taxas de desmatamento vêm sendo observadas na Amazônia. Em 1995, a taxa de desmatamento atingiu seu maior nível e, após esse ano, a taxa vem apresentando diferentes oscilações decorrentes de diversas causas, tais como incêndios, comércio de madeiras, expansão de atividade agropecuária, aumento da densidade populacional e incentivos fiscais. Ainda como extensão da consequência, a degradação contribui para a perda de biodiversidade, redução da ciclagem de água contribuindo para o aquecimento global, principalmente através das queimadas, ao emitir gases que contribuem para acelerar o processo do efeito estufa.

A questão ambiental emergiu após a Segunda Guerra Mundial, promovendo importantes mudanças na visão do mundo. Pela primeira vez a humanidade percebeu que os recursos naturais são finitos e que seu uso incorreto pode representar o fim de sua própria existência (BERNARDES; FERREIRA, 2003, p. 27).

Para Santos (2005) o que hoje se chama de “agravos ao meio-ambiente”, são na realidade agravos ao meio de vida do homem, ou seja, é a ruptura progressiva entre o homem e a natureza, unificada através da história a serviço dos atores hegemônicos, em que a técnica passou a ser a mediação fundamental do homem com a natureza.

A raiz da crise ambiental está localizada na relação peculiar do homem com a natureza, que envolve precisamente, a negação da sua unidade imediata com ela, como aquilo que o distingue do animal (VITTE, 2005).

Pode-se relacionar as mudanças que ocorrem na paisagem de regiões com os fatores antrópicos e que o desenvolvimento agrícola, depende de vários elementos controladores do sistema de produção, tais como: classe de solo, relevo, clima, facilidade no escoamento da produção, entre outros. (SANTOS, 2007, p.29).

O planejamento, para ser bem-sucedido, deve focalizar problemas bem definidos e delimitados. As novas territorialidades têm, assim, que ser reconhecidas como um componente a ser fortalecido para o desenvolvimento regional sustentável (Becker, 2010, p.22).

Neste sentido, ressalta Cara (2009) ilusão pensar que a solução para a crise ambiental estaria nas políticas econômicas adotadas e na transformação dos padrões de consumo que durante décadas vem sendo instigado pelos grandes capitais visando aumentar a lucratividade.

Conforme Cara (2009) é necessário lembrar que a natureza apresenta limites no que se refere a sua exploração, e antes que estes sejam atingidos, a humanidade precisa repensar seu modo de desenvolvimento e a relação que estabelece com a natureza, buscando o desenvolvimento de uma sociedade sustentável.

4.3 Legislação Ambiental e Agricultura no Brasil

A ocupação das áreas visando às práticas agrícolas, necessitam obrigatoriamente de melhor sensibilidade por parte dos agentes de desenvolvimento e o cumprimento das diretrizes impostas pela legislação ambiental existente.

De acordo com a Constituição Federal:

Art. 23, menciona que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

- i. Proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;
- ii. Preservar as florestas, a fauna e a flora.

Art. 170, assegurar a todos, existência digna, conforme os ditames da justiça social:

- i. Defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação.
- ii.

O Art. 187 reforça que a política agrícola será planejada e executada na forma da lei, com a participação efetiva do setor de produção, envolvendo produtores e trabalhadores rurais, bem como dos setores de comercialização, de armazenamento e de transportes.

O Art. 225 garante que 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 preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A Lei estadual do Tocantins nº 071/89, estabelece:

Art. 6º. Nos desmatamentos em áreas rurais, deverão ser preservadas as árvores frutíferas existentes e não poderão ultrapassar 50% (cinquenta por cento) da propriedade.

A política ambiental do estado do Tocantins, Lei 261/91 enfatiza:

Art. 9º. Declara que os planos, públicos ou privados, de uso de recursos naturais do estado do Tocantins, bem como os de uso, ocupação e parcelamento do solo, devem respeitar as necessidades do equilíbrio ecológico e as diretrizes e normas de proteção ambiental.

Art. 35. Constituirão prioridades de pesquisa, o desenvolvimento e a disseminação sistemática de produtos, processos, modelos, técnicas e sistemas que apresentem maior segurança ambiental e menor impacto adverso sobre a qualidade de vida e os ecossistemas.

Para o IBF (s/d) a legislação ambiental no Brasil é considerada uma das mais completas e avançadas do mundo, criadas com a intenção de proteger o meio ambiente e reduzir ao mínimo as consequências de ações devastadoras.

Apesar de bem elaboradas, as leis ambientais brasileiras apresentam algumas lacunas em sua aplicação, inviabilizando suas propostas e objetivos. Um exemplo típico é retratado na fauna brasileira, que segundo dados do IBAMA, a exploração crescente, geram um processo intenso de extinção de espécies, seja pelo avanço da fronteira agrícola, perda de habitat, caça esportiva, de subsistência ou com fins econômicos, como a venda de pelos e animais vivos.

Com o intuito de dispor de uma lei que se dedica sobre a preservação da vegetação nativa determinando a responsabilidade em preservar e proteger todos os ecossistemas, foi criado o Código Florestal.

O primeiro Código Florestal do país surgiu em 1934, em meio à forte expansão cafeeira que ocorria na época. As florestas sofreram com o avanço das plantações e foi substituído pelo Código Florestal de 1965, sofrendo algumas alterações. A partir de 1996, o Código Florestal passou a ser modificado por diversas Medidas Provisórias (ECO, 2014).

Desde a década de 1990, houve uma forte e continuada pressão pela flexibilização do Código Florestal de 1965 por parte das entidades de classe representantes dos grandes proprietários rurais. As discussões levaram à proposta de reforma do Código Florestal, que tramitou por 12 anos na Câmara dos Deputados e suscitou polêmica entre ruralistas e ambientalistas (ECO, 2014).

Assim, diante dos anseios, em 25 de maio de 2012, foi criada a Lei 12.651 conhecida como o Novo Código Florestal, que estabelece normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Uso Restrito; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais, o controle e prevenção dos incêndios florestais, e a previsão de instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (BRASIL, 2012).

O Código Florestal é a lei que institui as regras gerais sobre onde e de que forma a vegetação nativa do território brasileiro pode ser explorada. Ele determina as áreas que devem ser preservadas e quais regiões são autorizadas a receber os diferentes tipos de produção rural.

Dentro deste aspecto, será exposto algumas definições importantes sobre o assunto mencionadas no atual Código Florestal que é de fundamental entendimento diante da necessidade de associar a exploração agrícola em conformidade com a conservação ambiental.

Art. 2º As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação nativa, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

Área de Preservação Permanente – APP

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

- I. As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).
 - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- II - As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
 - a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
 - b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - Os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

Reserva Legal

Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa;

Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as APPs, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel.

I - Localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
- b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
- c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;

II - Localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).

Área Rural Consolidada: área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio;

Uso alternativo do solo: substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana;

Pousio: prática de interrupção temporária de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais, por no máximo 5 (cinco) anos, para possibilitar a recuperação da capacidade de uso ou da estrutura física do solo;

Assim, entra em vigor o Novo Código Florestal previsto na Lei nº12.651/2012 que trata das normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa.

Para Correia (2020) a aprovação do atual Código Florestal, trouxe obrigações diferentes de acordo com o tamanho da terra, tratando de maneira distinta pequenos, médios e grandes produtores, onde no código de 1965 as obrigações eram as mesmas para todos.

Conforme o art. 4º, da Lei 8.629/93, a classificação da propriedade quanto ao tamanho é definida de acordo com a quantidade de módulos fiscais, sendo:

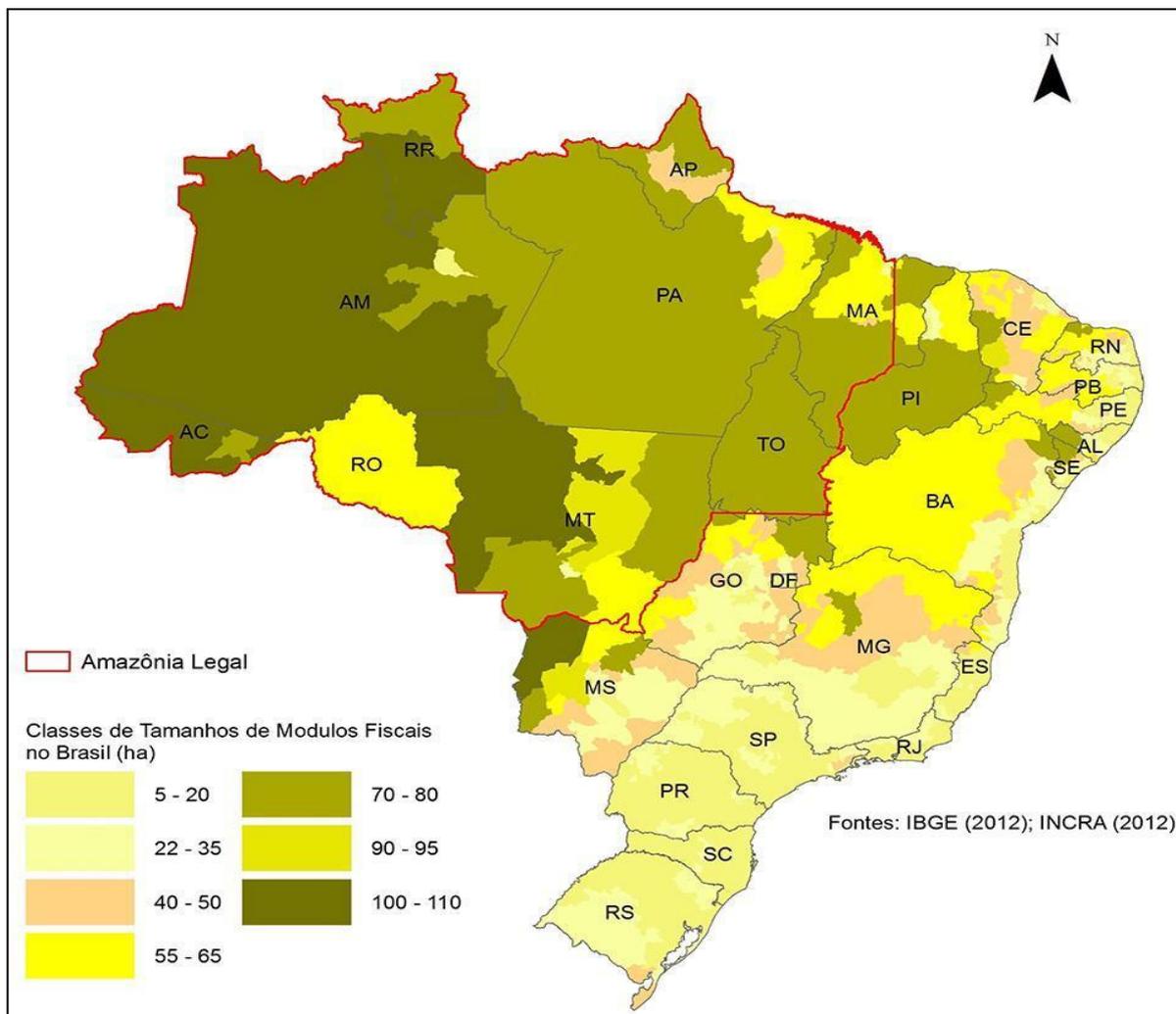
- Pequena Propriedade: área compreendida entre 1 (um) e 4 (quatro) módulos fiscais;
- Média Propriedade: área superior a 4 (quatro) e até 15 (quinze) módulos fiscais; e
- Grande propriedade: área superior a 15 (quinze) módulos fiscais.

Para esclarecer essa questão do módulo fiscal, é uma unidade de medida em hectares, fixado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), levando em consideração os seguintes aspectos:

- a) O tipo de exploração predominante no município (hortifrutigranjeira, cultura permanente, cultura temporária, pecuária ou florestal);
- b) A renda obtida no tipo de exploração predominante;
- c) Outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada;
- d) O conceito de "propriedade familiar".

A dimensão de um módulo fiscal varia de acordo com o município onde está localizada a propriedade. O valor do módulo fiscal no Brasil varia de 5 a 110 hectares (INCRA, 2012).

A figura 24, mostra a divisão de módulos fiscais no Brasil.

Figura 24: Classes de tamanho de módulos fiscais no Brasil.

Fonte: EMBRAPA (2012).

De acordo com o INCRA (2013) o estado do Tocantins apresenta quase todos os municípios com módulo fiscal de 80 hectares, com exceção dos municípios de Araguaçu e Sandolândia, que possuem módulo fiscal de 70 hectares.

O conceito de módulo fiscal foi introduzido pela Lei nº 6.746/1979, que alterou alguns dispositivos do Estatuto da Terra (Lei nº 4.504/1964), que regula os direitos e obrigações concernentes aos imóveis rurais para os fins de execução da Reforma Agrária e promoção da Política Agrícola. Seu valor expressa a área mínima necessária para que uma unidade produtiva seja economicamente viável. O número de módulos fiscais de um imóvel é utilizado na aplicação da alíquota no cálculo do ITR (Imposto Territorial Rural) (Lei no 6.746/1979; Decreto no 84.685/1980).

Conforme as informações mencionadas, o novo Código Florestal foi aprovado com flexibilização a uma série de mudanças, dentre estas, Correia (2020) comenta haver alteração

nos critérios para recomposição de mata nativa às margens de rios, nascentes e encostas que foram facilitados. Os rios passam a ser medidos a partir do leito regular e não a partir do leito maior, o que diminui o tamanho da faixa de mata ciliar a ser protegida.

A regra para a aplicação das multas pelo descumprimento da reserva legal foi aprovada flexibilizada de acordo com o tamanho da propriedade e o período de ocorrência do desmatamento (BRASIL, 2012).

Mais uma flexibilização do atual Código Florestal se refere às mudanças que tratam das infrações ambientais praticadas antes de 22/06/2008, data estabelecida pelo Decreto Federal nº 6.514/2008, que traria multas graves para a prática de agressão ao meio ambiente. Porém, o atual Código Florestal permitiu que essas infrações, após a execução de plano de recuperação ambiental aprovado e acompanhado pelos órgãos ambientais, fossem consideradas sanadas, ou seja, as penalidades previstas seriam convertidas em “prestação de serviços ambientais”.

O decreto (6.514/08) regulamentou as infrações cometidas ao meio ambiente com base na Lei 9.605/98. Os proprietários de imóveis rurais com até 4 módulos fiscais, autuados até julho de 2008, teriam, com a nova lei, o direito de converter multas em reflorestamento. A jogada foi que esta mudança passou a valer também para os grandes proprietários rurais que desmataram até julho de 2008.

Para Sirvinskas (2013) citado por correia (2020), o agronegócio comemorou essa decisão, daí a Lei 12.651/2012, passou a ser denominada por alguns de Código Ruralista e não Código Florestal, por se tratar de reivindicações advindas da bancada ruralista.

A lei trouxe anistia maior para os agricultores e a preocupação é, que não se sabe, se o produtor busca executar as adequações necessárias aos padrões legais estabelecidos, alcançando a harmonia entre a necessária proteção do meio ambiente e os interesses econômicos (Sirvinskas, 2013), citado por correia (2020).

Segundo o ECO (2018) o Código Florestal não vai resolver os problemas que se propõe, resolver o problema da perda de biodiversidade, da cobertura vegetal, dos recursos hídricos, se a lei não for aplicada, o desmatamento poderá causar perdas na biodiversidade e serviços ecossistêmicos que não poderão ser compensados pela restauração florestal.

Para tanto é necessária uma abordagem teórica junto ao novo Código Florestal, considerando a atuação do mesmo com relação às práticas de supressão das áreas florestadas para práticas de uso do solo que no caso desta pesquisa estamos discutindo a agricultura. Em que:

Art. 26 diz que a supressão de vegetação nativa para uso alternativo do solo, tanto de domínio público como de domínio privado, dependerá do cadastramento do imóvel no CAR, e de prévia autorização do órgão estadual competente do Sisnama.

De acordo com Serviço Florestal Brasileiro-SFB (2021) o CAR foi Criado pela Lei nº 12.651/2012, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, e regulamentado pela Instrução Normativa MMA nº 2 de 5 de maio de 2014, o Cadastro Ambiental Rural – CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais referentes à situação das APP, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e o combate ao desmatamento.

A inscrição no CAR é obrigatória para todas as propriedades e posses urbana ou rural, tem natureza declaratória e permanente, e contém informações sobre o imóvel rural. É o primeiro passo para obtenção da regularidade ambiental do imóvel, e contempla: dados do proprietário ou responsável direto pelo imóvel; dados sobre os documentos de comprovação da propriedade e/ou posse; e informações georreferenciadas do perímetro do imóvel, das áreas de interesse social e das áreas de utilidade pública, com a informação da localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e das Reservas Legais, SFB (2021).

Devem fazer o cadastro quem tem propriedades ou posses, seja na zona rural ou urbana, imóveis usados como sítios, chácaras ou condomínios independentemente do tamanho da área.

