



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

FLÁVIA OLIVEIRA DOS SANTOS LUSTOSA

**USO DE GEOTECNOLOGIA NA ANÁLISE DA DINÂMICA DA
EUCALIPTOCULTURA PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA REGIÃO
DO BICO DO PAPAGAIO NO ESTADO DO TOCANTINS**

PALMAS/TO
2020

FLÁVIA OLIVEIRA DOS SANTOS LUSTOSA

**USO DE GEOTECNOLOGIA NA ANÁLISE DA DINÂMICA DA
EUCALIPTOCULTURA PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA REGIÃO
DO BICO DO PAPAGAIO NO ESTADO DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada como pré-requisito
para obtenção de Título de Mestre em
Agroenergia, do curso de Pós-Graduação
Stricto sensu em Agroenergia.

Orientador: Prof. Dr. Erich Collicchio

**PALMAS/TO
2020**

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

- O48u Oliveira dos Santos Lustosa, Flávia.
 Use de geotecnologia na análise da dinâmica da eucaliptocultura para produção de carvão vegetal na Região do Bico do Papagaio no Estado do Tocantins. / Flávia Oliveira dos Santos Lustosa. – Palmas, TO, 2020.
 107 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2020.
 Orientador: Erich Collicchio

 1. Eucalipto. 2. Biorredutor renovável. 3. Sensoriamento Remoto. 4. ZEE. I. Título

CDD 333.7

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).



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

**USO DE GEOTECNOLOGIA NA ANÁLISE DA DINÂMICA DA
EUCALIPTOCULTURA PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA REGIÃO DO
BICO DO PAPAGAIO NO ESTADO DO TOCANTINS**

ALUNA: Flávia Oliveira dos Santos Lustosa

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente:

Prof. Dr. Erich Collicchio (Presidente da comissão)

UFT

Prof. Dra. Flávia Lucila Tonani de Siqueira (Examinadora interna)

UFT

Prof. Dr. Expedito Alves Cardoso (Examinador externo)

UNITINS

Data da Defesa: 9/10/2020

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da
Dissertação foram contempladas:

Prof. Dr. Erich Collicchio (Presidente da comissão)

UFT

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho, ao meu esposo,
Tito Lustosa e aos meus pais José e
Nirce, que sempre compreenderam o
poder transformador da educação.*

“Pois desde a criação do mundo os atributos invisíveis de Deus, seu eterno poder e sua natureza divina, têm sido vistos claramente, sendo compreendidos por meio das coisas criadas, de forma que tais homens são indesculpáveis”

Romanos 1:20

AGRADECIMENTOS

Ninguém realiza nada sozinho, desta maneira, agradeço primeiramente, a Jesus, meu fiel amigo, conselheiro, socorro nos momentos difíceis, meu seguro refúgio. Muitas vezes foi por Ele e somente Nele, que consegui ir a diante quando os desafios chegavam.

Agradeço ao meu esposo, Tito Lustosa, que não só me apoio, com também foi comigo, sendo aluno no mesmo programa de pesquisa e vivendo cada momento desta jornada ao meu lado.

Aos meus pais, José e Nirce, que sempre incentivaram e investiram na minha educação, proporcionando o mesmo às minhas irmãs, que também agradeço: Nívea, Márcia e Daniela. A vocês, meu muito obrigada!

Ao professor Dr. Erich Collicchio, meu orientador, pelas doses generosas de paciência, disposição em ensinar, corrigir e me levar a diante em todos os pequenos detalhes desta pesquisa, pois muitas vezes achei que não seria possível, mas ele com o seu olhar e expertise acreditou e me impulsionou a seguir em frente.

A professora Dra. Flávia Lucila Tonani, coordenadora do Programa, por seu entusiasmo e paixão dedicados à Agroenergia, o que impactou positivamente a minha caminhada de mestranda.

Ao professor MSc. Eduardo Quirino, que no apagar das luzes, quando muitos pontos estavam sem resposta e solução, apareceu como um anjo, só que na forma de gente, sendo generoso, resignado e atencioso.

Aos amigos do Laboratório LAMAM/UFT, em especial, Fábio Gamba, André e Felício, pelas conversas que sempre agregavam conhecimentos, ensinamentos e ânimo.

As empresas de cultivos florestais presentes em Darcinópolis e São Bento do Tocantins, pois aceitaram as visitas em suas áreas de floresta plantada e em suas unidades de produção de carvão vegetal, proporcionando a coleta de informações que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor MSc. Marcelo Divino, pelos ensinamentos e auxílios nas dúvidas que foram surgindo.

Aos meus amigos, Adriano e Laura, Mona Lisa, Juciene (Jucy) e Verônica, pelo cuidado, companheirismo, palavras de fé e esperança.

Aos meus pastores, Denny e Sílvia Souto, pelas orações, cuidado e pastoreio, sempre presentes e atenciosos.

Aos outros amigos que o mestrado me deu, Roberta Samara, Roseane (Rose), Fredson, Vanessa e Cibele.

À minha querida Segunda Igreja Batista em Palmas, SIBAPA, pelo suporte espiritual, pelas muitas ministrações que recebi durante esse tempo, que com certeza fizeram a diferença na renovação da minha fé.

Aos meus colegas de trabalho da Defesa Civil de Palmas, Bruno, Antônio Sávio, em especial, Eneida, pela amizade, compreensão e cuidado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia - PPGA, na pessoa da Geane, secretária executiva, por sua disposição em ajudar durante esse período.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Uso de geotecnologia na análise da dinâmica da eucaliptocultura para produção de carvão vegetal na Região do Bico do Papagaio no Estado do Tocantins

Resumo

A floresta plantada representa diversos produtos e subprodutos presentes na sociedade como celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa, bem como oferece diversos serviços ambientais. No Estado do Tocantins desde 2007 houve uma intensificação de projetos ligados à silvicultura, principalmente na região do Bico do Papagaio, para fins de produção carvão vegetal como biorredutor renovável, insumo do setor siderúrgico. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a dinâmica das áreas de cultivo de eucalipto, na região do Bico do Papagaio. A aquisição e processamento de imagens de satélite com técnicas de sensoriamento remoto para os anos de 2006 e 2019, possibilitou a identificação dos cultivos de eucalipto existentes em cada ano. Os aspectos físicos, estratégicos e potencialidades para a produção de eucalipto na região também foram levantados. Com a sobreposição das áreas de cultivo identificadas em 2019 e o Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE – Norte do Estado do Tocantins identificou-se as zonas de influência. A área de cultivo de eucalipto acumulou uma variação significativa no período analisado. A maior parte das áreas estão em áreas com Neossolos Quartzarênicos, necessitando de manejo florestal adequado. A aptidão agroclimática para a cultura na região indicou restrição hídrica acentuada. A região possui uma logística de transporte favorável em relação aos principais modais. O ZEE apontou que a maior parte dos cultivos estão em áreas de corredores ecológicos, podendo ser positivo se bem planejados. Os estudos dos potenciais agroenergéticos regionais são fundamentais ao desenvolvimento da espécie *Eucalyptus* na região.

Palavras-chave: *Eucalyptus*. Biorredutor renovável. Sensoriamento Remoto. ZEE

Use of geotechnology in the analysis of the dynamics of eucalyptus for charcoal production in the Bico do Papagaio Region in the State of Tocantins

Abstract

The planted forest represents various products and by-products present in society, such as cellulose, paper, wood panels, laminate floors, charcoal and biomass, as well as offering various environmental services. In the State of Tocantins since 2007, there has been an intensification of projects related to forestry, mainly in the Bico do Papagaio region, for the purpose of producing charcoal as a renewable bioreducer, an input in the steel sector. This research aimed to analyze the dynamics of eucalyptus cultivation areas, in the Bico do Papagaio region. The acquisition and processing of satellite images with remote sensing techniques for the years 2006 and 2019, made it possible to identify the existing eucalyptus crops in each year. The physical, strategic and potential aspects of eucalyptus production in the region were also raised. With the overlapping of the cultivation areas identified in 2019 and the Ecological-Economic Zoning - ZEE - North of the State of Tocantins, the zones of influence were identified. The eucalyptus plantation area accumulated a significant variation in the analyzed period. Most of the areas are in areas with Quartzarenic Neossols, requiring adequate forest management. The agroclimatic suitability for culture in the region indicated marked water restriction. The region has favorable transport logistics in relation to the main modes. The ZEE pointed out that most crops are in areas of ecological corridors, which can be positive if well planned. Studies of regional agroenergetic potentials are fundamental to the development of the *Eucalyptus* species in the region.

Keywords: *Eucalyptus*. Renewable bioreducer. Remote sensing. ZEE

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição geográfica das indústrias de celulose e papel no Brasil	23
Figura 2 - Evolução da contribuição da madeira de floresta plantada na produção de carvão vegetal	24
Figura 3 - Evolução da produção de carvão vegetal no Brasil.....	24
Figura 4 - Evolução da produção de carvão vegetal do Estado do Tocantins no período de 2006 a 2018 em toneladas	26
Figura 5 - Fornos retangulares de unidade produtora de carvão vegetal no município de São Bento do Tocantins - TO	27
Figura 6 - Obtenção de imagem por sensoriamento remoto	29
Figura 7 - Curva espectral de vegetação, da água e do solo	30
Figura 8 - Localização da área de estudo, denominada Região do Bico do Papagaio	35
Figura 9 - Coleta de coordenadas com GPS em cultivos no município de Darcinópolis (TO) (a) e fornos em São Bento do Tocantins (TO) (b)	38
Figura 10 - Fluxograma das etapas de processamento das imagens de satélite	39
Figura 11 - Classificação visual com telas comparativas simultâneas do ArcMap e Google Earth	42
Figura 12 - Áreas de cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio em 2006	48
Figura 13 - Cultivos de eucalipto identificados na Região do Bico do Papagaio em 2019	51
Figura 14 - Cultivos de eucalipto identificados na Região do Bico do Papagaio em 2006 (a) e 2019 (b)	52
Figura 15 - Relevo (a) e declividade em percentual e distribuição das áreas de cultivo de eucalipto (b) na Região do Bico do Papagaio.....	54
Figura 16 - Classificação dos solos e localização das áreas de produção de eucalipto na Região do Bico do Papagaio	57
Figura 17 - Aptidão agroclimática do <i>Eucalyptus urophylla</i> para a Região do Bico do Papagaio, considerando as áreas de produção de eucalipto por classe de aptidão e para o CAD = 100 mm (a), CAD = 150 mm (b) e CAD = 220 mm (c)	59
Figura 18 - Infraestrutura rodoviária, ferroviária e os polos regionais siderúrgicos e de papel e celulose	62

Figura 19 - Cultivos de eucalipto identificados na Região do Bico do Papagaio em 2019 e suas localizações em relação aos biomas Amazônia e Cerrado	68
Figura 20 - Zonas ecológico-econômicas – ZEE do norte do Estado do Tocantins sobrepostas com as áreas de cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio em 2019	71
Figura 21 - Áreas de cultivo de eucalipto identificadas no município de São Miguel do Tocantins, Itaguatins e Araguatins - Zonas A, B1 e C	73
Figura 22 - Áreas de cultivo de eucalipto identificadas nos municípios de Araguatins, São Bento do Tocantins, Ananás, Luzinópolis, Cachoeirinha e Nazaré - Zonas A, B2 e C.....	74
Figura 23 - Áreas de cultivo de eucalipto identificadas nos municípios de Ananás, Riachinho, Angico, Darcinópolis, Palmeiras do Tocantins e Aguiarnópolis - Zonas A e B2.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área plantada de eucalipto (ha), no período de 2012 a 2018.....	21
Tabela 2 - Áreas de cultivo de eucalipto, nos municípios localizados na região do Bico do Papagaio, em 2006	46
Tabela 3 - Ocorrência de classes de solos na Região Bico do Papagaio e suas respectivas áreas em hectares e em percentual	56
Tabela 4 - Áreas de produção de eucalipto em relação às classes de solos na Região Bico do Papagaio e suas respectivas áreas em hectares e em percentual.....	57
Tabela 5 - Classes de aptidão agroclimática do <i>Eucalyptus urophylla</i> para o Bico do Papagaio, considerando as áreas de produção de eucalipto, por classe de aptidão e por CAD.....	60
Tabela 6 - Estimativas da necessidade de áreas para a produção de eucalipto e a quantidade necessária de carvão vegetal para atender cada siderúrgica, considerando sua respectiva capacidade instalada.....	66
Tabela 7 - Zonas do ZEE - Norte do Estado do Tocantins detectadas na sobreposição das áreas de cultivo de eucalipto na região Bico do Papagaio em 2019.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições das zonas e subzonas do ZEE- Norte do Estado do Tocantins	33
Quadro 2 - Imagens de satélite Landsat obtidas pelo USGS conforme órbita/ponto, satélite e data	37
Quadro 3 - Modelo de chave de interpretação de objetos e feições representadas em imagem TM Landsat-5, 1(R), 2(G), e 3(G).....	39
Quadro 4 - Modelo de chave de interpretação de objetos e feições representadas em imagens OLI Landsat-8, 5(R), 4(G) e 3(B).....	41
Quadro 5 - Imagens SRTM obtidas pelo USGS conforme ID e data	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.2	Objetivos	19
1.2.1	Objetivo geral.....	19
1.2.2	Objetivos específicos	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Contexto do eucalipto	20
2.1.1	O cultivo do eucalipto no estado do Tocantins e região do Bico do Papagaio.....	22
2.2	Carvão vegetal de eucalipto	23
2.2.1	Produção de carvão vegetal no Brasil	23
2.3	Geotecnologia no mapeamento de áreas de cultivo	28
2.4	Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE e produção de eucalipto	32
3	METODOLOGIA	35
3.1	Caracterização da área de estudo	35
3.2	Análise da dinâmica da área de produção de eucalipto	36
3.2.1	Aquisição e processamento de imagens	36
3.2.2	Interpretação de imagens e geração de mapas	38
3.3	Análise dos aspectos físicos, estratégicos e potencialidades para a produção de eucalipto na região	42
3.4	Análise das áreas de cultivo do eucalipto na região, em relação ao Zoneamento Ecológico-Econômico – Norte do Estado do Tocantins	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	Dinâmica de área de cultivo do eucalipto na Região do Bico do Papagaio no período de 2006 e 2019	46
4.2	Aspectos físicos, estratégicos e potencialidades para a produção de eucalipto na região	53
4.2.1	Relevo, declividade e classes de solos da região.....	53
4.2.2	Condições climáticas e aptidão agroclimática do eucalipto na região	58
4.2.3	Logística de transporte regional e posição estratégica da região em relação aos polos industriais siderúrgicos	61
4.3	Áreas de cultivo de eucalipto identificadas na região e o Zoneamento Ecológico-Econômico – Norte do Estado do Tocantins	67

5	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	APÊNDICE 1	86
	APÊNDICE 2.....	89
	ANEXOS	103

1 INTRODUÇÃO

A floresta plantada representa diversos produtos e subprodutos presentes na sociedade como celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa, bem como oferece diversos serviços ambientais como a regulação dos ciclos hidrológicos, o controle da erosão e da qualidade do solo, a conservação da biodiversidade, a provisão de oxigênio para o planeta e a contribuição no tocante à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (BNDES, 2015).

O eucalipto uma espécie florestal relevante para o país, contribuindo com a geração de emprego e renda no meio rural e urbano, com participação expressiva na balança comercial, em decorrência dos seus principais produtos: celulose e o papel, destinados ao mercado internacional (MOREIRA; SIMIONI; OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Brasil (2015), o uso comercial de eucaliptos teve início do século XX com a implantação de florestas plantadas no território nacional, sendo que os grandes avanços com demandas em larga escala tiveram início a partir de 1949. Destaque para a atuação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira e seu principal produto, eucalipto.

Desde então, o Brasil tem apostado em pesquisas de melhoramento genético para produção de clones que possam atender às condições de clima e variações dos tipos de solos existentes no país, tudo isso com o intuito de aumentar a produtividade florestal (FOELKEL, 2005).

Assim o primeiro segmento a se destacar é o de celulose e papel, com um total de área de floresta plantada de 7,83 milhões de hectares em 2018, 0,1% a menos comparado ao ano anterior. O segundo em evidência, são os proprietários independentes e pequenos e médios produtores do programa de fomento florestal, com 28% do total de florestas plantadas no país e investimentos em plantios florestais destinados à comercialização de madeira *in natura*. Na terceira posição está o segmento de siderurgia a carvão vegetal que representa 12% das áreas plantadas, visando suprir as siderúrgicas na produção de aço a partir do carvão vegetal com 4,5 milhões de toneladas (IBÁ, 2019).