A inscrição no CAR possibilita o planejamento ambiental e econômico do uso e ocupação do imóvel rural. Representa o primeiro passo para obtenção da regularidade ambiental. Além disso, constitui-se em requisito para os seguintes programas, benefícios e autorizações:

- O registro da Reserva Legal no CAR desobriga a averbação no Cartório de Registro de Imóveis;
- Aquisição de licenciamento ambiental pelos produtores para desenvolver atividades agropecuária.
- Acesso ao Programa de Apoio e Incentivo à Conservação do Meio Ambiente e aos Programas de Regularização Ambiental – PRA;

- Obtenção de crédito agrícola, em todas as suas modalidades, com taxas de juros menores, bem como limites e prazos maiores que o praticado no mercado, em especial após 31 de dezembro de 2017, quando o CAR passou a ser pré-requisito para o acesso ao crédito;
- Contratação do seguro agrícola em condições melhores que as praticadas no mercado;
- Geração de créditos tributários por meio da dedução das Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito da base de cálculo do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR
- Linhas de financiamento para atender iniciativas de preservação voluntária de vegetação nativa, proteção de espécies da flora nativa ameaçadas de extinção, manejo florestal e agroflorestal sustentável realizados na propriedade ou posse rural, ou recuperação de áreas degradadas;
- Isenção de impostos para os principais insumos e equipamentos, tais como: fio de arame, postes de madeira tratada, bombas d'água, trado de perfuração do solo, dentre outros utilizados para os processos de recuperação e manutenção das Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito,
- Suspensão de sanções e novas autuações em função de infrações administrativas por supressão irregular de vegetação em áreas de preservação permanente, de Reserva Legal e de uso restrito, cometidas até 22/07/2008, e suspensão da punibilidade dos crimes previstos nos arts. 38, 39 e 48 da Lei de crimes ambientais (Lei nº 9.651/1998) associados a essas áreas;
- Condição para autorização da prática de aquicultura e infraestrutura a ela associada nos imóveis rurais com até 15 (quinze) módulos rurais, localizados em áreas de preservação permanente;
- Condição para autorização de supressão de floresta ou outras formas de vegetação nativa no imóvel rural;
- Condição para aprovação da localização da Reserva Legal;
- Condição para cômputo das Áreas de Preservação Permanente no cálculo da Reserva Legal do imóvel;
- Condição para autorização da exploração econômica da Reserva Legal mediante manejo sustentável;
- Condição para constituição de servidão ambiental e Cota de Reserva Ambiental, e acesso aos mecanismos de compensação da Reserva Legal;

- Condição para autorização de intervenção e supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal para atividades de baixo impacto ambiental; e
- Condição para autorização da continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até em 22 de julho de 2008 localizadas em Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal.

O decreto Nº 7.830/2012, diz que as informações a serem inseridas no CAR são de responsabilidade do declarante, que incorrerá em sanções penais e administrativas, quando total ou parcialmente falsas, enganosas ou omissas. E serão atualizadas sempre que houver alteração de natureza dominial ou possessória mediante autorização do órgão competente.

O cadastro é realizado via internet, em que cada estado possui seu módulo de cadastro onde são inseridas as informações necessárias do imóvel e do proprietário formando uma base de dados.

O CAR pode ser realizado por um responsável técnico habilitado ou pelo próprio proprietário do imóvel. No estado do Tocantins o módulo de cadastro é o SIG-CAR, um Sistema de Informação para a Gestão do Cadastro Ambiental Rural, o CAR (figura 25).

Figura 25: SIGCAR – módulo de cadastro do CAR-TO.



Fonte: SIGCAR-TO (2014).

Na inscrição do imóvel no CAR o proprietário ou posseiro deverá informar a sua identificação bem como a comprovação da propriedade, ou da posse e a identificação do imóvel

por meio de planta e memorial descritivo contendo a indicação das coordenadas geográficas e a informação, caso haja, da localização de áreas protegidas.

Após a validação das informações inseridas, é produzido um relatório da condição ambiental do imóvel, identificando o perímetro das áreas destinadas às reservas legais, preservação permanente, assim como remanescentes de vegetação nativa. Estas informações auxiliarão o produtor a realizar o controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico no combate ao desmatamento.

Embora o CAR seja uma ferramenta importante para o poder público gerir o uso e a ocupação do solo em áreas de proteção, há uma lentidão no andamento do cadastro dos imóveis no país assim, como análise para validação. Conforme a Agência Câmara de Notícias (2020), cerca de 5,6 milhões de imóveis rurais foram inscritos no CAR, o que equivale a 550 milhões de hectares. Do total, apenas 3,4% foram analisados.

Ainda Agência Câmara de Notícias (2020) reforça o coordenador da Frente Parlamentar Ambientalista, deputado Rodrigo Agostinho, que a análise do CAR é uma etapa importante, pois é a partir desta que se implementa as ferramentas de restauração, recuperação e compensações ambientais.

A coordenadora do Instituto Centro de Vida, Ana Paula Valdiones, argumentou que, uma iniciativa para acelerar a validação do CAR em áreas florestais, como na Amazônia e na chamada MATOPIBA, é a Validacar, um sistema específico para este fim. Segundo ela, a maioria poderia passar por uma análise automatizada e menos de 30% ficariam retidos, por terem pendências que poderiam passar por uma análise manual (Agência Câmara de Notícias, 2020).

Ana Paula Valdiones propôs o uso de filtros que verificassem a sobreposição de imóveis com outros imóveis, incoerência entre as áreas de vegetação declarada e a existente de ocorrência de desmatamento após 2008. Segundo ela, com a aplicação desses filtros, conseguiria reduzir os custos em relação à análise manual a mais ou menos 30%, chegando no máximo a R\$ 1 bilhão e no mínimo a R\$ 140 milhões.

Na opinião da Valdiones, há poucos recursos, equipes insuficientes e falta olhar estratégico. A situação entre os estados amazônicos varia. Há estados com equipes, equipamentos, base de dados e as regulamentações consideradas insatisfatórias. Enquanto em outros estados esses quesitos são regulares ou satisfatórios. Para ela, com tecnologia, direcionamento e ciência, é possível validar o CAR de forma satisfatória.

Enquanto a lentidão na validação e fiscalização não passar a ser motivo de preocupação por parte da conjuntura política, contribuirá para o aumento do número de CAR feitos de forma

errada, com supressão de informações essenciais. Visto que para elaborá-lo não é necessário passar pelas mãos de um profissional habilitado, é o caso do Tocantins, dando aporte para a continuação do desmatamento.

4.4 Sensoriamento Remoto e Análise de Transformações Ambientais Relacionadas à Agricultura

O conhecimento da intensidade e distribuição espacial do uso e cobertura da terra permite identificar a pressão populacional e suas múltiplas formas de ocupação territorial (SPAGNOLO, 2011, p. 13).

Para isso, o Sensoriamento Remoto orbital mostra-se rápido e eficiente neste processo de obtenção de informações da superfície terrestre e avaliação das condições da vegetação, a partir de uma visão sinóptica (MANTOVANI & PEREIRA, 1998; SPAGNOLO, 2011).

Segundo Crepani *et al.* (2016) o Sensoriamento Remoto é a obtenção de dados ou informações de objetos que estão distantes do sensor de amostragem, embarcados em um satélite ou outro veículo transportador.

Conforme Florenzano (2008) o Sensoriamento Remoto é a tecnologia de aquisição, à distância, de dados da superfície terrestre, isto é, por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites).

Para Rosa (2009) no Sensoriamento Remoto as informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como, por exemplo, o radar.

Novo (2010) comenta que a partir do registro e da análise das interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) e as substâncias que compõem os alvos, em suas mais diversas manifestações, podemos estudar fenômenos da superfície terrestre.

Esta tecnologia contribui em muitos estudos, para o monitoramento e fiscalização de diversas eventualidades ambientais, que poderá vir ocasionar danos aos ecossistemas. Também tem contribuído no monitoramento agrícola (BAYMA *et al.*, 2015, p.798).

O Sensoriamento Remoto vem-se tornando uma ferramenta muito importante para o monitoramento dos recursos naturais e assim possibilitar uma melhor compreensão dos processos que ocorrem em uma determinada área na superfície terrestre.

Os avanços tecnológicos na área de Sensoriamento Remoto nos últimos anos, possibilitam a aquisição de informações mais precisas e detalhadas (LUZ *et al.*, 2010).

Segundo Oliveira (2015) ao longo dos anos os Sensores Remotos evoluíram, em especial no que diz respeito às resoluções espacial, espectral e temporal.

Ainda, a tecnologia de Sensoriamento Remoto por satélites disponibiliza ao usuário dados consistentes da condição da paisagem, o que permite a detecção de mudanças graduais, de origem natural ou antrópica (MENDONÇA, 2018).

Nesse sentido, a utilização de dados de Sensoriamento Remoto é marcadamente útil no monitoramento em larga escala das alterações que têm ocorrido nos diversos ecossistemas que compõem o Cerrado. (Bayma, *et al.*, 2015, p.798).

O uso de imagens de diversas datas permite uma análise temporal, identificar diferenças no estado de um objeto ou fenômeno, considerando, a natureza da mudança, medição da sua extensão e avaliação do seu padrão espacial (ANDERSON, 2005).

Realizando a análise temporal é possível compreender a dinâmica agrícola local, bem como prever os processos de desenvolvimento agrário nos anos vindouros (SANTOS, 2007, p.13).

Para Vagen (2006) citado por (SANTOS, 2007, p.21).

Quantificar as mudanças da cobertura vegetal e descrever a dinâmica espacial e temporal desses processos é importante para compreender os processos que conduzem à degradação ambiental e para o desenvolvimento e a execução de políticas e intervenções que melhorem as estratégias de gerenciamento, a fim de monitorar o status e as tendências dos ecossistemas.

Sena *et al.* (2020) reforçam que o Sensoriamento Remoto aliado às técnicas de tratamento e processamento digital de imagens, mostrou-se como uma ferramenta útil e de baixo custo para a realização do monitoramento ambiental e pode servir como subsídio para os setores públicos responsáveis pela gestão de áreas de aterro controlado e lixões.

Freire (2020) cita que, com o constante aprimoramento dos instrumentos de aquisição e processamento de dados espaciais, tem-se um consenso formado entre os meios acadêmicos e políticos de que é necessária a utilização de novas tecnologias que tenham como foco principal a representação e quantificação das áreas da superfície terrestre para auxiliar os diagnósticos finais, principalmente os de meio ambiente, dado que essas tecnologias estão se tornando cada vez mais modernas e dinâmicas.

Freire (2020) reforça que os dados de Sensoriamento Remoto obtidos por satélites têm o potencial de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades da superfície da terra e os parâmetros ao nível local ou em escala regional, imageando porções do espectro eletromagnéticos além da região do visível.

Tal característica permite aprofundar a extração de informações sobre os alvos na superfície terrestre, especialmente aqueles de maior sensibilidade à região do infravermelho, como é o caso de estudos que envolvam a cobertura de vegetação.

Um aspecto muito positivo com relação ao Sensoriamento Remoto, conforme argumenta Curtarelli (2020) é o fato de existirem diversas missões de satélites ativas, disponibilizando publicamente ou comercialmente dados e imagens com diferentes características e resoluções espaciais, espectrais e temporais, e a crescente disponibilidade de sensores com diferentes características, tem possibilitado a coleta dos mais variados tipos de dados e imagens, ampliando as possibilidades de aplicações para diversos fins.

O Sensoriamento Remoto, possui a incumbência de auxiliar na gestão do solo, no tipo de cultura plantada, na mata ciliar ou nativa, nos reflorestamentos planejados ou passionais, nos perímetros urbano e rural, nos corpos hídricos e nascentes, entre outros, pela comparação de imagens com intervalos de tempo (variação de períodos) tabulando tabelas para apurar as diferenças em hectares positivas ou negativas (FEIL *et al.*, 2013).

Imagens e produtos de SR possuem diversas aplicações nos mais variados campos, dentre os quais avaliar a temperatura dos oceanos em escala global, sendo muito utilizados em estudos climáticos, de eventos como El Niño⁸, e modelos de previsão meteorológica e do clima. Outras aplicações incluem estudos para fins de planejamento urbano, analisando a expansão e relativas a estudos de uso e cobertura das terras e de características da vegetação (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

Assim, o papel relevante do Sensoriamento Remoto na agricultura tem sido atribuído principalmente ao monitoramento e mapeamento de áreas agrícolas por meio da utilização de imagens orbitais, que permite a identificação do dinamismo do ambiente agrícola pela integração de diversos tipos de dados em diferentes momentos no tempo (SANTOS 2007, citado por GIANNOTTI, 2003).

⁸ El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, e que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias. Definição disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em 18 de fev 2022.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizada uma abordagem de aspectos considerados fundamentais, como, a Análise Temporal, Uso e Ocupação da Terra, Expansão da Agricultura e Transformações Ambientais. Estes aspectos foram cartografados via Sistema de Informações Geográficas (SIG), com o qual foram aplicadas técnicas de Sensoriamento Remoto, que somado aos demais procedimentos, possibilitaram uma análise integrada na busca de atingir seus objetivos.

5 ETAPAS REALIZADAS

5.1 Levantamento de Material Bibliográfico e Cartográfico

Os procedimentos teóricos inicialmente consistiram na montagem de um banco de informações, a partir de levantamento bibliográfico, documental, realizado através de consultas, leituras e seleção de bibliografias relacionadas à temática em questão. Teve como base registros históricos de livros, jornais, sites, bibliotecas, acervo fotográfico, dentre outras fontes. Entre as referências levantadas podem ser destacadas, pesquisas e trabalhos desenvolvidos em âmbito nacional e estadual, referentes à expansão agrícola de Pedro Afonso e visitas a locais específicos, como a Cooperativa Agroindustrial de Pedro Afonso – COAPA, Museu Histórico Frei Rafael de Taggia, Instituto Cultural Messias Tavares e no site da biblioteca do IBGE.

Para o levantamento dos dados bibliográficos, documental e histórico, que ocorreu nos primeiros meses do ano de 2021, priorizaram-se também escritores e textos de autores que fazem e fizeram parte do local da pesquisa.

As imagens Landsat foram obtidas gratuitamente no site Earth Explorer USGS (United States Geological Services), (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) são produtos Nível 2, ou seja, imagens tratadas, disponibilizadas em formato de arquivo geotiff, 16 bits de resolução radiométrica, Georreferenciadas, Ortoretificadas e com Correção Atmosférica pelo modelo 6S (Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum), (VERMOTE *et al.*1997).

As imagens selecionadas foram do satélite Landsat 5, sensor Thematic Mapper (TM), resolução espacial de 30m, dos anos de 1985, 1995 e 2005 e do satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI), resolução espacial de 30 m, dos anos de 2015 e 2020, ambas as cenas de órbita, ponto 222/66, que abrangem todo o município de Pedro Afonso.

Conforme a tabela 4, foram adotadas imagens do período mais seco do ano, buscando as melhores qualidades com menor incidência de nuvens, proporcionando condições para identificação dos alvos e a classificação dos aspectos de uso e ocupação da terra.

Tabela 4: Caracterização das imagens de satélites utilizadas na pesquisa.

Satélite	Sensor	Bandas espectrais e Composições falsa cor	Órbita-ponto	Data da passage m	Resolução espacial (m)	Fonte
LANDSAT 5	TM	5R, 4G, 3B	222-066	07/07/85	30	USGS
LANDSAT 5	TM	5R, 4G, 3B	222-066	19/07/95	30	USGS
LANDSAT 5	TM	5R, 4G, 3B	222-066	15/08/05	30	USGS
LANDSAT 8	OLI	6R, 5G, 4B	222-066	11/08/15	30	USGS
LANDSAT 8	OLI	6R, 5G, 4B	222-066	08/08/20	30	USGS

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

5.2 Trabalhos de Campo

Teve o objetivo de aferir e validar os produtos cartográficos confeccionados em laboratório.

Os trabalhos de campo envolveram quatro etapas, a primeira em junho de 2020 inicialmente, para reconhecimento e levantamentos prévios de informações da área de estudo e fotografar áreas importantes. A segunda etapa foi realizada em fevereiro de 2021, para buscar acervos históricos e bibliográfico na zona urbana. A terceira etapa, realizada em março de 2021, em que foi realizado parte da rota planejada, coletas dos pontos, levantamento fotográfico, caracterização das atividades relacionadas à agricultura e as condições ambientais. E a quarta etapa, foi realizado em outubro de 2021, para finalizar a rota planejada, coleta dos pontos, levantamento fotográficos e a verificação das transformações ambientais que estão ocorrendo no município em decorrência da expansão agrícola.

Durante todo o estudo foram utilizados os equipamentos e materiais descritos a seguir:

- Receptor GPS marca Garmin, modelo Etrex 20;
- Notebook DELL, 8 GB DDR3, e processador Intel Core i5;
- Veículo L200 triton;
- Cabo de transferência de dados Garmin-Notebook;

- Software SPRING 5.5.6 e QGIS 3.10.14;
- Câmara digital de celular Samsung J5 Plus;

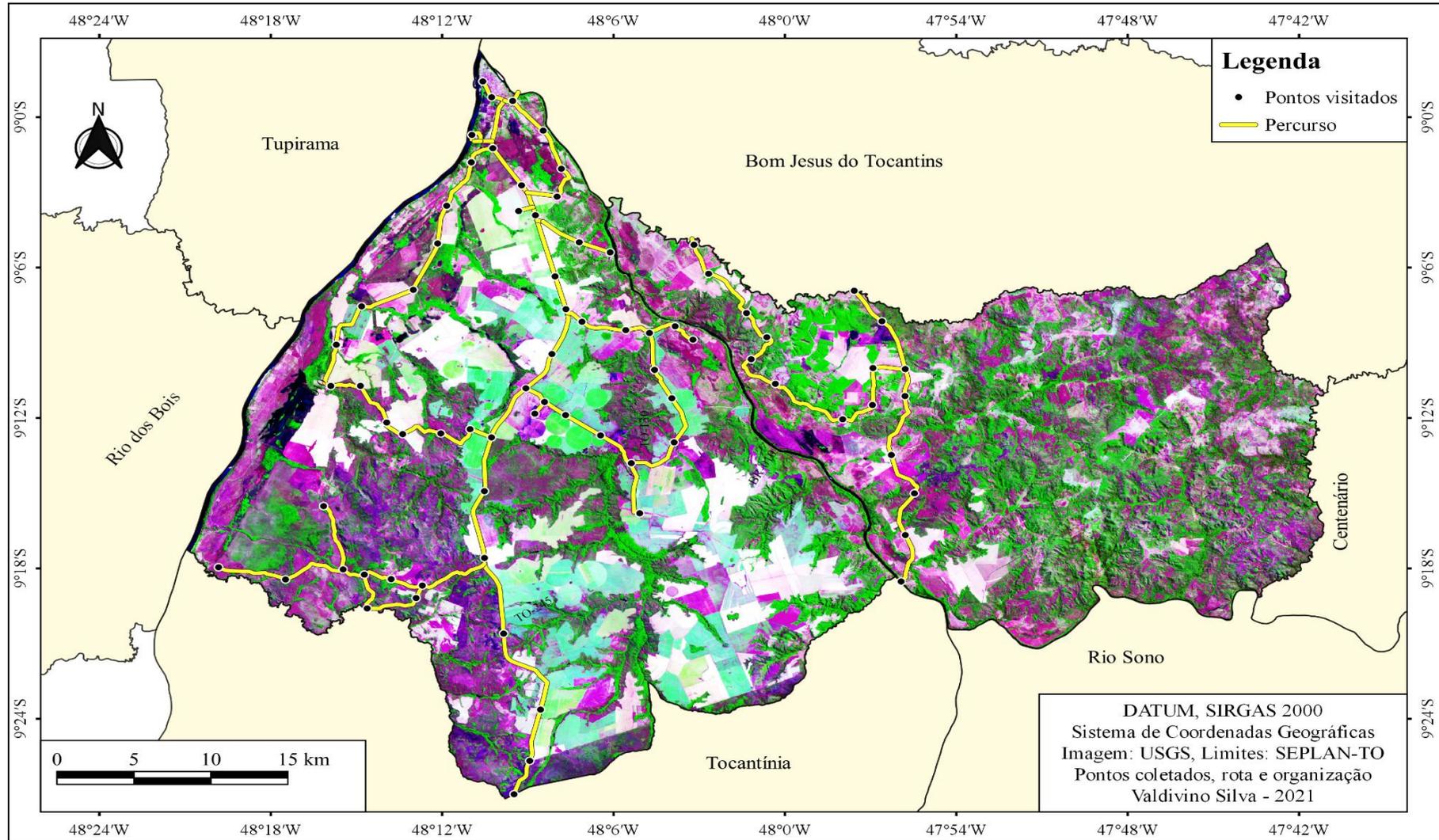
Os arquivos com o percurso de campo, foram armazenados em formato shapefile (shp), gerados no software QGIS 3.10.14 (figura 26).