O setor brasileiro produtor de ferro-gusa tem alta demanda de carvão vegetal que é utilizado como agente redutor na fabricação do ferro-gusa e como fonte de energia (MOTA, 2013).

As indústrias siderúrgicas enfrentam inúmeros problemas relacionados à heterogeneidade do carvão vegetal em decorrência das variações nas características do produto ligadas às condições do processo de carbonização e às características da madeira utilizada, como a espécie, as características químicas e a idade. Este fator força as indústrias a investirem em floresta plantadas, garantindo que a matéria prima para a produção de carvão vegetal esteja dentro dos padrões necessários para um aço de qualidade (FIGUEIREDO et al., 2018).

O setor de silvicultura tem investido no Estado do Tocantins desde 2007 e tem como principais espécies plantadas: eucalipto (*Eucalyptus* spp), a teca (*Tectonagrandis*) e o guanandi (*Callophyllum brasiliense*), com destaque para o plantio de eucalipto em proporção de área plantada (EMBRAPA, 2014).

O Estado do Tocantins possui uma área total de 119.871 ha de eucalipto (IBÁ, 2019), destas 44.305 ha pertencem à Região do Bico do Papagaio. Dados apontam que a produção de carvão vegetal foi de 6.316 toneladas em 2018, sendo 119 toneladas produzidas na Região do Bico do Papagaio (IBGE, 2019).

Mesmo com os crescentes investimentos no Estado, não se tem um mapeamento das áreas de florestas plantadas, em especial de eucalipto, com suas localizações e uma base de dados acessíveis. Esta informação poderia nortear a aplicação de investimentos, tomadas de decisões e até mesmo apoiar no desenvolvimento de pesquisas. No tocante a este fato, a aplicação de tecnologias geoespaciais e ferramentas de sensoriamento remoto podem preencher esta lacuna.

O uso das técnicas de sensoriamento remoto, de acordo com Borges et al. (2018), aplicadas na vegetação agiliza a compreensão da “aparência” do objeto, ou seja, é produto derivado da interpretação do pesquisador relacionado à reflectância do objeto na imagem, fruto de um processo complexo que envolve fatores ambientais. Tal análise garante uma maior rapidez e redução dos custos com levantamentos de áreas.

Deste modo, o presente trabalho visou analisar a dinâmica das áreas de florestas plantadas de eucalipto na região do Bico do Papagaio no Estado do Tocantins, que poderão destinar à produção de carvão vegetal, utilizando técnicas de sensoriamento remoto com análise espectral multitemporal da área de estudo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a dinâmica das áreas de cultivo de eucalipto, na região do Bico do Papagaio no Estado do Tocantins, utilizando imagens de satélite.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar e mapear áreas ocupadas com cultivos de eucalipto com imagens de satélite em 2006 e 2019;
- Analisar a dinâmica das áreas de cultivo de eucalipto na região identificando e quantificando a área de cultivo da cultura utilizando imagens de satélite em 2006 e 2019;
- Apresentar os aspectos físicos, estratégicos e potencialidades para a produção de eucalipto na região;
- Realizar sobreposição e analisar as áreas de cultivo de eucalipto identificadas em 2019, com o Zoneamento Ecológico-Econômico - Norte do Estado do Tocantins.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Contexto do eucalipto

O nome eucalipto deriva do grego: *eu* (= bem) e *kalipto* (= cobrir), referindo-se à estrutura globular arredondada de seu fruto caracterizando o opérculo que protege bem as suas sementes. O eucalipto pertence à família das Mirtáceas e é nativo da Austrália, onde cobre 90% da área do país, formando densos maciços florestais nativos. O Serviço Florestal australiano já identificou 670 espécies e apenas duas delas, *Eucalyptus urophylla* e *E. deglupta*, têm ocorrência natural fora do seu território. Além do elevado número de espécies, existe um número muito grande de variedades e híbridos. Algumas espécies como, por exemplo, o *E. grandis* que ocorre na costa leste australiana, zona de clima úmido subtropical, se adaptou muito bem às condições geológicas do Brasil (FREITAS JÚNIOR, 2011).

O Chile foi o primeiro país na América do Sul a introduzir a cultura do eucalipto seguido da Argentina e o Uruguai, sendo considerado um marco na disseminação de semente de eucaliptos no mundo o início do século XIX, (MORA; GARCIA, 2000).

Segundo Foelkel (2005), Edmundo Navarro de Andrade, considerado o pai da eucaliptocultura no Brasil, em sua trajetória fez diversas observações em seus livros sobre os eucaliptos. Mesmo utilizando uma linguagem coloquial na redação seus livros ainda são atuais, mas pouco consultados pela nova geração de silvicultores e acadêmicos.

Data-se que os primeiros estudos com o eucalipto no Brasil só foram iniciados em 1904 por Edmundo Navarro de Andrade no Horto Florestal de Rio Claro, pertencente à ex-Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Contudo, foi a partir da promulgação da Lei de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento, Lei nº. 5.106 de 1966, que ocorreu o crescimento da área reflorestada no país. Grande contribuição ocorreu também com o Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) criado pelo Governo Federal em meados da década de 1970 (EMBRAPA, 2014).

A partir da percepção de que o eucalipto pode configurar uma eficiente fonte de biomassa para produção de energia, fica evidente a necessidade de conhecer com mais profundidade a dinâmica da cadeia produtiva da lenha de eucalipto, a fim de potencializar seu uso para finalidades energéticas e também identificar os fatores que são limitantes ao seu melhor desempenho competitivo. Diversos estudos realizados no Brasil, utilizando-se da abordagem metodológica de estudo de cadeias produtivas,

apresentaram importantes contribuições para o conhecimento mais integrado dos problemas e vantagens comparativas em diferentes setores, de modo a auxiliar na análise de gargalos e na elaboração de cenários futuros com distintos fatores críticos do processo produtivo.

Pode-se citar, como exemplo, a análise do complexo agroindustrial do biodiesel no Brasil da cadeia produtiva do carvão vegetal, da madeira de eucalipto e da biomassa de origem florestal (MOTA, 2013).

Os cultivos no Brasil de eucalipto incluem as seguintes espécies: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus urophylla*, entre outras. São também desenvolvidos cruzamentos entre as espécies buscando aquelas com características adaptadas às condições de ambientes e produtividades desejadas resultando em híbridos como o *E. grandis* X *E. urophylla* (FEPAF, 2008).

Conforme indicadores gerados pelas principais empresas do setor florestal, o Brasil liderou o ranking global de produtividade florestal em 2018, com uma média de 36,0 m³/ha ao ano para os plantios de eucalipto (IBÁ, 2019).

A Tabela 1 apresenta o histórico de área plantada com eucalipto, no período de 2012 a 2018.

Tabela 1 - Área plantada de eucalipto (ha) no Brasil por estado, no período de 2012 a 2018

Estados	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
MG	1.438.971	1.404.429	1.400.232	1.395.032	1.390.032	1.381.652	1.363.538
SP	1.041.695	1.010.444	976.186	976.613	946.124	937.138	936.265
MS	587.310	699.128	803.699	826.031	877.795	901.734	901.778
BA	605.464	623.971	630.808	614.390	612.199	608.781	619.514
RS	284.701	316.446	309.125	308.515	308.178	309.602	308.657
ES	203.349	221.559	228.781	227.222	233.760	234.082	228.488
PR	197.835	200.473	224.089	285.125	294.050	295.520	295.970
MA	173.324	209.249	211.334	210.496	221.859	228.801	225.052
MT	184.628	187.090	187.090	185.219	185.219	181.515	181.435
PA	159.657	159.657	125.110	130.431	133.996	135.843	137.866
GO	115.567	121.375	124.297	127.201	127.201	127.201	127.201
TO	109.000	111.131	115.564	116.365	116.798	118.443	119.871
SC	106.588	107.345	112.944	116.250	116.240	114.513	113.073
AP	49.506	57.169	60.025	63.026	65.026	67.826	67.826
PI	27.730	28.053	31.312	29.333	26.068	25.675	25.675
Outros	18.838	15.657	18.157	19.358	19.239	18.883	19.222
Total	5.304.163	5.473.176	5.558.653	5.630.607	5.673.784	5.687.209	5.672.431

Fonte: Adaptado de IBÁ (2019)

Dados do IBÁ (2019), apontam que o Estado de Minas Gerais, que detém a maior área de floresta plantada do país, mesmo com a redução de 5,17% em 2018, se comparada à proporção de área em 2012. Já o Estado do Tocantins, para o mesmo

período, registrou um incremento de área de 9,97%, isso representou um acréscimo considerável em comparação a outros estados.

2.1.1 O cultivo do eucalipto no estado do Tocantins e região do Bico do Papagaio Para Tocantins (2015) o Estado tem potencial para o crescimento de áreas de florestas e o eucalipto tem ampla capacidade de adaptação na região, em decorrência das condições edafoclimáticas. As principais espécies de eucalipto plantadas regionalmente são *E. grandis*, *E. brassiana*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*, na forma de híbridos intra ou inter-específicos. Os principais híbridos são: *urophylla* (I-224), ou de híbridos comerciais inter-específicos, em particular entre *E. urophylla* x *E. grandis* (I-144 e A-217); *E. urophylla* x *E. tereticornis* (MA2000); *E. grandis* x *E. brassiana* (MA2006), *E. urophylla* x *E. camaldulensis* (VM01), *E. grandis* x *E. camaldulensis* (I-277).

Cerca de 44% da área de floresta plantada de eucalipto está na região do Bico do Papagaio. A finalidade principal desta floresta é suprir as demandas das indústrias siderúrgicas e de celulose implantadas nos estados do Pará e Maranhão (DUARTE; COLLICCHIO, 2020).

De acordo com IBÁ (2019), o Estado contava com 119.871 hectares de eucalipto, e grande parcela do plantio em fase de corte e sem perspectiva de destinação comercial dada a frustração da expectativa de implantação de indústria de celulose no Estado, bem como a redução da demanda por parte dos produtores de gusa, um dos consumidores da floresta plantadas. Outro segmento que adensou ainda mais a área de plantio de eucalipto na região norte do Estado do Tocantins foi a operação da fábrica de celulose Suzano, atraindo novos produtores (FIETO, 2018).

A produtividade do eucalipto no Tocantins é bem menor, girando em torno de 22 a 23 m³/ha.ano, inferior à média nacional que é 36 m³/ha.ano, a média estadual está aquém do potencial alcançado pela cultura em outros lugares do Brasil (IBÁ, 2019).

Desde 1979 a Suzano pesquisa a adaptabilidade de diferentes gerações de clones de eucalipto ao clima do Maranhão possibilitando a seleção de clones com maior produtividade e melhor capacidade de adaptação. Nos últimos anos, após mais de 5.000 clones testados, os resultados de produtividade de 10 m³/ha/ano chegou a 35 m³/ha/ano (SUZANO, 2017).

A Figura 1 mostra a distribuição geográfica das empresas produtoras de celulose e papel no território nacional.

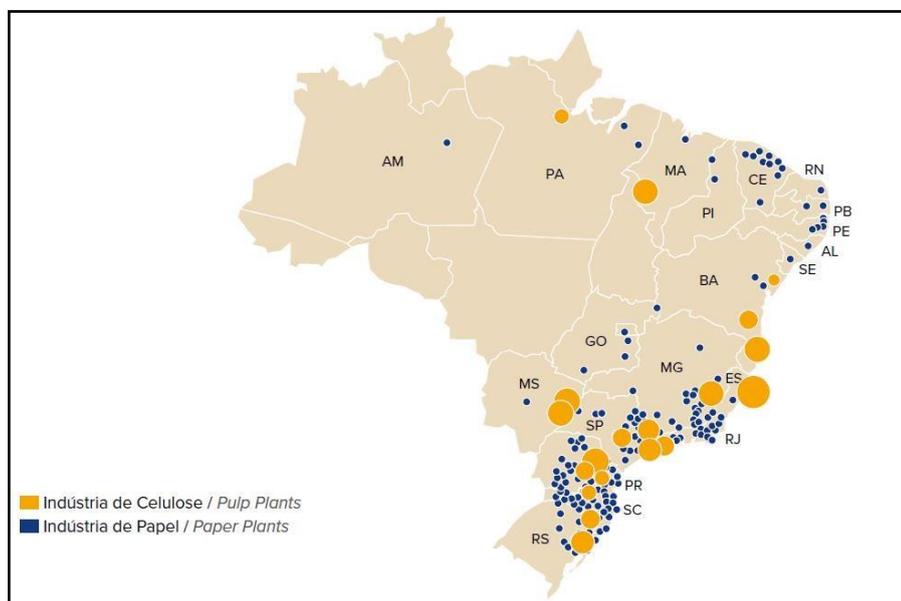


Figura 1 - Distribuição geográfica das indústrias de celulose e papel no Brasil
Fonte: IBÁ, 2019

A indústria de celulose e papel que exerce influência nas áreas de plantios florestais está localizada na divisa dos estados do Tocantins e Maranhão. Sendo ainda pouco desenvolvido em comparação aos estados das regiões Sul e Sudeste. Estes estados possuem uma maior concentração de indústrias do setor.

A FIETO (2018) aponta o crescimento do setor de siderurgia na região, com plantios de eucalipto voltados para a produção de carvão vegetal, principalmente com uma produção que dedicada a atender empresa siderúrgica em Marabá - PA.

22 Carvão vegetal de eucalipto

22.1 Produção de carvão vegetal no Brasil

De acordo com IBÁ (2019) o Brasil é responsável por cerca de 11% da produção mundial de carvão vegetal, sendo parte da produção, cerca de 4,6 milhões de toneladas demandada como insumo da indústria siderúrgica. Com destaque para o fornecimento de madeira de plantios florestais. Conforme gráfico com evolução da participação de madeira com origem em floresta plantada na produção de carvão vegetal, apresentado na Figura 2.

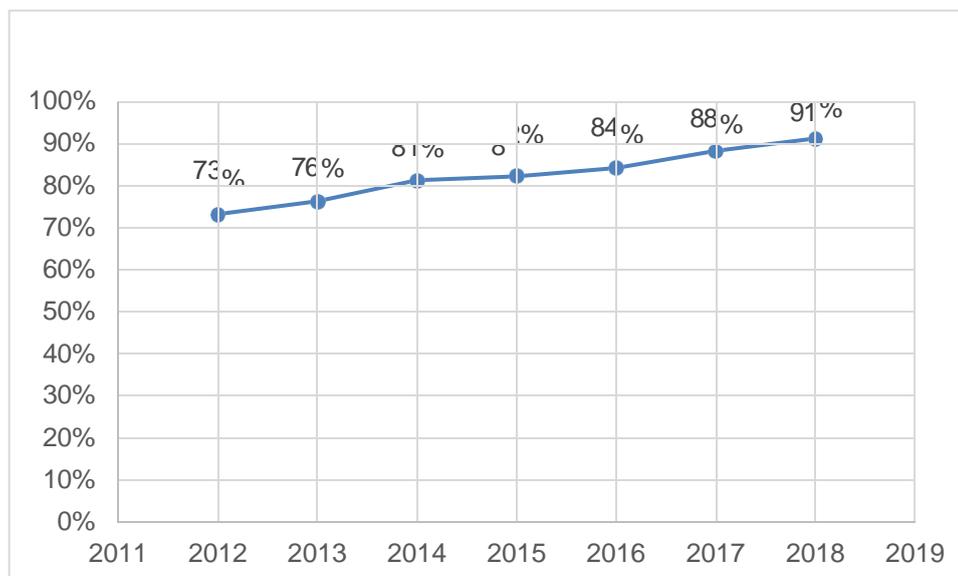


Figura 2 - Evolução da contribuição da madeira de floresta plantada na produção de carvão vegetal

Fonte: adaptado de IBÁ (2019)

De acordo com IBGE (2019), a produção anual de carvão vegetal no Brasil teve um incremento de 18,9% em 2018. Tal aumento foi reflexo de desempenho da indústria siderúrgica, aumentado o preço médio praticado no mercado, com conseqüente incentivo aos produtores. Assim, a produção de carvão vegetal alcançou R\$ 4,1 bilhões no ano, com destaque para mais de 6 milhões de toneladas de carvão vegetal produzidas no de 2014. A Figura 3 apresenta a evolução da produção de carvão vegetal no Brasil nos últimos anos.