Ao todo, foram percorridos mais de 350 km de rotas pré-definidas dentro no município (figura 26).

O esperado, era percorrer todo o município nos trabalhos de campo, porém as limitações, do tempo, em razão do trabalho, o agravamento da pandemia obrigando-nos de manter o distanciamento social, escassez de recurso para o custeio das idas ao campo, levaram-me a reduzir a área de estudo em campo e focar com maior afinco nos trabalhos de laboratórios.

O fato de não ir a campo conforme o planejado, não ocasionou perdas na qualidade da pesquisa, em razão da utilização das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto o que proporcionou uma visão espacial de todo o município através de imagens de satélites. Por isso torna-se claro a necessidade de investimentos pelo Estado no campo da pesquisa, de modo a aprimorar os conhecimentos dos pesquisadores no campo das geotecnologias.

Figura 26: Mapa de percurso de campo no município de Pedro Afonso.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

5.3 Trabalhos de Laboratório

Os trabalhos de laboratórios foram realizados com a finalidade de caracterizar historicamente o processo de expansão agrícola na área da pesquisa, baseado em levantamento e leituras de registros históricos de livros, jornais, sites, bibliotecas, dentre outras fontes obtidos nos locais visitados e sites acessados;

Para a organização do banco de dados via Sistema de Informações Geográficas - SIG, foram reunidos arquivos vetoriais e matriciais para análise da expansão agrícola e as transformações ambientais na área de pesquisa via softwares, Spring, versão 5.5.6 e Qgis, versão 3.10.14;

Para a obtenção das imagens de satélites dos anos de interesse da pesquisa, no catálogo do Earth Explorer do USGS; Processamento Digital das imagens de satélites via softwares, Spring e Qgis;

E para a confecção dos produtos cartográficos como: Mapa de Localização, Mapa de Percurso de Campo, Carta Imagem, Mapas Temáticos de Uso e Ocupação da terra, entre outros, via softwares, Spring e Qgis e análise, interpretação e aplicação dos dados na pesquisa.

5.4 Caracterização do Processo Histórico da Atividade Agrícola de Pedro Afonso

A caracterização histórica da atividade agrícola em Pedro Afonso foi realizada com base no levantamento de registros encontrados nos acervos históricos fornecidos principalmente pela Cooperativa Agroindustrial de Pedro Afonso – COAPA, Museu Histórico Frei Rafael de Taggia, Instituto Cultural Messias Tavares e sites de pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, entre outros.

5.5 Mapeamento da Expansão Agrícola de Pedro Afonso

Com base no Sensoriamento Remoto, foram utilizadas imagens de satélites para obtenção de informações relativas à evolução temporal da atividade agrícola no município em questão, entre os anos de 1985 a 2020.

Dessa forma, esta pesquisa apresentou como marco temporal inicial, o ano de 1985. Posteriormente, a análise segue perfazendo intervalo médio de dez anos, analisados o Uso e Ocupação da terra para os períodos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020. Deste modo, as imagens

são do satélite Landsat 5, sensor TM para os anos de 1985, 1995 e 2005; e do Landsat 8, sensor OLI para os anos de 2015 e 2020.

A escolha dos anos analisados foi devido a dois aspectos principais: contexto histórico da expansão agrícola e as condições das imagens com baixa ou nula cobertura de nuvens para estas datas. Isto favorece a identificação dos alvos em questão e o processo de análise do Uso e Ocupação da Terra com maior exatidão.

O processamento das imagens selecionadas foi efetuado através do software SPRING 5.5.6, onde foi criado um banco de dados e um projeto com a definição da projeção geográfica, sistema de referência e inserido as coordenadas geográficas do retângulo envolvente, criado com observação do Google Earth Pro, de forma que cobrisse a área de estudo.

Importadas as imagens para o software, foram elaboradas as composições coloridas (falsa-cor) R, G, B (Red, Green e Blue), a partir de três bandas espectrais do sensor TM do Landsat 5 (5, 4, 3) e sensor OLI do Landsat 8 (6, 5, 4).

Na sequência, foi aplicada a técnica de contraste linear com equalização do histograma para realce das características das imagens, com o intuito de extrair o máximo de informações destas. Este procedimento foi efetuado para todas as imagens dos anos monitorados.

A partir destas imagens foram definidas as classes de Uso e Ocupação da Terra, bem como a quantificação das áreas de mudanças através da variação nas áreas ocupadas por cada tipo de uso e cobertura ao longo da série temporal, o que permitiu avaliar a dinâmica espacial de expansão agrícola no período entre 1985 a 2020.

Posteriormente foi feita a análise dos dados e geração dos produtos cartográficos da área de pesquisa.

No processamento das imagens para produção dos mapas temáticos de Uso Ocupação da Terra, foi realizada a classificação supervisionada em ambiente de SIG onde foram definidas as classes de uso: Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão), Cicatriz de Fogo, Corpos D'Água, Agropecuária (Agricultura e pecuária), Formações Campestres (Campo Limpo e Campo Sujo), Urbanização e Reflorestamento.

Estas classes, serviram de base na observação dos aspectos das transformações agrícolas ocorridas no município ao longo dos 35 anos analisados.

5.6 Organização do Banco de Dados

Os dados foram organizados no Banco de Dados Geográficos (BDG) no SPRING 5.5.6, é um SIG brasileiro, de livre acesso e distribuição, que apresenta funcionalidades comuns a

muitos SIGs (Processamento Digital de Imagens, Análise Espacial, Modelagem Numérica de Terreno e consulta a bancos de dados espaciais), concebido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A seleção das bandas espectrais e a composição colorida (5R, 4G, 3B) do satélite Landsat 5 foi definida em função de serem comuns a trabalhos dessa natureza e de suas especificidades, a saber: a banda 5 (intervalo de 1,55 a 1,75 μm , infravermelho médio) apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas e permite a observação do stress vegetal; a banda 4 (intervalo de 0,76 a 0,90 μm , infravermelho próximo) possui alta absorção dos corpos d'água e alta reflexão da vegetação verde, sensibilidade à rugosidade do dossel e da geomorfologia; banda 3 (0,63 a 0,69 μm , vermelho) apresenta grande absorção na vegetação verde, permitindo contraste entre as áreas ocupadas e a vegetação e delimitar a mancha urbana de áreas agrícolas (EMBRAPA, 2020).

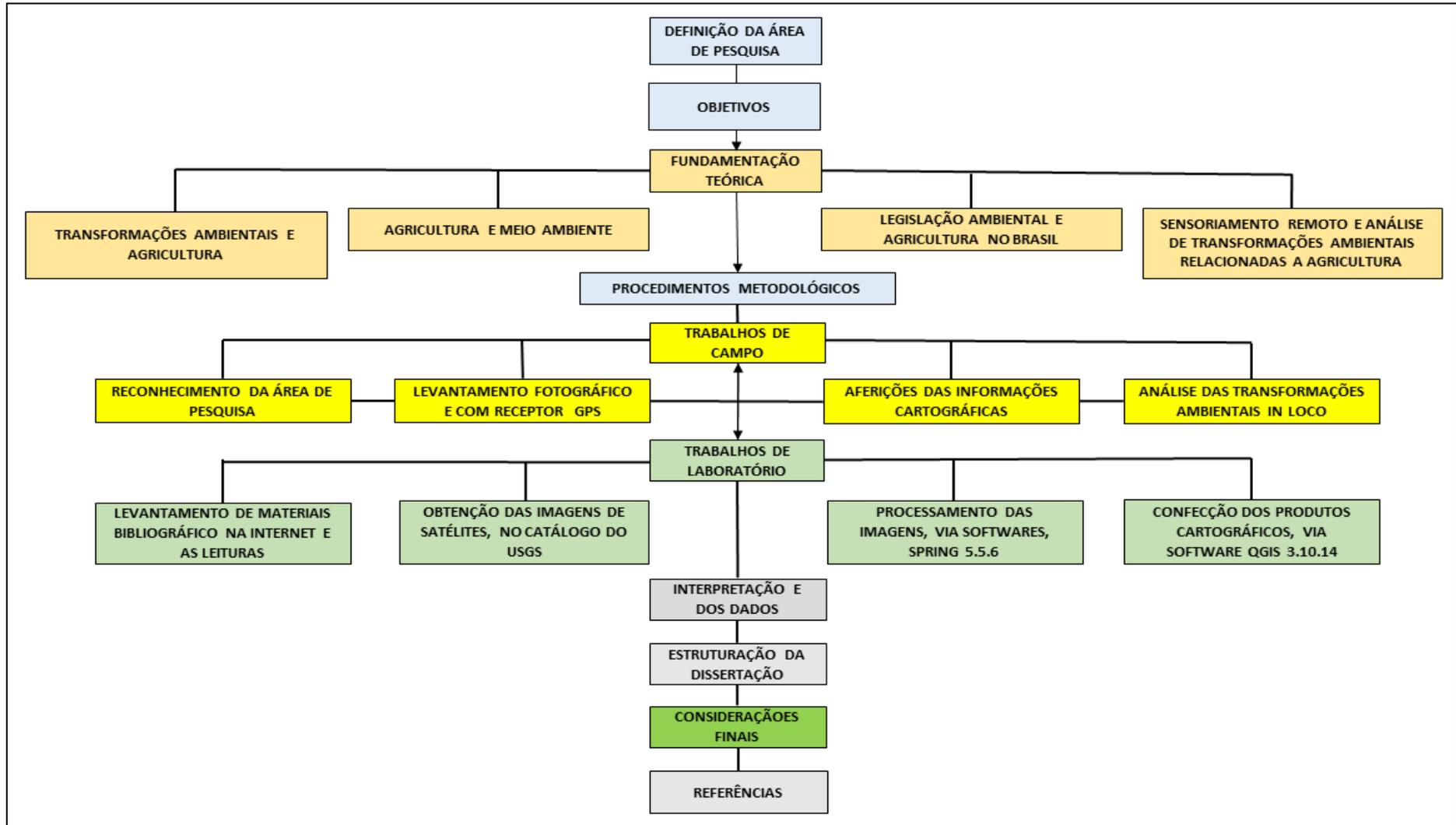
Foram definidas as bandas espectrais e a composição colorida (6R, 5G, 4B) do satélite Landsat 8, pelo fato de o mesmo trazer bandas espectrais adicionais e as combinações de bandas para construir a composições coloridas em RGB são diferentes que se faz com os dados do Landsat 5. As características das bandas do Landsat 8, são apresentadas a seguir: banda 6 (intervalo de 1,56 a 1,66 μm , infravermelho médio); banda 5 (intervalo de 0,845 a 0,885 μm , infravermelho próximo); banda 4 (intervalo de 0,630 a 0,680 μm , vermelho) (EMBRAPA, 2020). Possibilitando obter resultados semelhantes ao Landsat 5, pois as bandas apresentam respostas espectrais semelhantes.

5.7 Elaboração de Produtos Cartográficos

Para confecção dos mapas de localização, Geologia, Geomorfologia, Hipsometria, Declividade, Pedologia, Hidrografia, vegetação, rodovia BR-235 e os mapas temáticos de Uso e Ocupação da Terra, realizou-se buscas ao banco de dados geográfico digital no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria de Planejamento e Orçamento do estado do Tocantins (SEPLAN) e no banco de dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Em seguida, organizou-se os dados no formato de projeto do QGIS, e posteriormente foi confeccionado os mapas. De maneira geral, a estruturação da pesquisa e as etapas de desenvolvimento, podem ser observados na Figura 27.

Figura 27: Síntese da Estruturação da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

6 ANÁLISE DA EXPANSÃO AGRÍCOLA E AS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO

Os resultados apresentados, têm como base uma análise temporal do Uso e Ocupação da Terra no município de Pedro Afonso, realizada entre os anos de 1985 a 2020, onde se destacou a dinâmica e a distribuição dos diferentes tipos de usos, dando-se ênfase a expansão da agricultura.

A mudança no Uso e Ocupação da Terra é um processo dinâmico que, ao ser instalado sobre determinada área, se torna complexo, não sendo uma ação simples de ser descrita ou de ser prevista. Modelar a sua tendência futura é um desafio, pois há intervenção de fatores, tais como, políticos, de gestão, econômicos, culturais, do comportamento humano e ambiental, que fazem com que essa dinâmica de mudança, instaurada sobre uma área, se torne um sistema geográfico composto por diversos elementos inter-relacionados (RICOBOM, 2014).

6.1 Uso e Ocupação da Terra, ano de 1985

A caracterização do Uso da Terra do ano de 1985 pode ser observada com a distribuição espacial (Figura 28) e percentuais (Tabela 5) dos diferentes usos e ocupações.

Assim, foi possível observar-se que as Formações Campestres eram predominantes com abrangência de 61,31% da área e se distribuíam por todos os setores do município.

As Formações Florestais abrangiam cerca de 16,41% da área e se distribuíam em praticamente todas as porções do município, estando localizadas principalmente junto aos cursos fluviais locais.

Destaca-se que estas duas classes de usos, somam cerca de 77,77% do município de Pedro Afonso em 1985, assim, pode-se verificar uma significativa parcela da área com a presença de cobertura vegetal de Cerrado.

Assim é possível observar-se que a classe Agropecuária abrangia cerca de 9,34% da área, concentrando-se nas porções Noroeste, Leste, Centro e Sul do município. O fato também se deve a pouca presença de atividades agrícolas, se resumindo provavelmente a agropecuária de pequeno/médio porte extensiva.

Apesar de a atividade agropecuária ainda ser insipiente, é possível observar-se cerca de 11,28% de Cicatrizes de Fogo naquela época, que se distribuíam por praticamente todo município, ficando com concentrações maiores nas porções Leste, Noroeste e Sudoeste do mesmo. Fator este, ação do fogo, que já afetava a vegetação natural local.

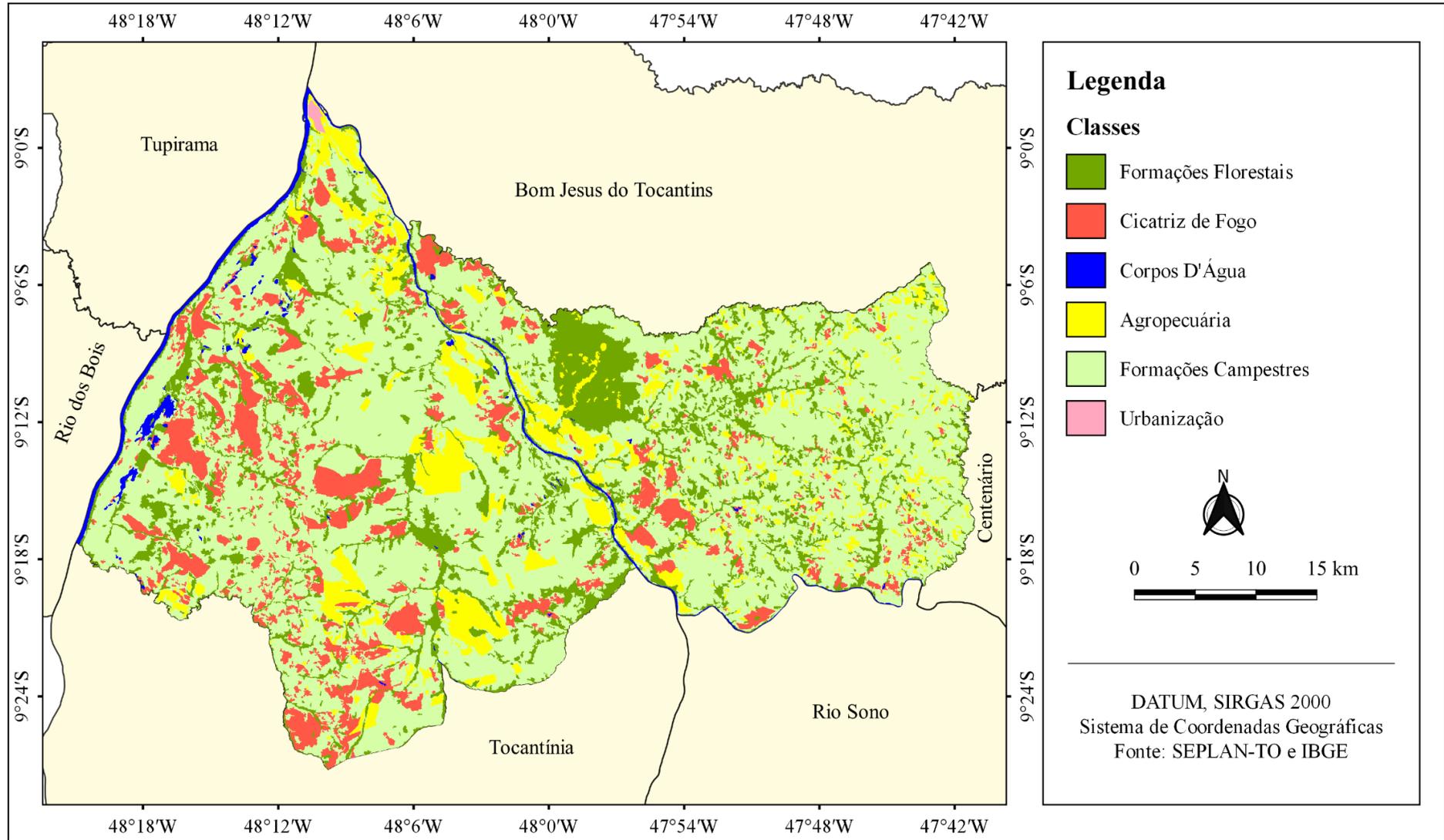
A urbanização se restringia a uma pequena porção de área com cerca de 0,09% do município localizada na sua porção Noroeste, junto a confluência do rio Sono com o rio Tocantins.

A classe corpos D'água, ocupava 1,53% da área municipal.

O fato de haver pouca antropização, para o ano de 1985, se deve ao fato da expansão agrícola da monocultura ainda estar em sua fase inicial. Segundo Oliveira (2017) a agricultura empresarial se inicia em Pedro Afonso, a partir da década 1980, com o monocultivo de arroz de sequeiro.

Conforme relatam populares, naquela época era comum as roças de toco para desenvolver atividade agrícola, prática que tem como meio de preparo inicial do solo, o fogo. A queima dos campos para renovar o capim-nativo utilizado na alimentação dos animais, criados extensivamente era outra realidade, a reforma das pastagens utilizando fogo era uma prática comum também.

Figura 28: Mapa de Uso e Ocupação da Terra - 1985.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Tabela 5: Uso e Ocupação da Terra - 1985.

Classes de Usos e Ocupação da Terra	Área (km²)	%
Formação Campestre (Campo limpo e Campo Sujo)	1.232,84	61,31
Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão)	330,91	16,46
Agropecuária (Agricultura e Pecuária)	187,77	9,34
Cicatriz de fogo	226,77	11,28
Urbanização	1,88	0,09
Corpos D'água	30,72	1,53
Total das classes	2.010,902	100,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

6.2 Uso e Ocupação da Terra, ano de 1995

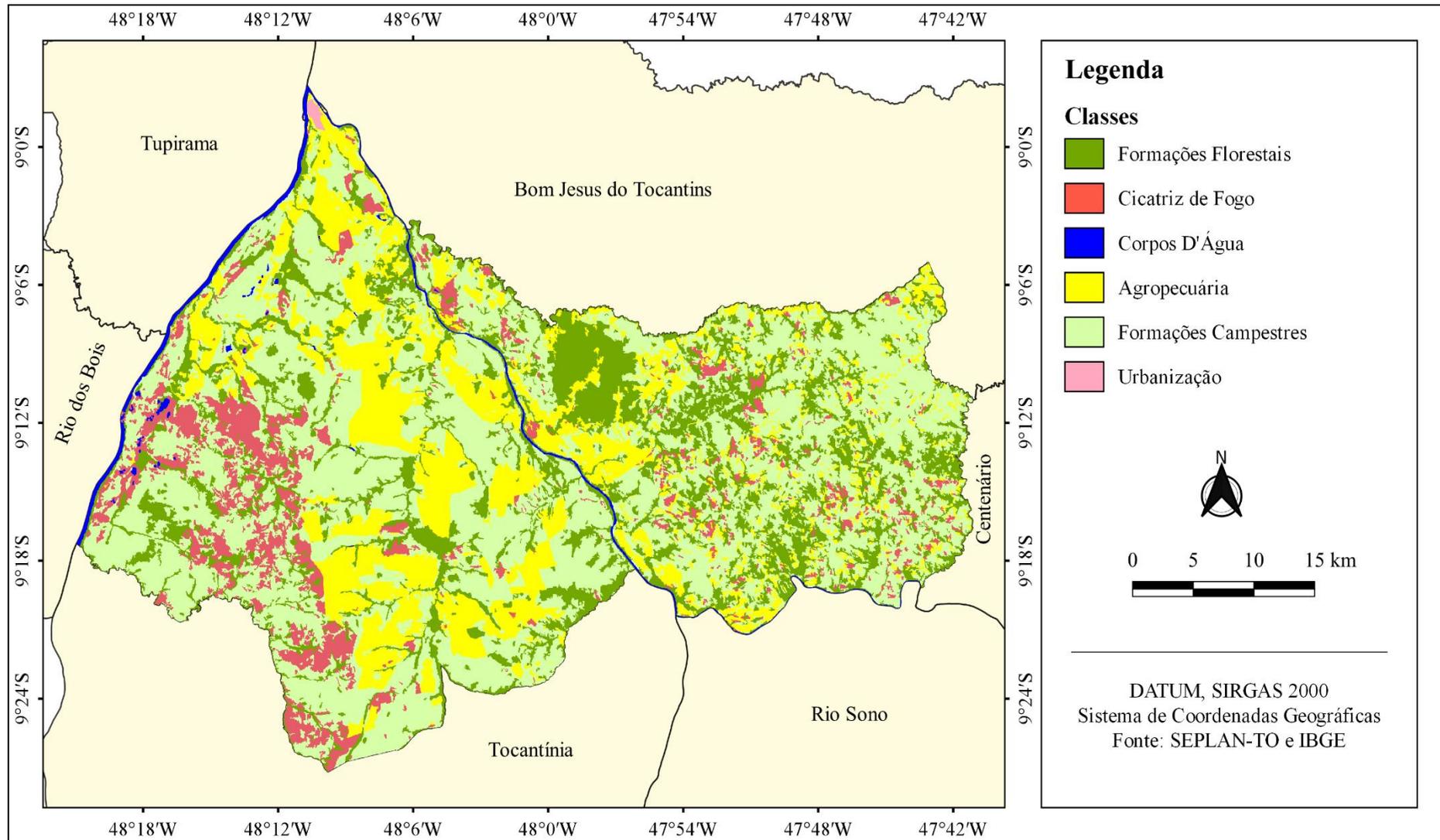
A caracterização do Uso da Terra do ano de 1995 pode ser observada com a distribuição espacial (Figura 29) e percentuais (Tabela 6) dos diferentes usos e ocupações.

Assim, foi possível observar-se que as Formações Campestres eram predominantes com abrangência de 50,67% da área e se distribuíam por todos os setores do município. As Formações Florestais abrangiam cerca de 19,10% da área e se distribuíam em praticamente todas as porções do município, estando localizadas principalmente junto aos cursos fluviais locais. O aumento desta classe em relação a data anterior, estar relacionado à confusão entre classes correlacionadas espectralmente, para a data analisada, ocasionando a confusão ao software no momento da classificação.

Destaca-se que estas duas classes de usos, somam cerca de 69,77% do município de Pedro Afonso em 1995, assim pode-se verificar uma significativa parcela da área com a presença de cobertura vegetal de Cerrado. O fato também se deve a pouca presença de atividades agrícolas na época, estando sua expansão em sua fase inicial. Assim é possível observar-se que a classe, agropecuária, abrangia cerca de 20,44% da área, concentrando-se nas porções Noroeste, centro e sul do município, representando crescimento. Apesar da atividade agropecuária apresentar crescimento, é possível observar-se cerca de 8,53% de Cicatrizes de Fogo naquela época, ou seja, uma pequena redução em relação à data anterior. Com maiores concentrações nas porções Leste e Sudoeste do mesmo. Fator este, ação do fogo, que continuava afetando a vegetação natural local.

A urbanização se mantinha estável, com ocupação de 0,09% do município, localizada na sua porção Noroeste, junto a confluência do rio Sono com o rio Tocantins.

Figura 29: Mapa Usos e Ocupação da Terra – 1995.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (20210).

Tabela 6: Uso e Ocupação da Terra – 1995.

Classes de Usos e Ocupação da Terra	Área (km²)	%
Formações Campestre (Campo Limpo e Campo Sujo)	1.018,83	50,67
Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão)	384,01	19,10
Agropecuária (Agricultura e Pecuária)	410,96	20,44
Cicatriz de Fogo	171,58	8,53
Urbanização	1,89	0,09
Corpos D'água	23,63	1,18
Total das classes	2.010,902	100,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Concordando com Silva (2010), a principal cultura (soja) de expansão da agricultura em Pedro Afonso teve início em 1992, com a participação de 4 produtores (Silvio Sadré, Sebastião Carvalho, Paolo Mano e José Edgar) e após 4 anos, 1996, entraram em cena as corporações do agronegócio CEVAL, CVRD, CAMPO, Embrapa e PRODECER. Iniciando o processo expansivo agrícola.

E, no ano de 1995, acredita-se que o município estava atravessando um processo de transição da agricultura manual e semi-mecanizada para totalmente mecanizada em função da implantação do PRODECER III, o que facilitou a aquisição de terras, máquinas e insumos agrícolas (SILVA 2010). Embora esteja ocorrendo mudanças nos modos de preparo do solo, ainda se evidencia grande número de cicatrizes de fogo (8,53%), tabela 6. E Corpos D'água, aparece com 1,18%.

6.3 Uso e Ocupação da Terra, ano de 2005

A caracterização do Uso da Terra do ano de 2005 pode ser observada com a distribuição espacial (Figura 30) e percentuais (Tabela 7) dos diferentes usos e ocupações.

Assim, foi possível observar-se que as Formações Campestres abrangiam 45,53% da área e se distribuíam por todo o município.

As Formações Florestais abrangiam cerca de 14,28% da área e se distribuíam principalmente junto aos cursos fluviais locais.

Destaca-se que estas duas classes de usos, somam cerca de 59,81% do município de Pedro Afonso em 2005. Embora se observa, uma significativa parcela da área com a presença de cobertura vegetal, acima dos 50%, é notório a redução destas classes.

Assim é possível observar-se que a classe Agropecuária abrangia manteve-se em crescimento e apresentou, 31,86% da área, concentrando-se nas porções Noroeste, centro e sul do município.

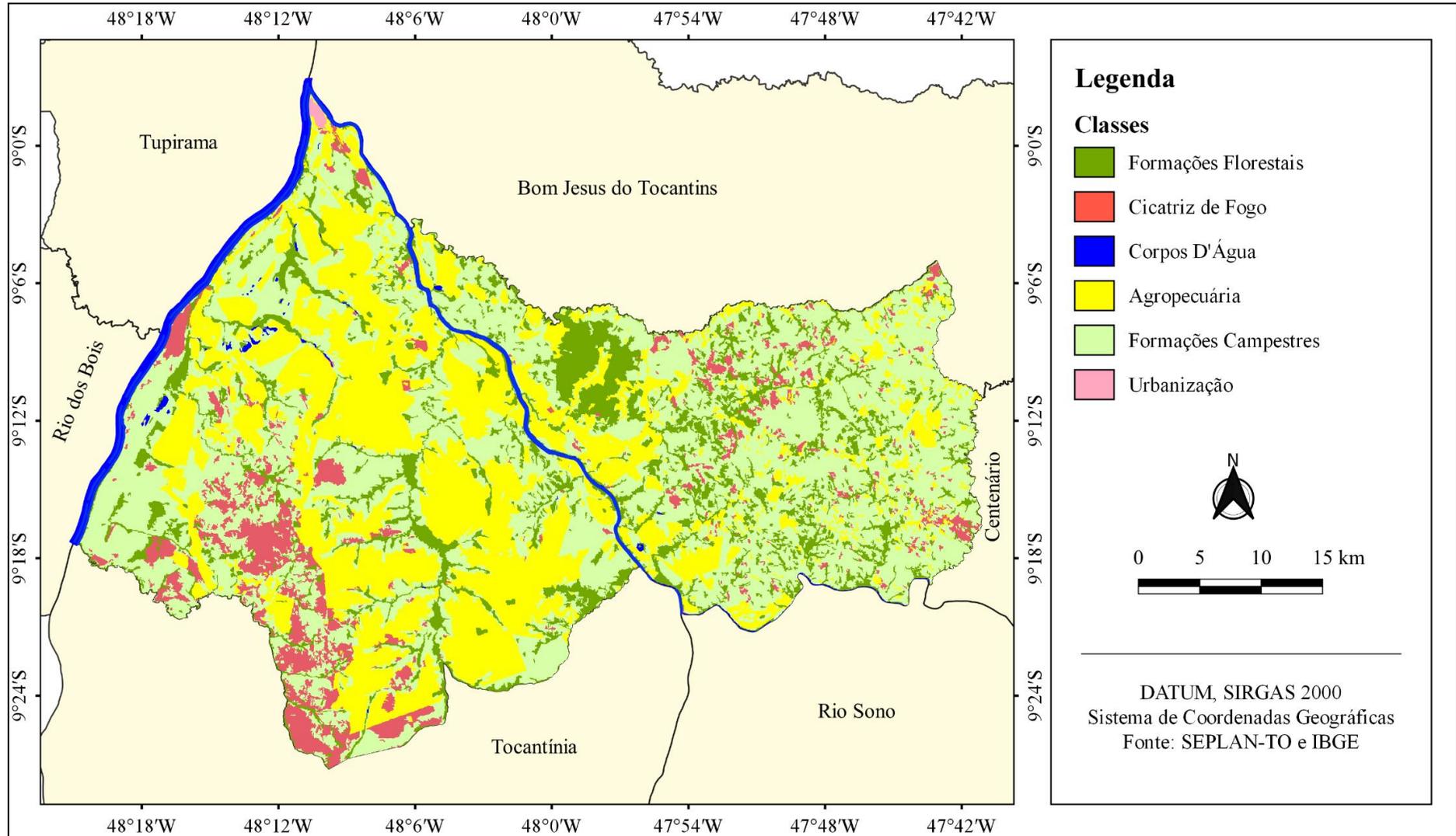
Apesar das atividades agropecuárias apresentarem crescimento, é possível observar-se redução no percentual de Cicatrizes de Fogo, cerca de 7,01%, naquela época, com maior concentração na porção sul e menor na porção leste.

A urbanização saiu de 0,09%, para 0,10%, evidenciando o crescimento urbano. E Corpos D'água, ocupava 1,23% do município.

Com a implantação do PRODECER III em 1996, pode-se explicar o avanço da agricultura para ano em questão, visto que, há um período de 10 anos de implantação do projeto, que veio com a missão de ocupar o Cerrado Pedro Afonsino e substituí-lo pelo monocultivo da soja.

No ano de 2005, ainda apresenta um grande número de cicatriz de fogo (tabela 7). A explicação pode ser devido à época da seca o que favorecia as queimadas, e ainda persistir, produtores utilizando o fogo como meio para limpeza das roças de toco, queima do capim-nativo, reforma das pastagens e até mesmo a queima das leiras no meio das áreas de plantio da soja. Naquela data, a abertura das áreas de forma mecanizada estava em expansão e umas das técnicas de eliminação das leiras de vegetação com menor custos é a queima.

Figura 30: Mapa de Uso e Ocupação da Terra – 2005.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

Tabela 7: Uso e Ocupação da Terra – 2005.

Classes de Uso e Ocupação da Terra	Área (km²)	%
Formações Campestres (Campo Limpo e Campo Sujo)	915,50	45,53
Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão)	287,09	14,28
Agropecuária (Agricultura e Pecuária)	640,63	31,86
Cicatriz de Fogo	140,91	7,01
Urbanização	2,04	0,10
Corpos D'água	24,74	1,23
Total das classes	2.010,902	100,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

6.4 Uso e Ocupação da Terra, ano de 2015

A caracterização do Uso e Cobertura da Terra do ano de 2015, pode ser observada com a distribuição espacial (Figura 31) e percentuais (Tabela 8) dos diferentes usos e ocupações.

Foi possível observar-se que as Formações Campestres abrangiam 44,66% da área e se distribuíam por todos os setores do município.

As Formações Florestais abrangiam cerca de 6,11% da área e manteve-se distribuídas principalmente junto aos cursos fluviais locais e uma pequena mancha na parte norte.

Destaca-se que estas duas classes de usos, somavam cerca de 50,77% do município de Pedro Afonso em 2015. Evidenciando redução da cobertura vegetal a cada época analisada.

Assim é possível observar-se que a classe, agropecuária, abrangia cerca de 43,78% da área do município, ou seja, continuou aumentando sua área de ocupação. Concentrando-se nas porções Norte, Noroeste, Oeste, centro e sul do município.