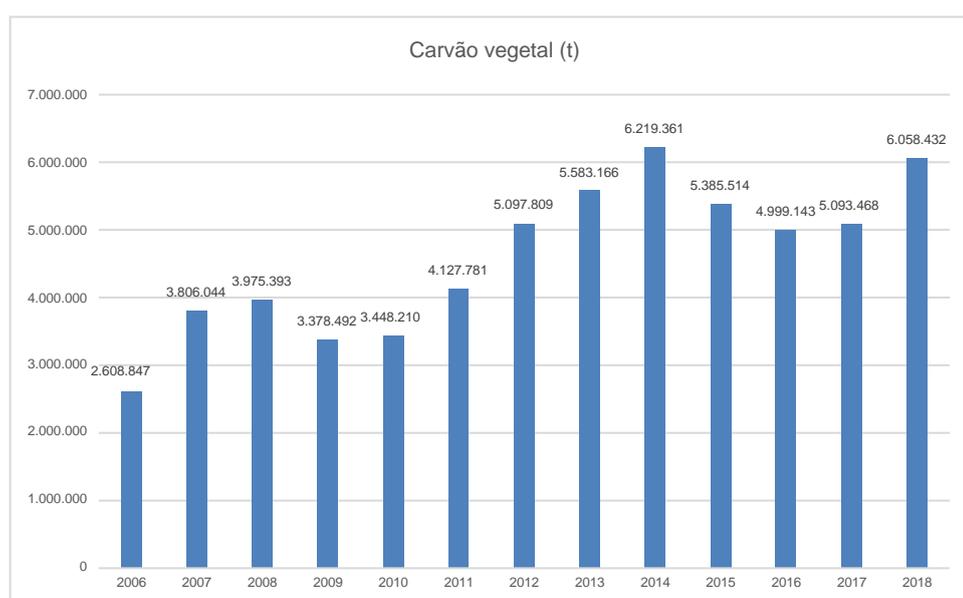


Figura 3 - Evolução da produção de carvão vegetal no Brasil

Fonte: IBGE (2019)

Santos e Hatakeyama (2012) estimam que a produtividade do eucalipto na produção de carvão vegetal, com umidade em torno de 30%, pode atingir de 22 a 26 t/ha.ano.

O Brasil é o maior produtor de ferro-gusa e carvoeiro consumidor no mundo, exclusivamente, no uso de carvão vegetal em larga escala como biorredutor na indústria do aço, tornando o carvão vegetal um insumo essencial para as siderúrgicas (HEIMANN; DRESCH; ALMEIDA, 2015).

Na produção do ferro-gusa são necessários, além de outros fatores, minério de ferro e carvão de qualidade, o que representa cerca de quase da metade dos custos de produção. A indústria siderúrgica brasileira tem que lidar também com a heterogeneidade do carvão vegetal utilizado na fabricação do aço em termos de suas características físicas, químicas e mecânicas e o baixo rendimento nos processos de carbonização utilizados. Os rendimentos e a heterogeneidade do carvão vegetal são decorrentes das variações do lenho e do processo de carbonização (VIEIRA et al., 2013).

A etapa de produção do aço inicia durante o processo de redução com carvão vegetal, ou seja, os materiais carregados no alto-forno – minério de ferro, carvão vegetal e fundentes (quartzo, calcário, dolomita etc.) – transformam-se nos produtos: ferro-gusa (ou ferro de primeira fusão), escória, gás de alto-forno e poeira. O processo de redução dos óxidos de ferro ocorre à medida que a carga desce no interior do forno e há formação dos gases, dada a queima do carvão vegetal. O oxigênio, que estava combinado com o ferro do minério passa, sob a forma de óxidos de carbono, a fazer parte dos gases deixando assim o ferro livre. Outras reações químicas e a fusão da ganga e dos fundentes acompanham o processo e formam a escória (CAMIOTO; REBELATTO, 2014).

A quantidade de carvão vegetal no Estado do Tocantins, pode ser expressa com os valores da produção da extração vegetal e silvicultura, segundo dados do IBGE (2019). Estes valores são informados em toneladas (t) na Figura 4.

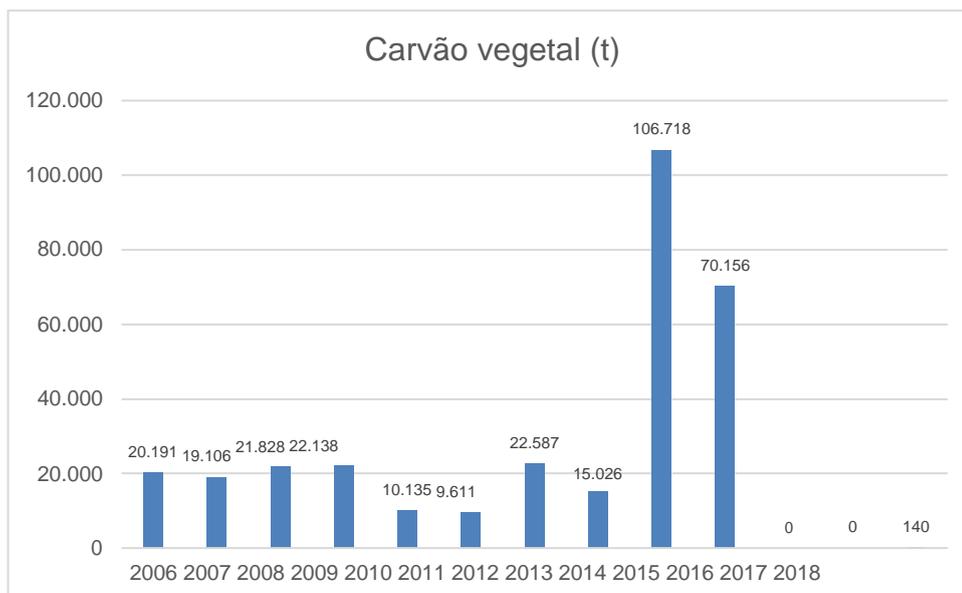


Figura 4 - Evolução da produção de carvão vegetal do Estado do Tocantins no período de 2006 a 2018 em toneladas
Fonte: IBGE, 2019

Os dados apontam para uma produção média no período de 2006 a 2013, em torno de 24.000 toneladas. Em 2014 a produção de carvão vegetal no Estado atingiu seu pico máximo, 106.718 toneladas, declinando no ano seguinte para 70.156 toneladas, porém superando a média no período de 2006 a 2014. Nos dois anos subsequentes (2016 e 2017), não foram registradas produções, sendo que em 2018 produziu-se apenas 140 toneladas.

Para Simioni et al. (2017), a queda da produção de carvão vegetal pode ser justificada pela diminuição das exportações de ferro gusa nos últimos anos, provocando perda da competitividade no mercado internacional. Forçando a indústria siderúrgica a adquirir carvão vegetal com valores abaixo do mercado, sendo este, muitas vezes proveniente de floresta nativa.

O processo de carbonização da madeira ou carvoejamento da madeira de eucalipto é de grande relevância para o setor de siderurgia, em decorrência da substituição da madeira nativa, pela de florestas plantadas na produção de ferro. O carvão vegetal, pode ser utilizado ainda em outros setores como: fornos industriais ou comerciais em padarias, pizzarias e churrascarias (EMBRAPA, 2014).

Em busca de uma maior produtividade e qualidade do carvão vegetal, nos últimos 20 anos, os fornos de alvenaria utilizados na carbonização da madeira passaram por grandes alterações. Fornos retangulares foram construídos com tijolo maciço cerâmico e aumentaram a capacidade volumétrica desses fornos, bem como

a mecanização das operações de carregamento e descarregamento (OLIVEIRA et al., 2015).

A Figura 5 apresenta um modelo de forno retangular utilizado por uma das empresas siderúrgicas no município de São Bento do Tocantins - TO. Esse tipo de forno como exposto por Oliveira et al. (2015), melhora a qualidade do produto e reduz o tempo de produção do carvão vegetal.



Figura 5 - Fornos retangulares de unidade produtora de carvão vegetal no município de São Bento do Tocantins - TO

Fonte: Fotografia de Felício A. Duarte, em maio de 2019

Souza et al. (2016) compararam três tipos de fornos (superfície com chaminé, “rabo quente” e cilindros verticais) para a produção de carvão e concluíram que os fornos tipo cilindro vertical proporcionam maior rendimento e melhor qualidade do carvão vegetal produzido, em decorrência do melhor controle do processo de carbonização, além da redução da emissão de gases.