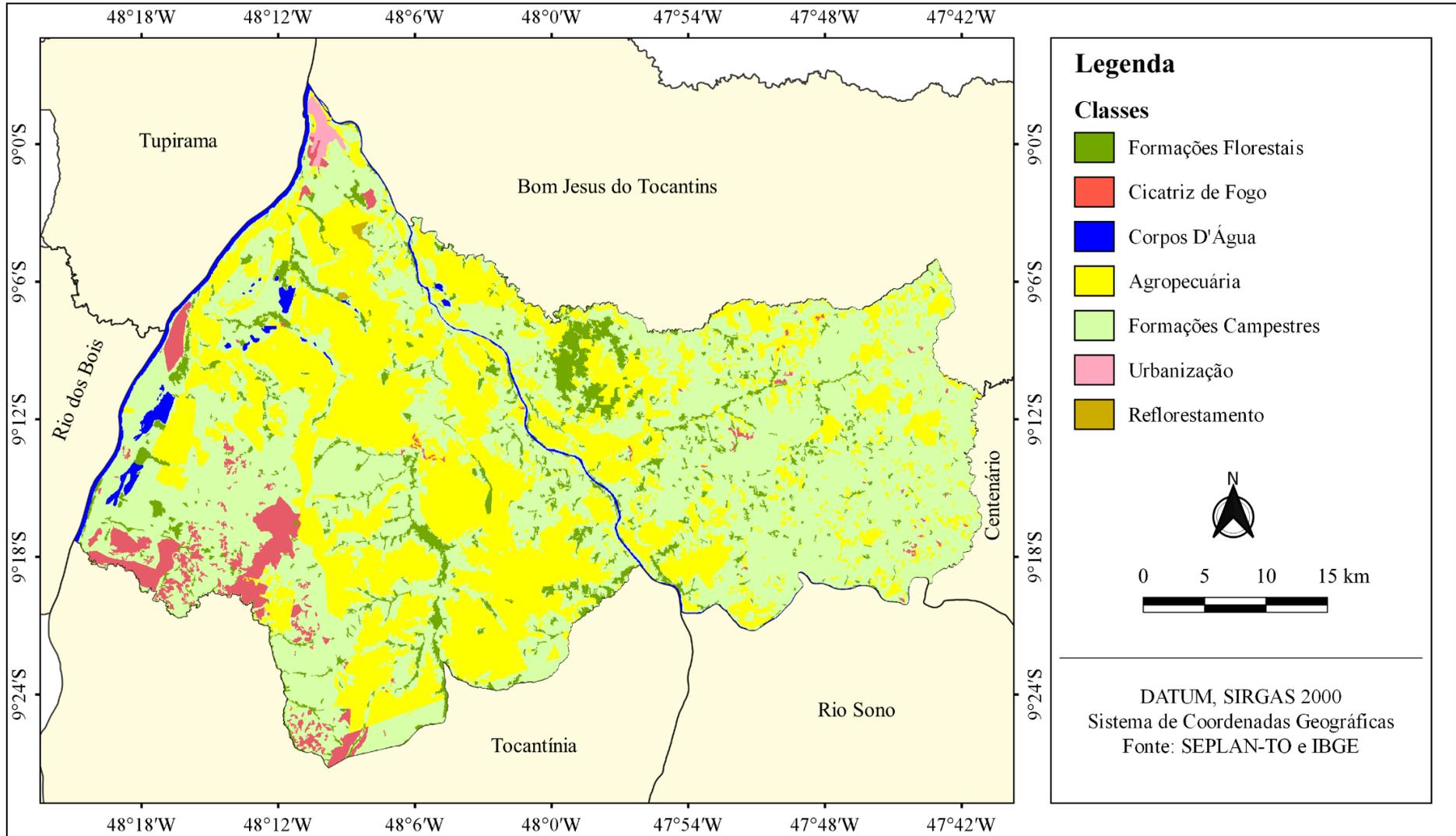
Embora as atividades agropecuárias continuavam em crescimento, a classe, Cicatrizes de Fogo manteve sua redução para, 3,47%, naquela época, com maior concentração na porção Sul e Sudoeste.

A urbanização, manteve-se em expansão, saiu de 0,10%, para 0,32%, em relação à área total do município. E a classe, Corpos D'água apresentou 1,58%.

A partir de 2015, mostra a classe Reflorestamento com 0,08% no município.

Esta redução por parte da vegetação, ocorreu em função da expansão agrícola. Neste período o PRODECER III, já havia finalizado, conforme Oliveira (2017) mas, deixou a sua contribuição no processo expansivo agrícola de Pedro Afonso.

Figura 31: Mapa de Uso e Ocupação da Terra – 2015.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

Tabela 8: Uso e Ocupação da Terra – 2015.

Classes de Uso e Ocupação da Terra	Área (km²)	%
Formações Campestres (Campo Limpo e Campo Sujo)	898,07	44,66
Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão)	122,96	6,11
Agropecuária (Agricultura e Pecuária)	880,32	43,78
Cicatriz de Fogo	69,70	3,47
Urbanização	6,42	0,32
Corpos D'água	31,83	1,58
Reflorestamento	1,61	0,08
Total das classes	2.010,902	100,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

6.5 Uso e Ocupação da Terra, ano de 2020

A caracterização do Uso e Cobertura da Terra do ano de 2020, pode ser observada na figura 32 e percentuais (Tabela 9) dos diferentes usos e ocupações.

Foi possível observar-se que as Formações Campestres abrangiam 41,48% da área e se distribuíam por todos os setores do município.

As Formações Florestais abrangiam cerca de 5,92% da área e manteve-se distribuídas principalmente junto aos cursos fluviais locais e também na parte leste do município.

Destaca-se que estas duas classes de usos, somam cerca de 47,39% do município de Pedro Afonso em 2020. Evidenciando significativa redução da cobertura vegetal.

Assim, é possível observar-se que a classe Agropecuária continuou em expansão, passando a ocupar, 50,18% da área do município, neta data analisada, distribuída em todas as porções do mesmo.

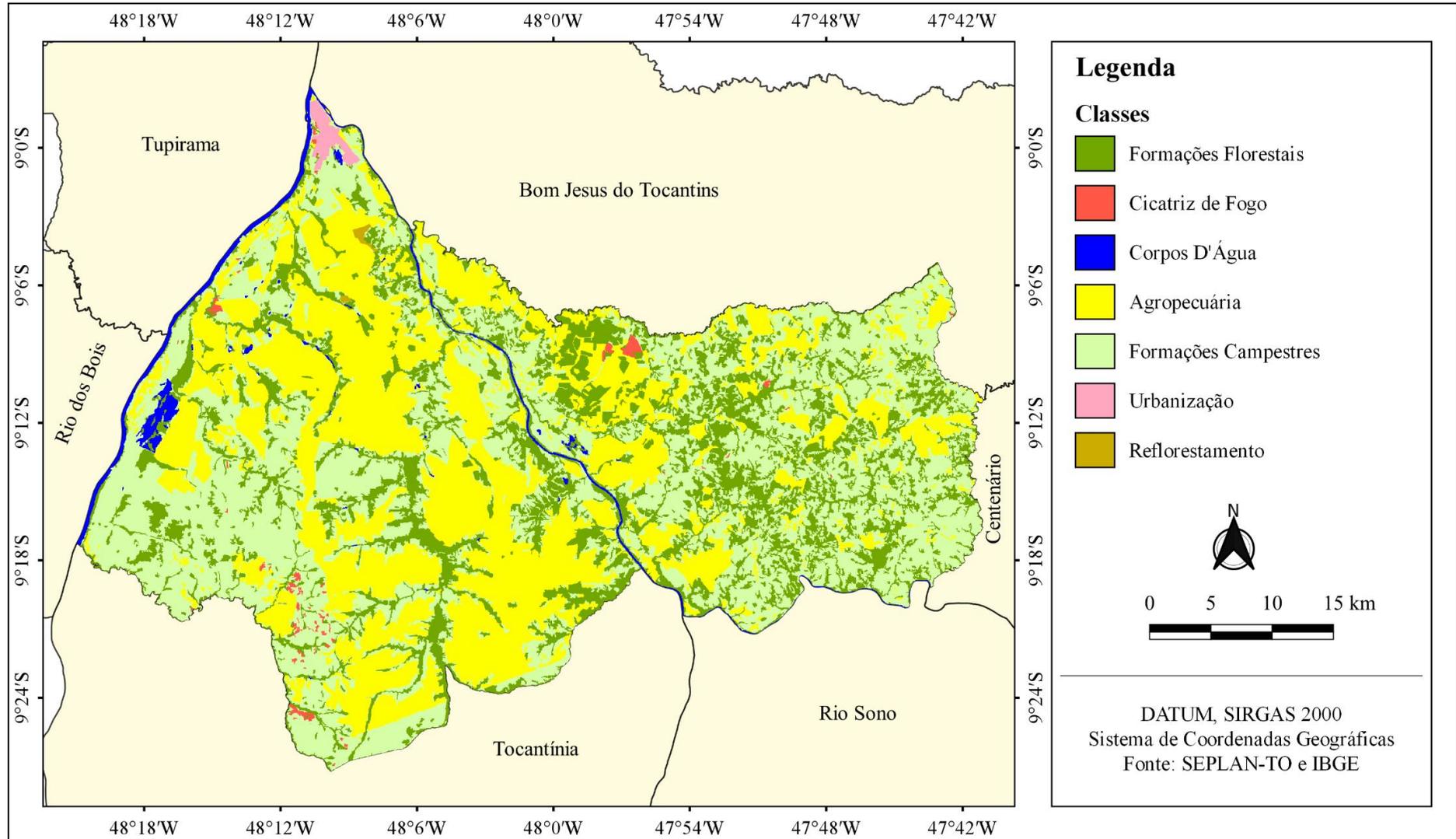
Embora as atividades agropecuárias apresentaram crescimento, é possível observar-que as de Cicatrizes de Queimadas reduziram significativamente, ficando em 0,46%.

A urbanização, saiu de 0,32% para 0,40%, mostrando o crescimento urbano.

A urbanização é totalmente influenciada pela expansão agrícola, ou seja, à medida que a agricultura cresce no município, a zona urbana também cresce, devido à chegada de mão-de-obra para trabalhar nos diversos segmentos do setor, uns são trazidos pelas empresas, outros vem em busca de oportunidade de emprego e fixam residência na cidade.

Em 2020 a classe Reflorestamento manteve-se estável em relação ao crescimento, 0,09% no município.

Figura 32: Mapa de uso e ocupação da Terra – 2020.



Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

Tabela 9: Uso e Ocupação da Terra – 2020.

Classes de Uso e Ocupação da Terra	Área (km²)	%
Formação Campestre (Campo limpo e Campo Sujo)	834,12	41,48
Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão)	118,96	5,92
Agropecuária (Agricultura e Pecuária)	1.009,19	50,19
Cicatriz de Fogo	8,17	0,41
Urbanização	8,58	0,43
Corpos D'água	30,11	1,50
Reflorestamento	1,76	0,09
Total das classes	2.010,902	100,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Em resumo, a aplicação da metodologia citada resultou na classificação das imagens e das classes de uso e Ocupação da Terra do município de Pedro Afonso-TO para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020, mostrados anteriormente e as tabelas com as áreas e porcentagem de ocupação de cada classe. A tabela 10 apresenta o resumo de porcentagem de ocupação das classes no município, para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020.

Tabela 10: Uso e Ocupação da Terra, anos 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020.

Classes Temática	1985 (%)	1995 (%)	2005 (%)	2015 (%)	2020 (%)
Formações Campestre	61,31	50,67	45,53	44,66	41,48
Formações Florestais	16,46	19,10	14,28	6,11	5,82
Agropecuária	9,34	20,44	31,81	43,78	50,19
Cicatriz de Fogo	11,28	8,53	7,01	3,47	0,41
Urbanização	0,09	0,09	0,10	0,32	0,43
Corpos D'água	1,53	1,18	1,23	1,58	1,50
Reflorestamento	0	0	0	0,08	0,09
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

6.6 Análise comparativa de Uso e Cobertura da Terra entre 1985 e 2020

Buscando-se observar a expansão da agricultura e as transformações ambientais ocorridas na área de estudo, apresenta-se um comparativo, entre 1985 e 2020, dos aspectos de Uso e Ocupação da Terra obtidos na pesquisa (Gráfico 4 e Tabela 11).

Em relação às Formações Campestres podem-se observar que em 1985 esta classe ocupava 61,31% do município. Já em 2020, esta classe passou a ocupar uma área de 41,48%

do município, apresentando uma redução de 32,34%, distribuída por todos os setores do município.

Quanto as Formações Florestais podem-se observar que em 1985 esta classe ocupava 16,46% do município. Já em 2020, esta classe passou a ocupar 5,91% do município, apresentando uma redução de 64,52%, concentrada na porção leste da área de pesquisa e junto a alguns canais de drenagem, como o Córrego Lajeado que se localiza na sua porção centro-sul.

Nas Formações Florestais, está incluída as matas ciliares, vegetação nativa que está às margens dos corpos d'água, recebe este nome por serem de extrema importância na proteção dos recursos hídricos, como são os cílios para a proteção dos nossos olhos, e as matas de galerias, vegetação que acompanham os corpos d'água de pequeno porte formando corredores fechados. O que assegura à necessidade da manutenção destas tipologias vegetais a fim de proteger os corpos d'água do município.

As classes Formações Florestais e Formações Campestres, juntas perderam aproximadamente, 96,86% de sua cobertura natural.

Bertoni e Lombardi (2008) citado por Mendonça (2018) cita que:

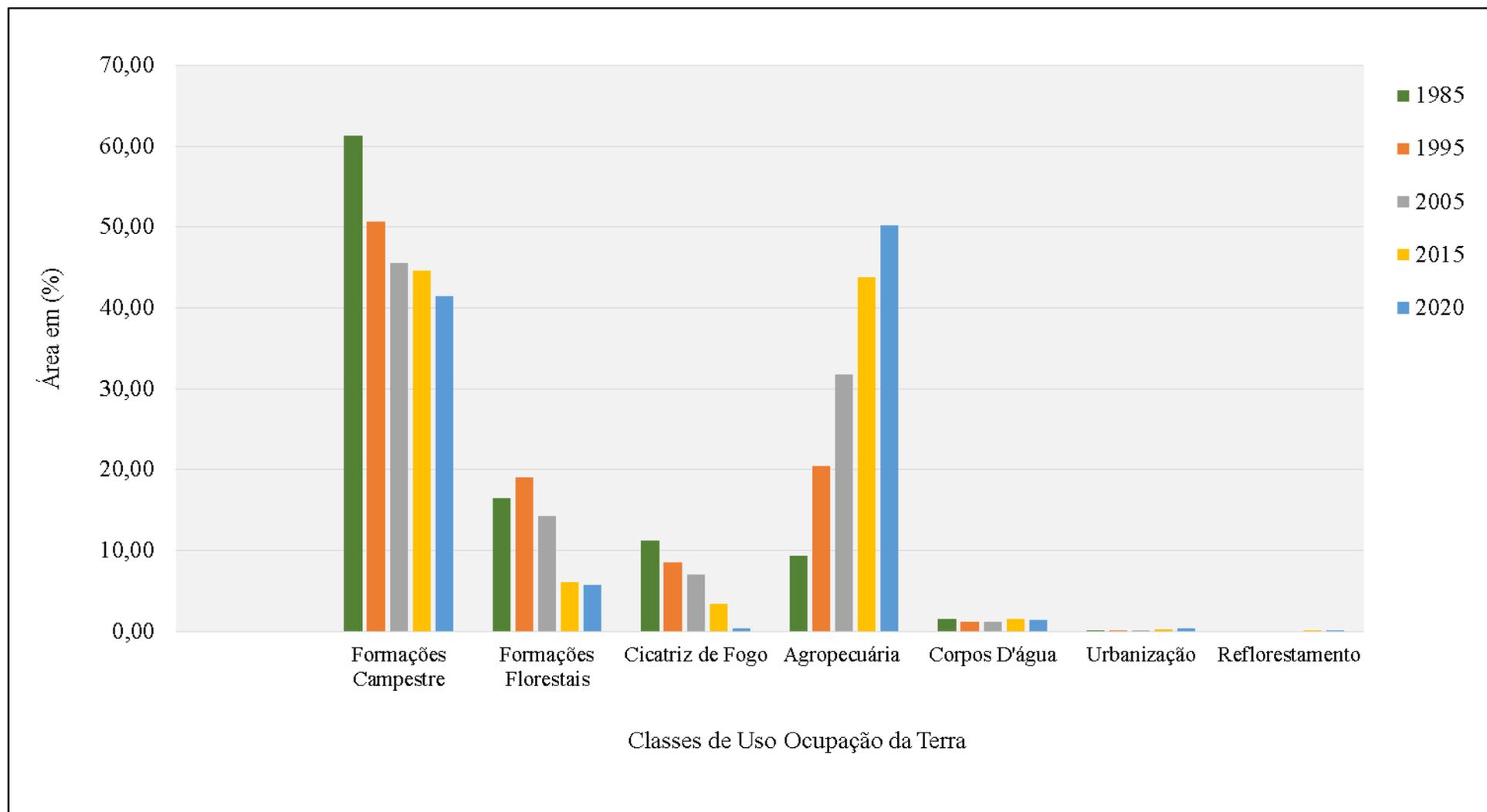
A cobertura vegetal contribui com a defesa de um terreno contra a erosão, tal efeito da cobertura vegetal pode ser assim enumeradas: 1) proteção direta contra o impacto das gotas das chuvas; 2) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; 3) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água, 4) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim a sua capacidade de retenção de água, 5) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

A classe agropecuária mostrou expressivo avanço no município. Em 1985, ocupava 9,34% do município. Já em 2020, passou a ocupar 50,19%, apresentando aumento de 437,36 %, mantendo-se distribuídas por todo território do município.

Esta dinâmica se explica pela implantação do PRODECER III em 1996 e da BUNGE em 2007.

Segundo a COAPA, a safra 2020/21 representou um incremento de até 7 mil hectares, elevando a área de soja para 60 mil, frente a temporada 2019/20, quando somou 53 mil hectares. E “Terá ainda muita abertura de áreas”. Com este incremento de área plantada com a cultura da soja, mostra que a cada ano esta cultura continua ganhando espaço no município e a expansão agrícola continua. Mostrando a necessidade de continuidade de estudos a fim de acompanhar a dinâmica agrícola no município.

Gráfico 4: Classes de uso e ocupação da Terra no município de Pedro Afonso - TO, anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020 em %.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Tabela 11: Análise comparativa entre 1985 e 2020

Classes Temática	1985 (%)	2020 (%)	Evolução (%)
Formações Campestre	61,31	41,48	- 32,34
Formações Florestais	16,46	5,82	- 64,64
Agropecuária	9,34	50,19	+ 437,37
Cicatriz de Fogo	11,28	0,41	- 96,37
Urbanização	0,09	0,43	+ 377,78
Corpos D'água	1,53	1,50	- 1,96
Reflorestamento	0	0,09	+ 0,09
Total	100	100	-

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021). (-): redução da classe; (+) = aumento da classe).

A classe, cicatriz de fogo apresentou redução significativa. Em 1985 ocupava 11,28% do município. Enquanto em 2020 ocupou apenas 0,41% do mesmo.

Observa-se que em 1985, a prática de fogo era comum no município e em função da época seca, o mesmo poderia perder o controle e se alastrar. Já em 2020, as áreas antes ocupadas pelos campos nativos e pequenos agricultores, foram substituídas pela monocultura da soja e cana-de-açúcar. Substituindo o uso do fogo no preparo dos solos, pelos métodos de preparos mecanizados, sistema de plantio direto e cultivo mínimo.

A classe urbanização, em 1985 apresentava 0,09% do território municipal. Já em 2020 apresentava 0,43%. Crescimento de 477,77%, mostrando o dinamismo da urbanização influenciada pelo agronegócio. Uma realidade no país.

Quanto à classe, Corpos D'água, não houve alteração significativa. Em 1985 apresentava 1,53% e em 2020 apresentava 1,50%.

A classe Reflorestamento foi identificada a partir de 2015 e em 2020 aparece com 0,09%. O reflorestamento é composto pela plantação de Seringueira (*Hevea brasiliensis*), que pertence à Fazenda Brejinho, com aproximadamente 176 hectares de plantio, e foi implantada após 2005.

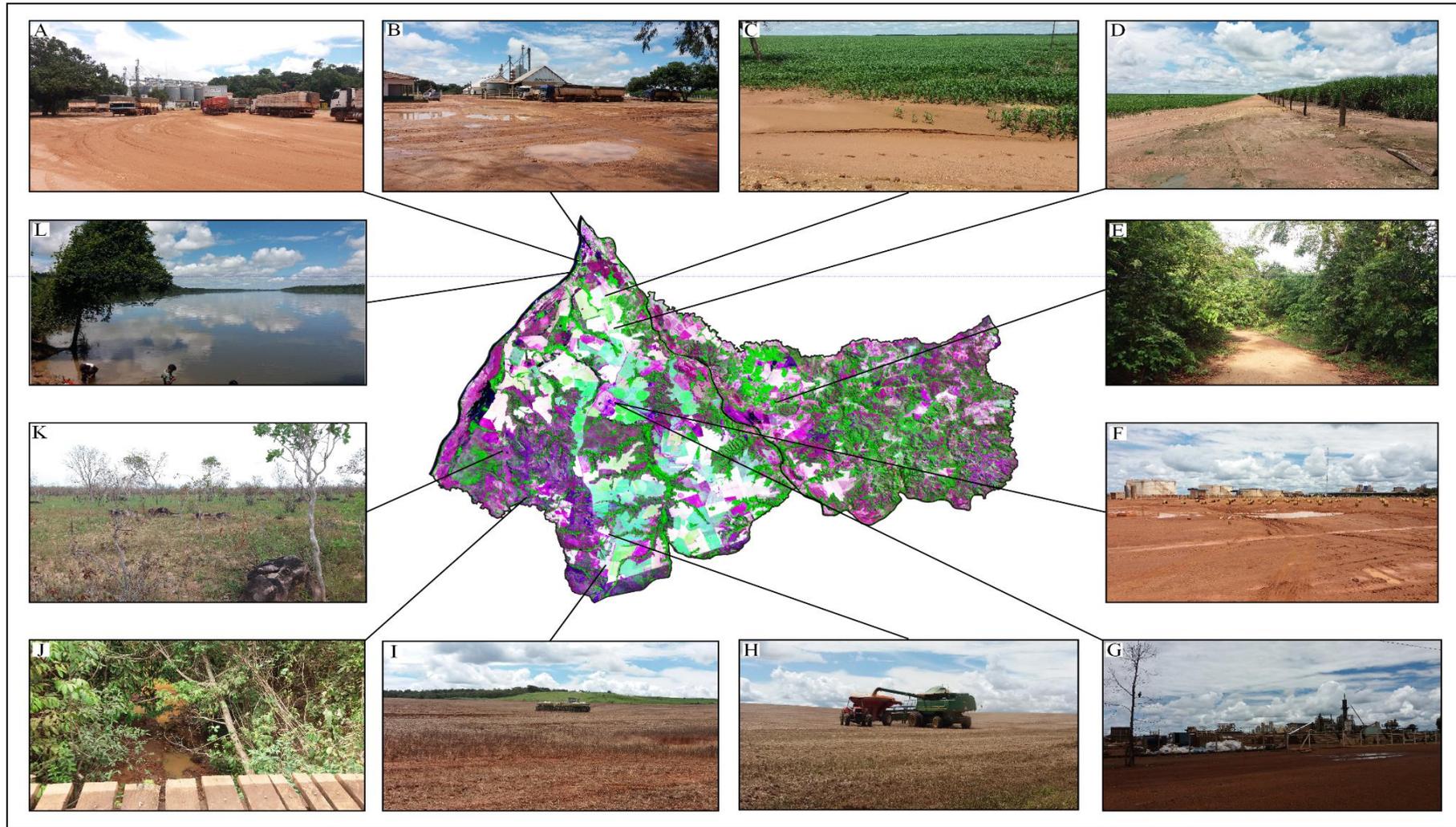
A classe cicatriz de fogo foi classificada separadamente, porque nem sempre as queimadas ocorrem somente para a prática da pecuária e agricultura. Na época seca, período em que foi escolhido as imagens para esta pesquisa, é comum ocorrer queimadas que fogem do controle dos órgãos ambientais, causando danos a extensas áreas de vegetação do Cerrado e as matas de galerias e ciliares.

6.7 Aspectos de Transformações Ambientais

Baseado nos trabalhos de campo, buscou-se observar as principais transformações ambientais ocorridas na paisagem do município, mostrada nas fotos das áreas agrícola:

Conforme a figura 33, tem-se o anexo I, destacando através de fotos os aspectos de uso e ocupação da Terra no município de Pedro Afonso-TO, para o ano de 2021. Sendo: (A) - Silo de armazenamento e beneficiamento de grãos da COAPA; (B) - Silo de armazenamento e beneficiamento de grãos da Agrinorte; (C) – Milho safrinha, plantado após a colheita da soja; (D) - Milho safrinha dividindo espaço com a cana-de-açúcar; (E) - Remanescente de vegetação nativa (Formação Florestal) rodeado por pecuária; (F) – Tanques de armazenamento de etanol na área da usina da BPBung bioenergia; (G) – Usina de beneficiamento da cana-de-açúcar da BPBung bioenergia; (H) – Colheita da soja; (I) – Plantio do milho safrinha na palhada da colheita da soja; (J) – Córrego degradado com baixo volume de água; (K) – Campo limpo com cicatriz de fogo e rebrota do capim nativo ; (L) - Rio Tocantins com margem antropizada.

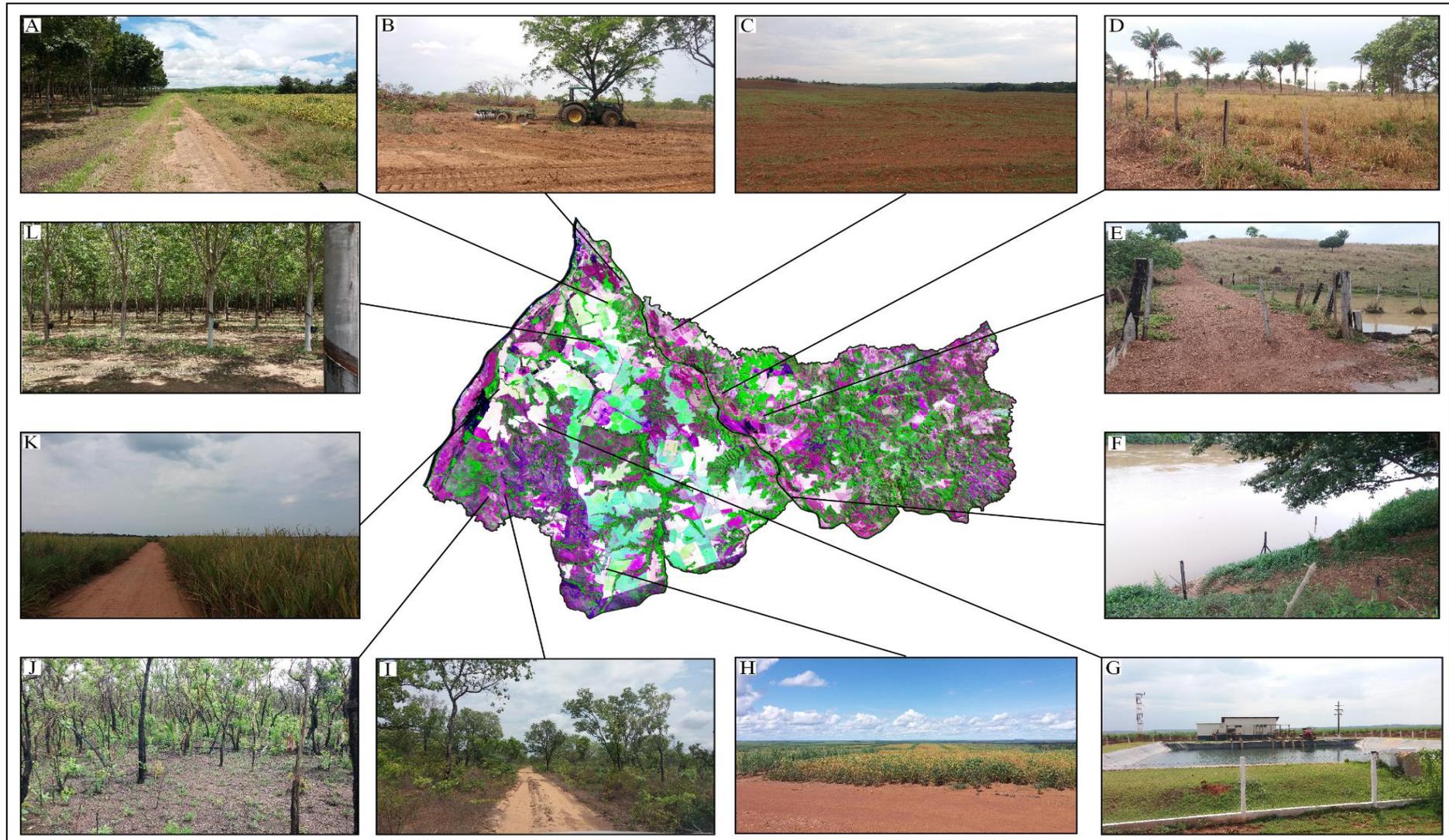
Figura 33: Aspectos de Uso e Ocupação da Terra atual – ANEXO I.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Conforme a figura 34, tem-se o anexo II, destacando através de fotos os aspectos de uso e ocupação da Terra no município de Pedro Afonso-TO, para o ano de 2021. Sendo: (A) – À direita, soja no ponto de aplicar dessecante para maturação uniforme e colheita, à esquerda Seringueira no processo da colheita e ao fundo, cana-de-açúcar; (B) – Desmatamento e preparo de solo para formação de pastagem; (C) – Preparo convencional do solo para o plantio de soja; (D) – Pastagem ressecada por déficit hídrico; (E) – Pastagem ressecada por déficit hídrico e represa com água de baixa qualidade para dessedentação animal ; (F) – Rio Sono com escavações nas margem; (G) – Tanque para armazenamento e captação de água para irrigação da cana-de-açúcar da BPBung bioenergia; (H) – Soja em consórcio com cana-de-açúcar para minimizar o ataque de pragas e doenças; (I) – Cerrado ralo; (J) – Cerrado regenerando após queimadas; (K) – Cana-de-açúcar no ponto de colheita; (L) - Processo de colheita do látex da Seringueira.

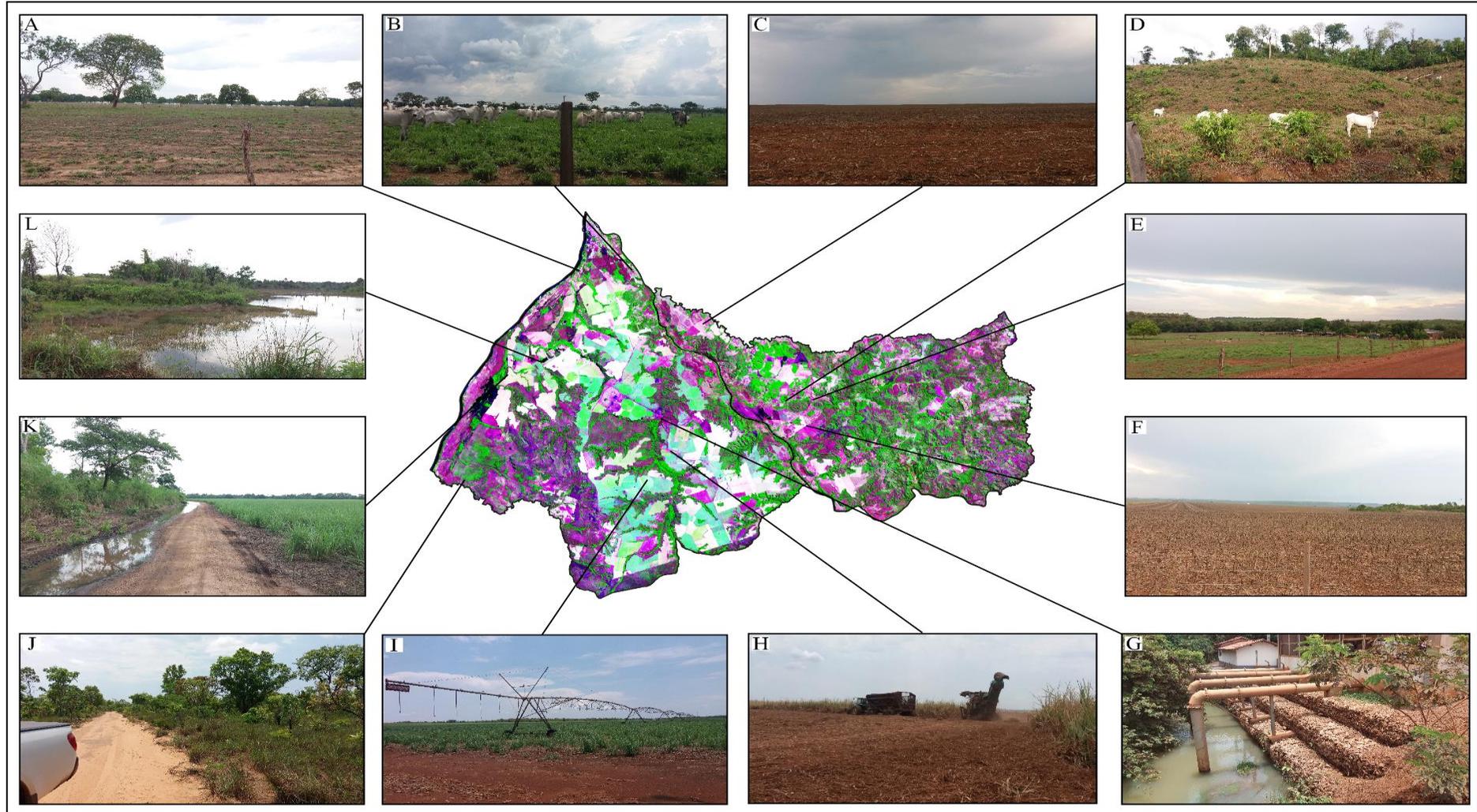
Figura 34: Aspectos de Uso e Ocupação da Terra atual – ANEXO II.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Conforme a figura 35, tem-se o anexo III, destacando através de fotos os aspectos de uso e ocupação da Terra no município de Pedro Afonso-TO, para o ano de 2021. Sendo: (A) – Pecuária extensiva; (B) – Pecuária semi-intensiva irrigada; (C) – Solo preparado para o plantio de soja, com sistema de cultivo mínimo; (D) - Pecuária extensiva desenvolvida em área de morro; (E) – Pastagem com superpastejo e indício de degradação; (F) – Área de colheita do milho safrinha e sistema de plantio direto; (G) – Captação de água do Ribeirão Lajeado para irrigação da cana-de-açúcar; (H) – Máquinas na colheita da cana-de-açúcar; (I) – Pivô central utilizado na irrigação da cana-de-açúcar; (J) – Cerrado; (K) – Rebrotas da cana-de-açúcar, conhecida como cana soca; (L) - Represamento de cursos d'água por barramento, formando lagoa com cemitério de árvores no interior da lagoa.