Na produção de carvão vegetal a tecnologia mais utilizada são fornos de barro, no entanto, tais fornos proporcionam baixo rendimento e eficácia no aproveitamento da madeira e dos gases de sua combustão. As novas demandas que visam o aumento da qualidade e eficiência ambiental apontam para a instalação de fornos modernos de carbonização, podendo contribuir para melhorias no desempenho do processo e com isso atraindo a adesão de grandes empresas em busca de menor emissão de gases e aproveitamento de seus coprodutos (SIMIONI et al., 2017).

Mesmo o Estado do Tocantins possuindo uma produção de carvão vegetal considerável, existem dois fatores que de acordo com FIETO (2019), inviabilizam a instalação de indústrias siderúrgicas na região, sendo eles: proximidade com jazidas de exploração de minério de ferro e distância considerável em relação aos portos marítimos para exportação do ferro gusa ou aço. Outras possibilidades de comercialização da madeira, para as indústrias em estados vizinhos, podem chocar com os altos custos com logística de transporte.

O acompanhamento dos cultivos de eucalipto para produção de carvão vegetal em escala macro pode ser viabilizado por geotecnologias ou técnicas de sensoriamento remoto. Segundo Pontes e Freitas (2015), tal monitoramento viabiliza estimar com maior agilidade a produção e produtividade das áreas de cultivo implantadas.

Para Daldegan Sobrinho (2016), a adoção de política pública específica para o setor, possibilita uma promoção da estrutura da cadeia da restauração florestal nativa, com exigências legais e metas estabelecidas pelo governo. Conforme descrito em seu Art. 58:

Art. 58 - Assegurado o controle e a fiscalização dos órgãos ambientais competentes dos respectivos planos ou projetos, assim como as obrigações do detentor do imóvel, o poder público poderá instituir programa de apoio técnico e incentivos financeiros, podendo incluir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, os imóveis a que se refere o inciso V do caput do Art. 3º, nas iniciativas de:
VII - produção de mudas e sementes (BRASIL, 2012).

23 Geotecnologia no mapeamento de áreas de cultivo

De acordo com Florenzano (2011), a evolução da ciência e tecnologia espacial permitiu o avanço na obtenção de imagens de satélites e outros tipos de dados da superfície terrestre, registrados conforme a energia é refletida ou emitida pela superfície, sendo captada por sensores remotos, que dependendo dos níveis de energia registrados podem diferenciar os alvos existentes na superfície terrestre.

Para Fitz (2008) a técnica que capta e registra por meio de sensores a energia refletida ou absorvida pela superfície terrestre, sem contato direto, pode ser conceituada como sensoriamento remoto. Tais sensores são dispositivos capazes de captar a energia refletida ou emitida por uma superfície ou alvo, conforme esquematizado na Figura 6.

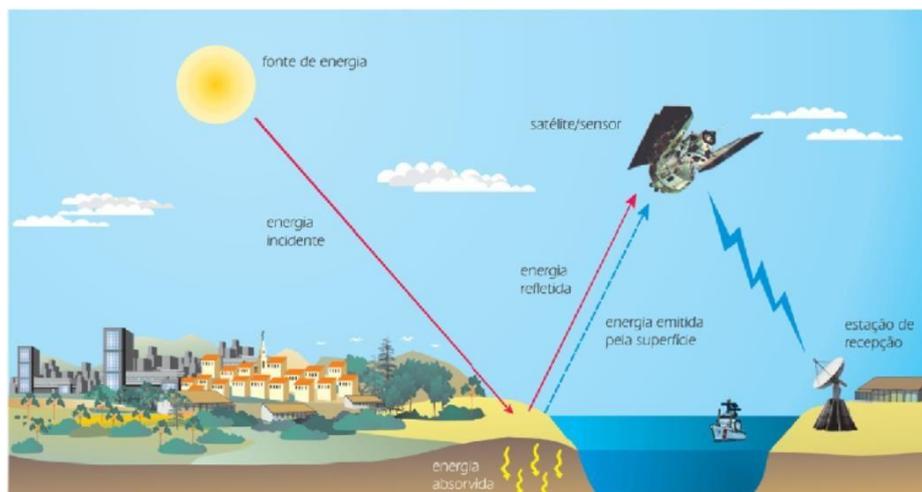


Figura 6 - Obtenção de imagem por sensoriamento remoto
 Fonte: Florenzano (2011)

Os usuários de dados de sensoriamento remoto têm como principais expectativas a associação das características espectrais de objetos com suas propriedades físico-químicas. A associação é o fundamento da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, o que torna a referida expectativa cabível e aceitável. Por outro lado, há uma distância desta associação que envolve características espectrais de objetos com as propriedades físico-químicas, uma vez que o processo de interação da radiação eletromagnética com os objetos alvo ocorre por apenas uma variável radiométrica, geralmente sendo fatores de reflectância. Estes são explicados pela ação de diferentes fatores, incluindo os já mencionados físico-químicos dos objetos, bem como os geométricos de iluminação (fonte de radiação, normalmente o Sol) e visada (sensor responsável pelo registro da intensidade da radiação refletida pelos objetos). Assim, as caracterizações espectrais desejadas são de caráter ambíguo em relação à intensidade da radiação eletromagnética refletida pelos objetos, em razão do acréscimo do grau de incerteza sobre os fatores que, efetivamente, explicam os valores dos fatores de reflectância medidos nos diferentes níveis de coleta possíveis, quer seja em laboratório, em campo, em nível de aeronave ou orbital (PONZONI et al., 2015).

Formaggio e Sanches (2017) afirmam que a incidência da energia solar sobre a superfície terrestre pode sofrer interações de três tipos: absorvância, transmitância e reflectância. As interações e trocas de energia ocorrem em virtude da energia que é carregada pelas ondas eletromagnéticas entres os átomos e moléculas que podem variar conforme as características dos objetos ou alvos sensorizados e resultar em um

comportamento, chamado resposta espectral. Com base nessas respostas ou leituras, parte-se para o processo de interpretação visual da imagem resultante da interação dos sensores orbitais, com extração das informações obtidas dos alvos de superfície ou resposta espectral, como demonstrado na Figura 7.

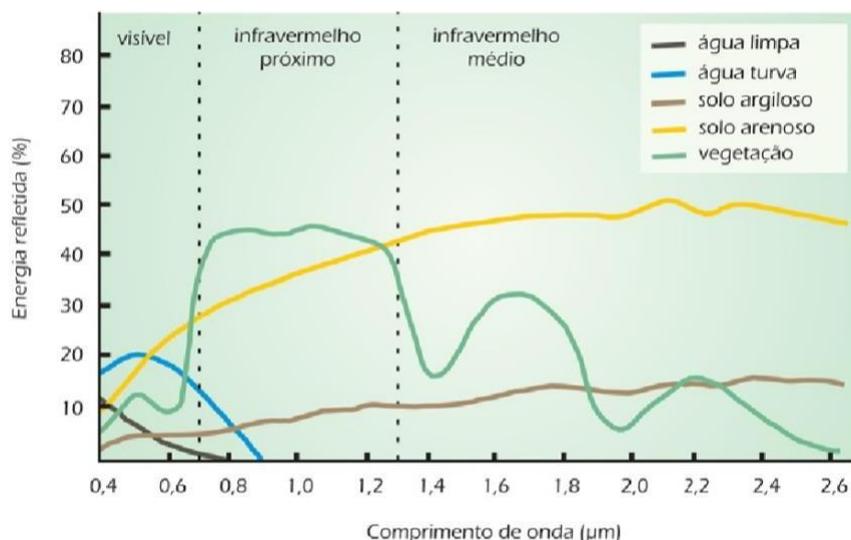


Figura 7 - Curva espectral de vegetação, da água e do solo
Fonte: Florenzano (2011)

A imagem digital é compreendida como uma função de duas dimensões da intensidade de luz que é refletida ou emitida por uma cena, na forma $I(x,y)$, onde os valores de I representam, em cada coordenada espacial (x,y) , a intensidade da imagem nesse ponto. Tal intensidade é demonstrada por um valor inteiro, não-negativo e finito, chamado nível de cinza. Assim, as características relacionadas com o padrão de variabilidade das classes de cobertura e uso do solo podem ser obtidas pela análise do nível de cinza de uma banda, com trabalhos que envolvam estudos do comportamento espectral dos alvos, nas várias bandas dos satélites de sensoriamento remoto, apresentando dados relevantes do arranjo estrutural dos objetos na imagem e seu relacionamento com o ambiente (LORENÇO; LANDIM, 2003).

Imagens obtidas por sensores remotos, qualquer que seja o seu processo de formação, sua superfície emite energia, gerando registros específicos de cada alvo observado na imagem, que dependem de elementos básicos com: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização (FLORENZANO, 2011).

Sousa et al. (2015) consideram que cor e tonalidade são características dos elementos que expressam as propriedades espectrais dos objetos. Alguns elementos

como tamanho, forma e padrão podem fornecer informações sobre as propriedades espaciais dos objetos. Desta maneira, os alvos naturais como matas e campos, apresentam irregularidade em sua forma. Em intervenções antrópicas, geralmente, as formas geométricas e tamanhos são mais regulares. Outros elementos como textura, podem fornecer informações em decorrência da rugosidade apresentada.

Na caracterização de estruturas florestais podem ser utilizados métodos de processamento de imagens de satélites, por meio de técnicas de sensoriamento remoto aplicadas na quantificação de áreas e estimativa de biomassa (HENTZ et al., 2014).

Quando técnicas de sensoriamento remoto são aplicadas a métodos de quantificações em floresta plantadas, estas exprimem resultados satisfatórios em se tratando de apenas um gênero florestal, pois imagens de satélite de alta resolução combinadas com valores de irradiância e reflectância podem levar a valores de estimativa de biomassas (FERRAZ, et al., 2014).

Para Rosan e Alcântara (2016) o uso do sensoriamento remoto permite acompanhar mudanças, por meio da análise dos padrões de mudanças do uso e cobertura da terra, pois as ferramentas permitem a aquisição de imagens de satélite das áreas de interesse com resolução espacial e temporal adequadas para cada tipo de levantamento.

Santos e Piroli (2015) afirmam que a aplicação de técnicas de geoprocessamento combinadas com sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas permitem a realização de análises que podem demonstrar a capacidade de contribuição para a detecção de mudanças no uso e cobertura da terra.

Para Borges et al. (2018), o sensoriamento aplicado, aliado à análise de imagens, mostrou-se positivo, uma vez que aponta de forma evidente, a ocorrência de plantios de eucalipto, em decorrência do seu formato geométrico, em mosaicos, distinguindo-se precisamente das demais áreas.

Tem-se como exemplo a utilização da técnica de sensoriamento remoto na verificação da dinâmica das áreas de plantio de eucalipto no município de Carrancas – MG, que mostrou-se eficaz, possibilitando o levantamento da evolução das áreas ocupadas, a taxa de crescimento da atividade, o aumento percentual dos cultivos e a participação dos plantios em relação à área total do município (MOURA; ZAIDAN, 2017).

Castro et al. (2017) apontam o uso das geotecnologias na obtenção de dados vetoriais e imagens, como sendo primordial para compreender as áreas prioritárias para conservação ou destinadas a usos diversos, mediante planejamento estratégico. Este planejamento, nada mais é do que o Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE, produto resultante do cruzamento de dados como: clima, bacia hidrográfica, biomas geologia, geomorfologia, solos e tipos de vegetação.

24 Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE e a produção de eucalipto

O Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE pode ser entendido como um mecanismo integrado com intuito de obter um diagnóstico e traçar diretrizes em áreas estratégicas, como desenvolvimento sustentável, direcionando investimentos de capitais públicos e privados, a fim de definir zonas, que configuram unidades de planejamento (REZENDE; LEITE, 2010).

O Decreto nº 4.297, que estabeleceu os critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, em seu Art. 2º, define o ZEE como:

“Instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população” (BRASIL, 2002).

No sentido de racionalizar através do uso e gestão do território, o ZEE contribui como ferramenta de planejamento, atuando na redução dos impactos ocasionados por ações e atividades econômicas, direcionando tais atividades a serem desenvolvidas conforme a peculiaridade de cada região (LEITE, 2015).

Instituído pela Lei nº 2.656, de 6 de dezembro de 2012, o Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE do Tocantins, foi elaborado em etapas consecutivas, tendo como principal propósito direcionar políticas públicas e incentivar a implantação de investimentos privados no território, pensando nas limitações de cada região, no sentido de promover o desenvolvimento socioeconômico (TOCANTINS, 2017).

Como função primordial, o ZEE pode subsidiar dados àqueles que tiverem interesse em executar políticas de conservação e/ou desenvolvimento na região, sejam estes representantes dos setores público ou privado. Tais informações devem ser disponibilizadas por meio de uma base geográfica, sendo o conteúdo de fácil acesso e compreensão (TOCANTINS, 2004).

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Norte do Estado do Tocantins, marcou a segunda fase da Gestão Territorial do Estado, envolvendo 37 municípios, numa extensão de aproximadamente 34.000km², englobando áreas dos biomas Amazônia e Cerrado (TOCANTINS, 2004).

Os estudos foram dirigidos buscando permitir a derivação de bem-estar para todos os grupos humanos envolvidos com a utilização de recursos naturais por meio da aplicação de instrumentos legais práticos e eficazes sob os pontos de vista econômico e ecológico (sustentabilidade ambiental) (TOCANTINS, 2004).

De acordo com Tocantins (2004) o ZEE - Norte do Estado do Tocantins apresenta as seguintes zonas, subzonas e suas respectivas definições, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Definições das zonas e subzonas do ZEE - Norte do Estado do Tocantins

Zona	Definição
A - Áreas para Ocupação Humana	Áreas cobertas, ou não, com vegetação primária ou secundária, favoráveis à realização de atividades diversas e implantação de empreendimentos, de caráter temporário ou permanente, promovidos por agentes públicos ou privados. A ocupação e uso dessas áreas devem ser compatíveis com as diferentes capacidades de suporte ambiental e estar em conformidade com a legislação vigente.
B - Áreas para Conservação Ambiental e do Patrimônio Cultural	Áreas com níveis diferenciados de fragilidade, conservação e alteração da paisagem, onde se admite a ocupação humana por agentes públicos ou privados, com objetivos sociais e econômicos, mas sob condições de restrição de manejo, visando a utilização sustentável dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade e do patrimônio cultural.
B.1 - Áreas para Conservação dos Ambientes Naturais	Áreas de uso humano consolidado, cobertas ou não com vegetação primária ou secundária, com atividades exercidas com técnicas e dimensões toleráveis em termos de atendimento à capacidade de suporte ambiental regional, onde o licenciamento não deve permitir a redução dos ambientes naturais.
B.2 - Áreas para o Corredor Ecológico Tocantins-Araguaia	Porções de ecossistemas naturais ou alterados, interligando unidades de conservação e áreas com coberturas vegetais preservadas, que possibilitam o movimento da biota e o fluxo de genes entre elas, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações biológicas que, para serem viabilizadas, demandam áreas com extensão maior do que aquela das unidades de conservação isoladas.
B.3 - Áreas de Ocorrências de Cavidades Naturais Subterrâneas	Áreas com potencial e ocorrências de cavidades naturais subterrâneas, incluindo todos os termos

	regionais gruta, lapa, toca, abismo, fuma e buraco, que devem ser preservados e conservados para estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.
B.4 - Áreas de Proteção da Captação de Água para Abastecimento Público	Área de influência das captações de água para abastecimento público de núcleos urbanos.
C - Áreas Prioritárias para Unidades de Conservação de Proteção Integral	Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídas ou indicadas como prioritárias para instituição legal pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regimes especiais de administração, aos quais se aplicam garantias adequadas de proteção integral, ou seja, a manutenção dos ecossistemas e dos sítios culturais livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.
D - Áreas de Unidades de Conservação de Uso Sustentável	Áreas destinadas à exploração dos recursos ambientais, desde que seja garantida a perenidade dos recursos renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.
E - Áreas sob Administração Federal	Terras Indígenas e Unidades de Conservação administradas pelo governo federal (Funai e Ibama, respectivamente).

Fonte: Adaptado de Tocantins (2004).

Para Mendonça (2016), que em análise semelhante a esta, verificou a expansão da cultura do eucalipto, na Bacia do Paraná, no Estado de Mato Grosso do Sul, em relação ao ZEE estadual. Constatou que a expansão das áreas de cultivo ocorreu sobre áreas de pastagens, o que não desencadeou impactos ambientais significativos.