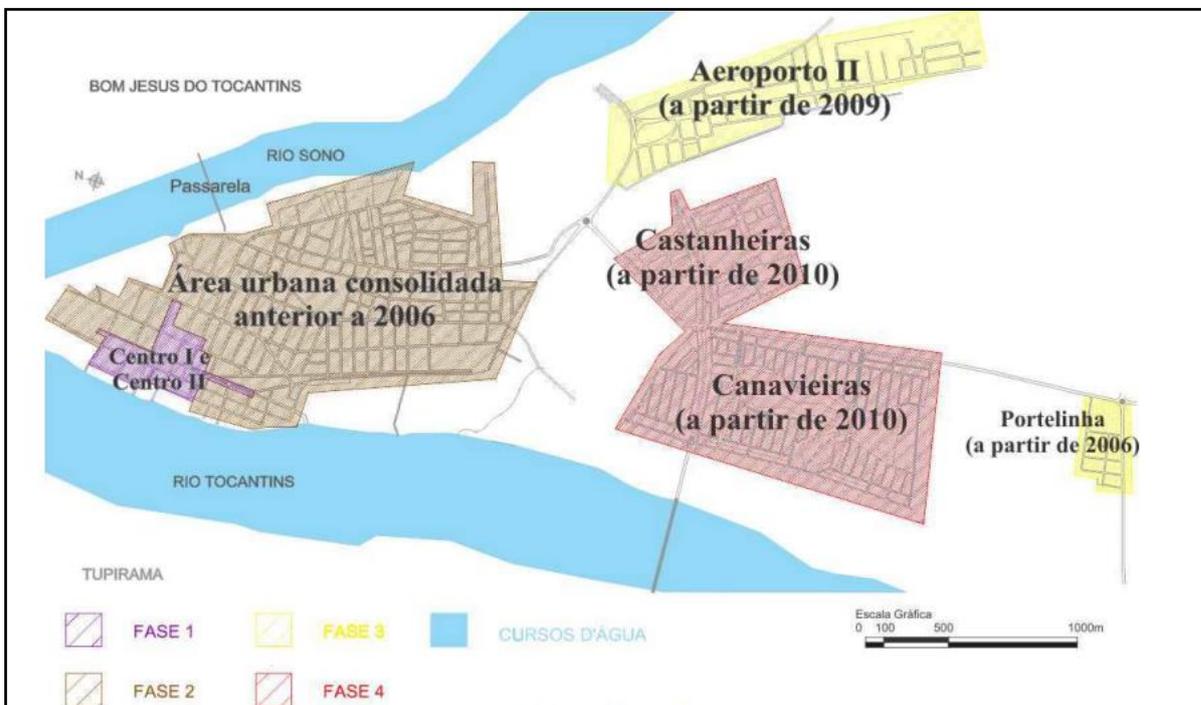
Figura 35: Aspectos de Uso e Ocupação da Terra atual – ANEXO III.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Em uma pesquisa realizada por Pereira, *et al.* (2014) em Pedro Afonso, a autora aponta transformações na malha urbana do município em função da implantação da usina da Bunge, conforme a figura 36.

Figura 36: Mapa apresentando as fases de transformações na malha urbana de Pedro Afonso.



Fonte: Pereira *et al.* (2014).

A Cidade de Pedro Afonso, possui nesta data, os seguintes bairros ou setores: Centro I e II, setor aeroporto I, Santo Afonso, Maria Galvão, Bela Vista I e II, Habitat Brasil e Zacarias Campelo, todos consolidados anteriormente a 2006. Castanheira e Canavieiras, são loteamentos de empresas. Setor Joaquim de matos Lima (Portelinha) e Canadá, loteamento de “invasão” e não possui regularização. Setor Supercílio próximo à AABB, não regularizado. Setor Aeroporto II, loteamento de “invasão”, está no processo de regularização pela prefeitura e o mais recente, setor União que está se formando pela venda de lotes por partes dos proprietários das terras.

O processo de crescimento de algumas cidades do interior do Tocantins, veio atrelado à instalação de empreendimentos do agronegócio, o que tem contribuído para uma série de problemas sociais e ambientais, é o caso de Pedro Afonso.

Conforme aponta Pereira *et al.* (2014):

Os problemas de implantação e crescimento de cidades no interior do Tocantins, somados aos impactos que a chegada de empresas multinacionais do agronegócio tem causado em municípios pequenos na região Norte do país, considerada “atrasada” em relação ao desenvolvimento econômico da região sul e sudeste do Brasil, são vários.

A fragilidade que o poder público tem apresentado em lidar com os problemas, somada à tendência dos próprios gestores da cidade tomarem decisões dirigidas pela forma capitalista da produção do espaço urbano, faz com que as problemáticas se aprofundem e se perpetuem.

Observa-se que vários impactos ambientais poderiam ter sido evitados se o poder público conseguisse agir em conformidade com suas atribuições legais, acompanhando e atuando infrações às legislações pertinentes. Embora parte das ocupações em áreas protegidas pela legislação ambiental tenha se dado ainda nos primórdios de Pedro Afonso, a chegada da Usina intensificou o processo. Estes problemas são agravados tanto pela falta de conscientização da população, quanto pela atuação deficiente do poder público.

As mudanças ocorridas nas paisagens, geralmente se dão por fatores socioeconômicos e são cada vez mais identificadas como ações que influenciam e contribuem para as mudanças ambientais. Na maioria dos espaços geográficos, as paisagens sofrem variação na sua composição vegetal de forma direta ou indiretamente influenciada por atividades humanas para finalidade econômica, elevando a exigência das terras para produção agropecuária, depauperando os recursos naturais de forma irracional.

Os padrões de uso e ocupação da Terra e a cobertura vegetal de uma região, podem influenciar na quantidade e qualidade da água e no fluxo da fauna, podendo alterar a abundância e os padrões espaciais das espécies nativas, muitas vezes resultando em perda de habitat, fragmentação e até mesmo a extinção de espécies endêmicas. Este dinamismo da paisagem é importante para revelar os problemas ambientais, e uma das formas de descrever os efeitos do manejo da terra.

Desse modo, um município com tamanha dinâmica rural e agrícola, belezas paisagísticas do que ainda resta de sua estrutura vegetal e hídrica, deve-se considerar os dados de suas fragilidades frente aos problemas ambientais e reforçar nos planejamentos a fim de melhorar as formas de uso ocupação das terras, respeitando os recursos naturais existentes, pois a escassez destes, resultará em danos irreparáveis, à sociedade e às atividades agrícolas, ou seja, ao município em sua totalidade, pois assim. É necessário produzir, porém, reforça-se a necessidade de minimizar os prejuízos ao meio ambiente.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos de mapeamento que fundamentaram nas rotinas de PDI (Processamento Digital de Imagem) e na técnica de classificação supervisionada utilizado nesta pesquisa permitiram identificar as modificações ocorridas na paisagem atendendo aos objetivos propostos.

A partir das análises do mapeamento de uso e ocupação da terra foi possível notar que houve a diminuição da cobertura vegetal ao longo dos anos analisados; processo que está consequentemente associado ao desmatamento dessas áreas para introdução da agropecuária, tendo em vista que predominam no município atividades agrícolas.

O município de Pedro Afonso, apresenta uma série de condicionantes físicos que favoreceram a implantação, fixação e expansão das atividades agropecuária, principalmente a agricultura.

Dentre estas condicionantes, temos a declividade, com 78,40% de sua extensão na faixa de até 5%, ocupando 1.579,59 km² da área total do município. Com declividade suave, o que facilitou a utilização de máquinas agrícolas nos processos do preparo, manejo e colheitas das culturas, facilitou os trabalhos no campo, permitiu trabalhar maiores áreas e contribuiu para que o município em 2020, apresentasse mais de 50% de seu território com agropecuária.

Outro condicionante favorável à expansão agrícola é a capacidade hídrica do município, que tem em seu território os Rios Tocantins, Sono, Perdida e Negro, seguido por vários afluentes. O que veio favorecer a captação de água para irrigação das lavouras. Iniciado no PRODECER III com a soja, após a finalização deste programa, continuou com a cana-de-açúcar pela Bunge, que utiliza os sistemas de irrigação por pivô central.

O município também apresenta classes de solos possíveis de serem trabalhados com a monocultura. Visto que o agronegócio investe pesado em tecnologia a seu favor.

Estes fatores, além de contribuírem para o avanço da agricultura no município, substituíram a agricultura tradicional, em sua maioria, pela agricultura tecnológica, dependente de altos investimentos financeiros, o que tornou inviável para os pequenos produtores, que passaram a conviver com maior infestação de pragas e doenças em suas atividades.

Outro problema é a grande utilização de produtos químicos utilizados no controle de pragas e doenças nas monoculturas, que passam a contaminar o ar, as águas e os alimentos de quem tem propriedade próxima destas lavouras. Muitos pequenos produtores se veem na necessidade de venderem suas terras e emigrarem para cidade a fim de tentar uma nova vida,

mudam de profissão ou juntamente com suas famílias, abarrotam os bolsões de misérias nas cidades.

O fato de Pedro Afonso apresentar recursos hídricos abundantes, à prática agrícola precisa respeitar critérios quanto a utilização destes. O que poderá reduzir drasticamente os volumes da vazão dos corpos d'água, pelo fato de serem retirada principalmente na época das secas, podendo acelerar na escassez de água.

Também deve preservar as matas ciliares, faixa de vegetação que irá proteger as nascentes e os corpos d'água, evitando que aumente o processo de assoreamento causado pelo carreamento das partículas de solo que são desprendidas das áreas que estão descobertas, principalmente no início das chuvas, que coincide com a época do preparo de solo e plantio das culturas.

Dentre os vários problemas socioambientais apontados nesta pesquisa (figuras 33, 34, 35 e 36), temos:

- O crescimento desordenado da malha urbana, impulsionado por invasões e loteamentos com especulação imobiliária;
- Aumento exagerado do custo de vida (sexta básica e moradia);
- O assoreamento dos rios e córregos;
- Utilização das áreas de matas ciliares em substituição pela agropecuária;
- Retirada da água dos córregos e ribeirões em diversos pontos para irrigação da cultura da cana-de-açúcar;
- Utilização dos resíduos industriais da cana-de-açúcar na própria cultura. No caso da vinhaça, acredita-se que a mesma pode causar danos ao meio ambiente, se carreado para os corpos d'água, por ser corrosivo e possuir altas concentração de sais;
- Degradação de algumas pastagens;
- Grandes porções de solos descobertos;
- Áreas desmatadas e subutilizadas;
- Queima do capim nativo para rebrota e utilização pela pecuária
- Desmatamento e queimadas para utilização de roças de tocos, implantação de soja, formação e reforma de pastagens;
- Represamento de corpos d'água no meio das grandes lavouras, ocasionando a morte de diversas árvores.

Pode-se observar a dinâmica agropecuária do município a partir dos mapas temáticos, que representa uma mudança temporal em um período de 35 anos, o que permitiu a

quantificação dos temas de uso e ocupação da Terra. Foi observado um aumento nas áreas de agropecuária e redução nas áreas de vegetação.

Recomenda-se aos gestores uma atenção especial para as áreas prioritárias do município, áreas de reserva legal, de preservação permanentes, corpos d'água, dentre outras que carecem de atenção devido sua fragilidade ou impossibilidade de uso para atividades agropecuárias, para a conservação do cerrado e manutenção da biodiversidade, importantes para o equilíbrio dos ecossistemas do município.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS: Especialistas sugerem métodos mais eficazes para acelerar Cadastro Ambiental Rural. Brasília, 04 nov. 2020. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/704953-especialistas-sugerem-metodos-mais-eficazes-para-acelerar-cadastro-ambiental-rural/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

AJARA, C. *et al.* O Estado do Tocantins: reinterpretação de um espaço de fronteira. **Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro**, v. 53, n. 4, p. 5-48, 1991.

AMATO NETO, J. A indústria de máquinas agrícolas no Brasil: origens e evolução. **Revista de Administração de Empresas**, v. 25, n. 3, p. 57-69, 1985.

AMBDATA-**Variáveis Ambientais para Modelagem de Distribuição de Espécies.** Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/declividade_gradiente.php. Acesso em 15 de fev. 2021.

ANDERSON, L. O. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal do estado do Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS.** São José dos Campos, 2004.

ARANTES, M. T. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob os manejos irrigado e sequeiro.** 2012. 36 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

ASBRAER - Associação Brasileira das Entidades Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Extensão rural impulsiona agricultura familiar em Tocantins.** Disponível em: <http://www.asbraer.org.br/index.php/rede-de-noticias/item/1114-extensao-rural-impulsiona-agricultura-familiar-em-tocantins>. Acesso em: 16 de dez. 2020.

Associação Brasileira da Indústria de Café - **ABIC.** A crise de 1929. Disponível em: <https://www.abic.com.br/o-cafe/historia/a-crise-de-1929-2/>. Acesso em 18 de jun. 2021.
Banco Central do Brasil. **Ajuste das contas públicas e transparência na comunicação explicam o sucesso do Plano Real.** Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/detalhenoticia/358/noticia>. Acesso em 15 de dez. 2020.

Banco da Amazônia – BASA. **História e Marca.** 2020. Disponível em: <https://www.bancoamazonia.com.br/index.php/sobre-o-banco/historia-marca>. Acessado em: 20 de jun. 2021.

BARBOSA, M. de A. **Fases de Crescimento da Cana-de-Açúcar.** Universidade do Oeste Paulista-UNIOESTE. Presidente Prudente-SP, 2016. Disponível em: <http://alexandriusmb.blogspot.com/2016/03/fases-de-crescimento-da-cana-de-acucar.html>. Acesso em 29 de jul. 2021.

BAYMA, A. P.; SANO, E. E. Séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor MODIS para detecção de desmatamentos no bioma cerrado. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 4, p. 797-813, 2015.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. de M. **Sociedade e natureza**. In: CUNHA, Sandra B. da; GUERRA, A. J. T. (orgs.). *A questão ambiental: diferentes abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2003, cap. 1.

BOMBARDI, L. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: USP, 2017.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1987. 61p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 21).

BORTOLON, E. S. O. *et al.* Caracterização climática da região de Pedro Afonso-TO no período de 1985 a 2014. Embrapa Pesca e Aquicultura-Documents (**INFOTECA-E**), 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental RIMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil: 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 2020. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 28 de out. 2020.

Brasil. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte. **Cultura da cana-de-açúcar**. Belém, IPEAN/ACAR-PA, 1973. 13 p.

BRASIL. LEI nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Institui o Novo Código Florestal**. Brasília, 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 28 de out. 2020.

BRASIL. LEI nº 261, de 20 de fevereiro de 1991. **Dispõe sobre a política ambiental do estado do Tocantins e dá outras providências**. Palmas, 20 de fevereiro de 1991. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/225856/>. Acesso em: 28 de out. 2020.

BRASIL. LEI nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, em 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 28 de out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura-MAPA, Secretaria de Política Agrícola. Portaria Nº 135, de 22 de julho de 2014. **Diário Oficial da União**. Brasília, 24 de julho de 2014 - Seção 1. (disponível em <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPort alMapa&chave=1091112747>. Acesso em 03 de ago. 2021.

BRASILAGRO. **Tocantins, uma nova história da abertura da fronteira agrícola do Brasil**. Disponível em: <https://www.brasilagro.com.br/conteudo/tocantins-uma-nova-historia-da-abertura-da-fronteira-agricola-do-brasil.html>. Acesso em: 26 de out. 2020.

BUNGE: **nossa história**. In: BUNGE Brasil. 2012. Disponível em: https://www.bunge.com.br/Bunge/Nossa_Historia.aspx Acesso em 18 de fev. 2021.

BUNGE: **Notícias**. In: BUNGE Brasil. 2011. Disponível em: <https://www.bunge.com.br/imprensa/Noticia.aspx?id=208>. Acesso em 18 de fev. 2021.

BUNGE. Negócios: **Agronegócio**. Disponível em: <https://www.bunge.com.br/Negocios/Agronegocio.aspx>. Acesso em 26 de jun. de 2021.

CARA, C. A. Modernização da agricultura brasileira e impactos ambientais. **Perspectiva Geográfica**, v. 4, n. 5, p. 126-135, 2009.

CASTILHO, D.; ARRAIS, T. A. A Ferrovia Norte-Sul e a economia regional do centro-norte do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 2, p. 209-228, 2017.

CHBAGRO. **Cultivo da soja**: Tudo o que deve ser feito para a excelência, 2021. Disponível em: <https://blog.chbagro.com.br/cultivo-da-soja-tudo-o-que-deve-ser-feito-para-a-excelencia>. Acesso em 26 de jul. 2021.

CNN Pedro Afonso. **Libertação dos Jegues, um dia para celebrar a resistência e a liberdade do povo de Pedro Afonso**. 21 de maio de 2021, Disponível em: <https://www.centronortenoticias.com.br/noticia-1629533058-um-dia-para-celebrar-a-resistencia-e-a-liberdade-do-povo-de-pedro-afonso>. Acesso em 02 de ago. 2021.

COAPA - Cooperativa Agroindustrial do Tocantins. **A nossa história**. 2019. Disponível em: <https://www.coapa.com.br/>. Acesso em 08 de fev. 2021.

COELHO, E. M.; LEE, F. Agricultura e meio ambiente: um contrassenso? **Revista UFG**, v. 11, n. 7, 2009.

COLUNA DO CLEBER TOLEDO: Agricultura familiar. Palmas, 25 out. 2019. Disponível em: <https://clebertoledo.com.br/negocios/ao-contrario-do-brasil-tocantins-aumenta-365-mao-de-obra-agropecuaria-em-11-anos/>. Acesso em: 16 dez. 2020.

CNT- Confederação Nacional do Transporte. **Transporte & Desenvolvimento – Entraves Logísticos ao escoamento de Soja e Milho**. Disponível em: <https://cnt.org.br/entraves-logisticos-escoamento-soja-milho>. Acesso em: 24 de jun. 2021.

Cornell Law School. 7 U.S. Code § 3103(19). **definitions**. Disponível em: <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/7/3103#19>. Acesso em: 04 jul. 2021.

COSTA, J. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Manica, 1996.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 124 p., 2001.

CURTARELLI, M. P. **Monitoramento ambiental por sensoriamento remoto**, 2020. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/monitoramento-ambiental-sensoriamento-remoto/>. Acesso em 29 de jul. 2021.

DE DEUS, R. M.; BAKONYI, S. M. C. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 7, p. 1306-1315, 2012.

DIAS, J.G. **Efeitos econômicos da agroindústria canavieira no município de Jataí (GO)**. 2020. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Jataí/GO, 2020. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10999>. Acesso em: 03 de ago. 2021.

EMBRAPA. **LANDSAT**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat#TM>. Acesso em 16 de mar. 2021.

EMBRAPA. Maracujá: **o produtor pergunta, a Embrapa responde** – Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://forum.aegro.com.br/question/943194874407030784/o-que-%C3%A9-alqueive>. Acesso em: 09 de dez. 2020.

EMBRAPA. **MATOPIBA**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>. Acesso em 20 de fev. 2020.

EMBRAPA. Visão 2030: **O futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Parque de Cerrado**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado/parque-de-cerrado>. Acesso em: 16 de fev. 2021.

FAO. FAOSTAT: **Uso da terra**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>. Acesso em: 04 jul. 2021.

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Retrato do Brasil agrário**. 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/retrato-do-brasil-agrario/>. Acesso em 21 de nov. 2021.

FAVARETO, A. *et al.* Há mais pobreza e desigualdade do que bem-estar e riqueza nos municípios do Matopiba. **Rev Nera** 47:348–381. 2019.

FEIL, A, A. *et al.* **Sensoriamento Remoto para diagnóstico, monitoramento ambiental e desenvolvimento regional do Bioma Pampa**. In: VI Seminário Internacional de Desenvolvimento Regional, 2013. Santa Cruz do Sul, RS. Crise do Capitalismo Estado e Desenvolvimento Regional. Santa Cruz do Sul, RS. 2013. 12 p. Disponível em: <https://www.unisc.br/site/sidr/2013/Textos/297.pdf>. Acesso em: 29 de jul. 2021.

FEIX, R. D.; MIRANDA, S. H. G. de; BARROS, G. S. de C. Comércio internacional, agricultura e meio ambiente: teorias, evidências e controvérsias empíricas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, p. 605-634, 2010.

FELDENS, F. O Homem, a Agricultura e a História. **1ª edição. Lajeado/RS. Ed. Univates**, 2018.

FLORENZANO, T.G (Org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FORNARO, A. C. **Logística e Agronegócio Globalizado no Estado do Tocantins: um estudo sobre a expansão das fronteiras agrícolas modernas no território brasileiro**. 2012. 175 f. 2012. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

FREIRE, N. C. F. *et al.* Mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma caatinga. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24773-24781, 2020.

FURTADO, C. Formação econômica do Brasil. São Paulo: **PubliFolha**, 2000. 276 p.

GARCIA, J. R. *et al.* O papel da dimensão ambiental na ocupação do MATOPIBA. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 35, 2018.

GIANNINI, P.C.F. Depósitos e Rochas Sedimentares. In TEIXEIRA, Wilson *et Alli.* **Decifrando a Terra** (pg. 285-301). São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

GIANNOTTI, M. A. **Geotecnologias na análise de impactos sócioambientais: o caso da queima de cana-de-açúcar na região de Piracicaba**. 2003. Tese de Doutorado. tesis de maestria), São José dos Campos, INPE. Piracicaba 180 p.

GOMES, C. S. Impactos da Expansão do Agronegócio Brasileiro na Conservação dos Recursos Naturais. **Cadernos do Leste**, v. 19, n. 19, 2019.

Haidar, R. F. *et al.* Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 3, p. 261-290, 2013.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário, 2017**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/pedro-afonso.html>. Acesso em 19 de jul. 2021.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/pedro-afonso/historico>. Acesso em 31 de out. 2020.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 3ª Ed. 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 29 de out. 2020.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/pedro-afonso/panorama>. Acesso em 05 de set. 2019.
Inauguração da Ponte em Pedro Afonso. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Z-KSy8WI8q8>. Acesso em 25 de fev. 2021.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Módulo Fiscal**. Disponível em: <https://antigo.incra.gov.br/pt/modulo-fiscal.html>. Acesso em 23 de jun. 2021.

INESC. **52 anos de incentivos fiscais na Amazônia: para que serviu?** Disponível em: <http://amazonia.inesc.org.br/artigos-inesc/52-anos-de-incentivos-fiscais-na-amazonia-para-que-serviu/>. Acesso em 23 de fev. 2021.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **LANDSAT**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>. Acesso em 31 de out. 2020.
Instituto Brasileiro de Florestas - IBF. **As Principais Leis Ambientais no Brasil**.

LEITE, R. C. C.; CORTEZ, L. A. B. O etanol combustível no Brasil. In: **BIOCOMBUSTÍVEIS no Brasil: realidades e perspectivas**. Brasília, DF: MRE, 2007. v. 1, p. 60-75.

LIMA, F. A. X. *et al.* A reprodução socioeconômica na Agricultura Familiar: Uma análise da pecuária extensiva na Capela do Caravágio-RS. **REDES: Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 20, n. 3, p. 94-118, 2015.

LIMA, J. S. G. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. 2017.

LIMA, M. **Serra dos Pilões: jagunços e tropeiros**. 3. ed. Gurupi: Cometa, 2001.

LUZ, N.B. da; ANTUNES, A.F.B.; TAVARES JÚNIOR, J.B. Segmentação multirresolução e classificação orientada a objetos aplicados a imagens Spot-5 para o mapeamento do uso da terra. **Floresta**, v.40, p.429-446, 2010.

MACIEL, G. F.; AZEVEDO, P.V. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no estado do Tocantins. **Revista Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 141-154, 2009.

MALDANER, D.; CARLI, E. M. de. **Utilização de Agrotóxicos no Brasil**. Seminário de Iniciação Científica, Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra Universitária, p. e22779-e22779, 2019.

MANTOVANI, J. E.; PEREIRA, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de Cerrado através de dados TM/Landsat. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 9, p. 11-18, 1998.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura Familiar**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/agricultura-familiar-1>. Acesso em: 15 de dez. de 2020.

MARANHÃO, O. **Setentrião Goiano**. 2ª ed. Goiânia: Piratininga, 1990.

MATOS, P. F.; PESSOA, V. L. S. **A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território**. *Geo Uerj*, v. 2, n. 22, p. 290-322, 2011.

MAZOYER, M. 1933-**História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea** Marcel Mazoyer, Laurence Roudart; [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo. 2009. Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010.

MENDONÇA, B. G. **Análise Multitemporal do Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Da Prata-MS, com uso de Geotecnologias**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus de Aquidauana. p. 60. 2018. disponível em: <https://cpaq.ufms.br/pos-graduacao-mestrado-em-geografia/dissertacoes-mestrado/>. Acesso em 28 de out. 2020.

MIRANDA, A. B. **História de Pedro Afonso**. Goiânia: Oriente, 1973.

MIRANDA, R. A. de. **Breve história da agropecuária brasileira**. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. (Ed.). Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: cenário histórico, divisão política, características demográficas, socioeconômicas e ambientais. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 2, p. 31-57.

MOREIRA, H. L.; OLIVEIRA, V. A. de. Evolução e gênese de um Plintossolo Pétrico concrecionário êutrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1683-1690, 2008.

NASCIMENTO, H. R.; ABREU, Y. V. de. **Geotecnologias e o Planejamento da Agricultura de Energia**. Málaga, Espanha: Universidade de Málaga, 2012. 145 p.

NOVACANA. **Aspectos do plantio da cana-de-açúcar**, 2021. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/aspectos-plantio-cana-de-acucar>. Acesso em 28 de jul. 2021.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo-SP: Blucher, 2010.

NUNES, M. R. **O antigo norte goiano no trajeto da BR: o papel da rodovia Belém-Brasília para o (des)envolvimento agrícola no Tocantins**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, p. 150. 2015.

((o)) eco. O que é o Código Florestal. **Dicionário Ambiental**. Rio de Janeiro, ago. 2014. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28516-o-que-e-um-ecossistema-e-um-bioma/>. Acesso em: 22 de jun. 2021.

((o)) eco. **Código Florestal é insuficiente para proteger biodiversidade do Cerrado**. Rio de Janeiro, jan. 2018. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/noticias/codigo-florestal-e-insuficiente-para-protoger-biodiversidade-do-cerrado/>. Acesso em 23 de jun. 2021.

OCB/TO. **PRODECER III: 15 Anos Promovendo o Desenvolvimento**. 2011. Disponível em: <http://www.tocantinscooperativo.coop.br/prodecer-iii-15-anos-promovendo-o-desenvolvimento/>. Acesso em 08 de fev. 2021.

OLIVEIRA, F. P. FILHO, EIF; SOUZA, AL; SOARES, V.P. **Mapeamento de Florestas Monodominadas por Myracrodruon urundeuva com Imagens TM-Landsat 5 e Rapideye**. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 22, n. 3, p. 322-333, 2015.

OLIVEIRA, R. M. de. O desenvolvimento da agricultura no Brasil e seus rebatimentos sobre bioma Cerrado e o uso comunal dos gerais pelos geraizeiros. **Território em Disputa: Os**

desafios da geografia agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro. Uberlândia-MG, 2012.

OLIVEIRA, S. de S. **O avanço do capitalismo no cerrado brasileiro e a metamorfose do latifúndio no município de Pedro Afonso Tocantins**. 2017. 289 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, UNESP. São Paulo, 2017.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 465-473, 2000.

PEREIRA, O. C. M., *et al.* Configuração urbana: implantação e transformações na estrutura de ocupação de municípios no interior do Tocantins. *In: III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo*. 2014, Belém, **anais eletrônicos...** Belém: APPURBANA, 2014, p. 1-15. Disponível em: <http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT3-275-114-20140530215956.pdf>. Acesso em 02 de out. 2021.

PRADO JÚNIOR, C. História econômica do Brasil. 38. ed. São Paulo: **Brasiliense**, 1990. 364 p.

Prefeitura de Pedro Afonso. **Ranking de Exportação**, 2017. Disponível em: <http://www.pedroafonso.to.gov.br/pedro-afonso-e-4o-municipio-tocantinense-no-ranking-de-exportacao>. Acesso em 18 de jul. 2020.

Pressreader. **Curiosidades da Agricultura e Etimologia**. 2015. Disponível em: <https://www.pressreader.com/angola/jornal-de-angola/20151017/281779922968357>. Acesso em 22 de nov. 2021.

QUIRINO, T. R. **Agricultura e meio ambiente: tendências**. Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE), 1998.

Revista Brasileira de cafeicultura. **O café e a história do mundo contemporâneo**. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/?mat=12439> . Acessado em 18 de jun. 2021.

RICOBOM, A. E.; CANEPARO, S. C. A cartografia prospectiva e a geração de mapas preditivos do uso e cobertura da terra—estudo de caso: perímetro urbano de Paranaguá—Paraná—Brasil. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 31, p. 227-259, 2014.

ROCHA, A. A. **Sojicultor de Mato Grosso esvazia o bolso para financiar safra**, 2008/09. Valor Econômico, Agronegócio, 2009.

RODRIGUE, J. P.; COMTOIS, C; SLACK, B. The Geography of Transport Systems. Hofstra University: **Department of Economics & Geography**, 2013. Disponível em: <http://people.hofstra.edu/geotrans>. Acesso em: 24 de jun. 2021.

RODRIGUES, W.; BARBOSA, G. F.; ALMEIDA, A. **Análise custo/benefício ambiental da produção de soja em áreas de expansão recente nos cerrados brasileiros: o caso de Pedro Afonso—TO**. CEP, v. 77, p. 090, 2009.

ROSA, A.V. **Abordando as relações agricultura e meio ambiente no ensino formal, através da educação ambiental considerações a partir de um caso.** 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 7. ed. Universidade Federal de Uberlândia, EDUFU, 2009.

SANTOS, H. G. dos, *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos,** 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** São Paulo: Edusp, 2002.

SANTOS, M. A Questão do meio ambiente: desafios para a construção de uma perspectiva transdisciplinar. **Geotextos**, 1 (1), p. 139-151, 2005.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização – do pensamento único à consciência universal.** 18 ed. Rio de Janeiro, São Paulo: Record, 2001.

SANTOS, P. S. **Expansão agrícola de 1984 a 2006 e estimativas agrícolas por sensoriamento remoto e SIG no município de Luís Eduardo Magalhães-BA.** In: GIANNOTTI, M. A. **Geotecnologias na análise de impactos sócio - ambientais: o caso da queima de cana-de-açúcar na região de Piracicaba.** 2001. 147 p. (INPE-9821- TDI/864). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

SANTOS, P. S. **Expansão agrícola de 1984 a 2006 e estimativas agrícolas por sensoriamento remoto e SIG no município de Luís Eduardo Magalhães-BA.** 2007. 106 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, 2007. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/09.03.17.55>. Acesso em 26 de ago. 2019.

SEAGRO - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Aquicultura. **Agricultura.** Disponível em: <https://seagro.to.gov.br/agricultura/>. Acesso em 29 de out. 2020.

SECRETARIA DA COMUNICAÇÃO: Governador lança viga da ponte sobre o Rio Tocantins em Tupirama. Palmas-TO, 14 jun. 2007. Disponível em: <https://www.to.gov.br/secom/noticias/governador-lanca-viga-da-ponte-sobre-o-rio-tocantins-em-tupirama/4qhubo00pykh>. Acesso em: 25 fev. 2021.

SEDIYAMA, T. *et al.* **Botânica, descrição da planta e cruzamentos artificial.** In: Cultura da Soja – I parte. Viçosa: UFV, p. 5-6, 1985.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da Soja.** In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, p. 553-604. 2005.

SEGATO, S. V. *et al.* **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2006. 415 p.

SENA, N. A. *et al.* Sensoriamento Remoto como ferramenta de monitoramento de resíduos sólidos urbanos. *In: 3º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, 2020, Gramado-RS. p. 1-8. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/XI-001.pdf>. Acesso em 29 de jul. 2021.

SEPLAN-Secretaria da Fazenda Planejamento. **Produto Interno Bruto (PIB) do Tocantins**. Disponível em: <http://www.sefaz.to.gov.br/estatistica/estatistica/produto-interno-bruto-pib-do-tocantins/>. Acesso em 29 de out. 2020.

SHIRATSUCHI, L. S. *et al.* Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. **Embrapa Agrossilvipastoril-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

SILVA, A. A. F. **Variações do ritmo pluvial e a produção de soja no Município de Pedro Afonso – TO**. 229 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2013.

SILVA, C. A. F. da. A rede política territorial da soja em Pedro Afonso (TO). **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 4, n. 7, p. 91-107, jan./jul. 2010.

SILVA, C. M. da. Entre Fênix e Ceres: A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. **Várias Histórias**, v. 34, n. 65, p. 409-444, 2018.

SILVA, R. R. da. **Elementos e dados da história do Estado do Tocantins**, 120 p.: il. Goiânia-GO. Ed. da PUC. Goiás, 2010.

SILVA, V.V. da. Percepção de agricultores familiares sobre métodos produtivos e conhecimento ambiental no projeto de assentamento remansinho, Tupiratins-TO. – Ponta Grossa (PR): **Atena Editora**, 2019. – (Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva; v. 4). p. 182–199.

SIMON, J., *et al.* Época de plantio e cultivares de milho safrinha no Tocantins. Embrapa Pesca e Aquicultura-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (**INFOTECA-E**), 2016.

SMIDERLE, O. J. Cultivo da Soja no Cerrado de Roraima. Embrapa Roraima-Sistema de Produção (**INFOTECA-E**), 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1120127/1/SISTPROD06Soja.pdf>. Acesso em 29 de jul. 2021.

SOBRINHO, O. P. L. *et al.* A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 1605-1625, 2019.

SOUSA, D.M.G de; LOBATO, E. **Areia Quartzosa / Neossolo Quartzarênico**. 2005. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html. Acesso em: 16 de fev. 2021.

SOUSA, D.M.G de; LOBATO, E. **Latossolos**. 2005. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 16 de fev. 2021.

SPAGNOLO, T. F. de O. **Análise da dinâmica espacial da expansão agrícola no oeste baiano entre 1984 e 2008**: estudo de caso do município de São Desidério. 2011. 51 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Brasília, 2011.

STACCIARINI, J. H. S. **O setor sucroenergético no triângulo mineiro (MG): Crescimento econômico e manutenção das desigualdades sociais em municípios especializados**. 2019. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24252>. Acesso em: 03 de agosto de 2021.

TAUNAY, A. E. **A história do café no Brasil**: no Brasil Colonial 1727-1822 (Tomo I). Rio de Janeiro: [s.n], 1939. 396 p.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros Seção Três Lagoas**, p. 21-42, 2005.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. S.; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Rev Cient Eletr FAEF**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019.

TOCANTINS. LEI nº 071, de 31 de julho de 1989. **Estabelece normas de proteção ao meio ambiente e dá outras providências**. Tocantins, aos 31 de julho de 1989. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/225855/>. Acesso em: 28 de out. 2020.

TOLEDO, M. C. M. de. Geociências no ensino médio brasileiro-Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Geologia USP. Publicação Especial**, v. 3, p. 31-44, 2005.

VALEC - Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. **Ferrovias Norte-Sul (FNS)**. Disponível em: <https://www.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul>. Acesso em 25 de jun. 2021.

VEIGA, J. E. **Crescimento, agricultura e meio ambiente**. 2012.

VERMOTE, Eric F., *et al.* Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. **IEEE transactions on geoscience and remote sensing**, v. 35, n. 3, p. 675-686, 1997.

VILELA, E. F; CALLEGARO, G. M; FERNANDES, G.W. Biomass e agricultura: oportunidades e desafios. Rio de Janeiro. **Vertente edições**, 2019. 304p.

VILLELA, F. N. J.; NOGUEIRA, C. **Geologia e geomorfologia da estação ecológica Serra Geral do Tocantins**. Biota Neotropical, v. 11, n. 1, p. 217-229, 2011.

VITTE, A. C. Modernidade, Técnica e Subjetividade nas relações Homem-Natureza. **Revista Theomai**. Buenos Aires, 2005. Disponível em: <http://theomai.unq.edu.ar/artVitte01.htm>. Acesso em 30 de jul. 2021.

WANDERLEY, M. de N. B. **O campesinato brasileiro**: uma história de resistência. Revista de economia e sociologia rural, v. 52, p. 25-44, 2014.

WIEDENFELD, R. P. Water stress during different sugar cane growth periods on yield and response to N fertilizer. **Agriculture Water Management**, v. 43 p. 173-182, 2000.

Yara Brasil. **Princípios Agronômicos da Cana-de-Açúcar**, 2020. Disponível em: Princípios Agronômicos Cana | Yara Brasil. Acesso em 03 de ago. 2021.

ZARONI, M.J; SANTOS, H.G. dos. **Plintossolos**. 2006. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_15_2212200611542.html#. Acesso em 16 de fev. 2021.