Desta maneira, a distinção das zonas, bem como a sua definição auxiliam na identificação das áreas de interesse da pesquisa e na interpretação dos resultados, quanto à adequada implantação de áreas de cultivos florestais em zonas com maior ou menor sensibilidade ambiental.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na região do Bico do Papagaio no extremo norte do Estado do Tocantins, conforme Figura 8.

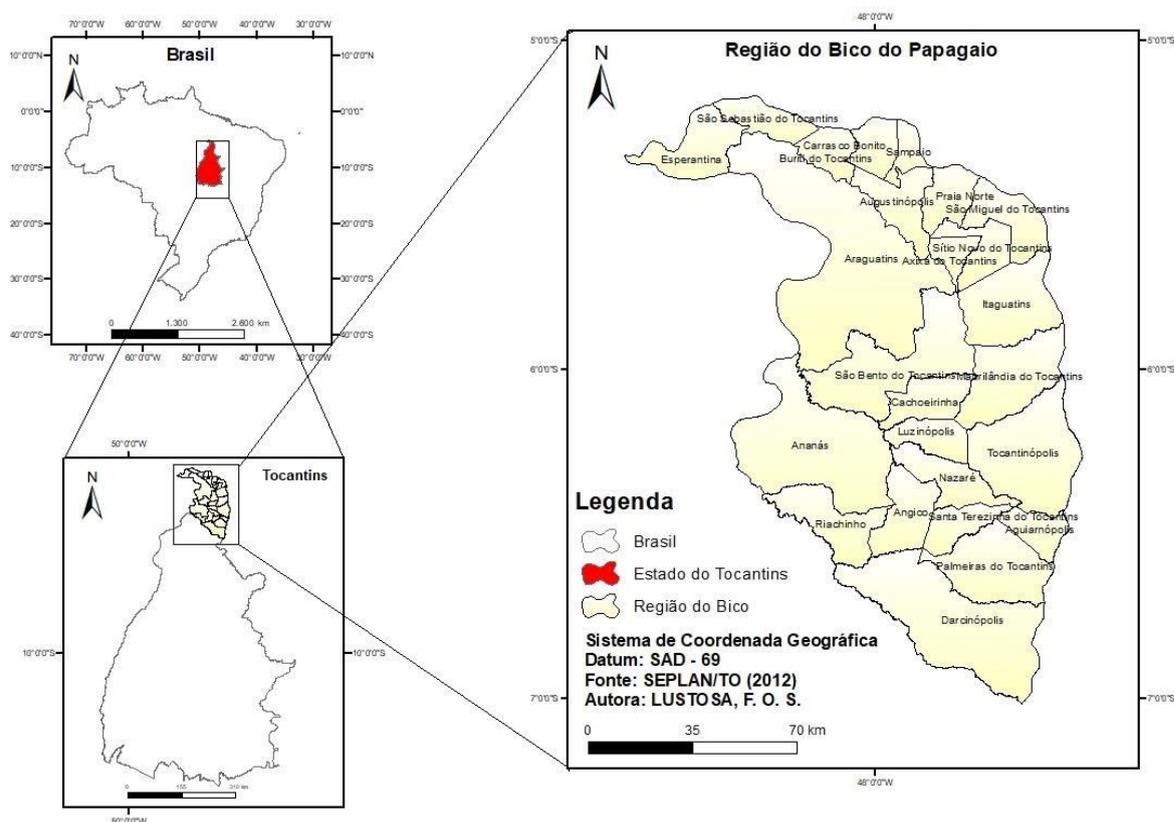


Figura 8 - Localização da área de estudo, denominada Região do Bico do Papagaio
 Fonte: próprio autor

Pertencem à esta região 25 municípios sendo eles: Aguiarnópolis, Ananás, Angico, Araguatins, Augustinópolis, Axixá do Tocantins, Buriti do Tocantins, Cachoeirinha, Carrasco Bonito, Darcinópolis, Esperantina, Itaguatins, Luzinópolis, Maurilândia do Tocantins, Nazaré, Palmeiras do Tocantins, Praia Norte, Riachinho, Sampaio, Santa Terezinha do Tocantins, São Bento do Tocantins, São Miguel do Tocantins, São Sebastião do Tocantins, Sítio Novo do Tocantins e Tocantinópolis (TOCANTINS, 2019).

A região do Bico do Papagaio possui uma área de 1.576.795,88 ha, sendo abrangida por dois biomas predominantes: o Cerrado na maior parte do seu território e o Amazônia. O clima regional é classificado como Tropical, apresentando temperaturas que variam entre 20°C a 40°C e precipitação anual média com intervalo

de 1000 a 2000 mm. As classes de solos predominantes são, Latossolo Vermelho-Amarelo, em maior proporção, Neossolo Quartzarênico, Chernossolo Argilúvico e Plintossolo Pétrico. O relevo da região associa-se às unidades: Planalto do Interflúvio Araguaia-Tocantins; Chapadas do Meio Norte; Depressão do Araguaia. Tais unidades mostram modelados de dissecação (aguçados, convexos e tabulares) e, na área, também ocorrem formas de acumulação (planícies fluviais) com altitudes variando entre 200 a 300 m (DIAS; MATTOS, 2009).

Esta região é de interesse de empresas siderúrgicas e de indústrias de papel e celulose, localizadas especialmente nos estados do Pará e do Maranhão, as quais utilizam o carvão vegetal e madeira provenientes de cultivos de eucaliptos cultivados nesta região de estudo.

3.2 Análise da dinâmica da área de produção de eucalipto

3.2.1 Aquisição e processamento de imagens

Para o levantamento dos dados foram realizadas aquisições de imagens de satélite Landsat-5 e Landsat-8 para os anos de 2006 e 2019, entre os meses de julho a setembro de cada ano, adotando como critério a ausência de nuvens.

No satélite Landsat-5 a partir das informações espectrais do sensor Thematic Mapper (TM) com imagens adquiridas no endereço: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> pertencente à Divisão de Geração de Imagens (DIDGI) que faz parte da Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com atividades da DIDGI concentradas na recepção, gravação, processamento, armazenamento e distribuição de imagens e dados de satélites de sensoriamento remoto, meteorológicos e científicos.

Outro sensor multiespectral utilizado é o *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat-8 com imagens a serem adquiridas por meio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) disponível no endereço eletrônico <http://earthexplorer.usgs.gov>.

Após aquisição das imagens foram realizados os processamentos digitais utilizando o programa ArcGIS, com início na fase de pré-processamento, com uma composição colorida das bandas das bandas 1 (0,45 - 0,52 μm), 2 (0,50 - 0,60 μm) e 3 (0,63 - 0,69 μm) do Landsat-5 em escala 1:50.000. No caso do Landsat-8 foram as seguintes bandas na composição: 3 (0,53 - 0,59 μm), 4 (0,64 - 0,67 μm) e 5 (0,85 -

0,88 μm), com imagens em escala 1:25.000. As bandas utilizadas para os dois satélites possuem resolução espacial de 30 metros.

A aquisição de imagens para os anos de 2006 e 2019 compreendeu um total de 6 cenas relacionadas de acordo com as órbitas/pontos, satélite e datas referentes ao período de captura de cada cena de acordo com o esquematizado no Quadro 2.

Quadro 2 - Imagens do satélite Landsat obtidas pelo USGS conforme órbita/ponto, satélite e data

Órbita/Ponto	Satélite	Data
222/65	Landsat-5	01/07/06
	Landsat-8	07/09/19
222/64	Landsat-5	17/07/06
	Landsat-8	21/07/19
223/64	Landsat-5	08/09/06
	Landsat-8	13/08/19

Fonte: USGS (2019)

O uso da ferramenta Image Analysis, do aplicativo ArcMap do pacote de *software* ArcGis®, permitiu a edição do histograma da imagem para estabelecer um realce único para imagens orbitais ou dias diferentes. A Figura 10 apresenta de forma resumida os processos

A verificação da expansão das áreas de produção de eucalipto para os anos de 2006 e 2019, foi baseada inicialmente na pesquisa realizada por Paz (2018), além de buscar identificar visualmente na imagem orbital conforme Eberhardt et al. (2011), com auxílio do levantamento de dados secundários associados à localização geográfica das propriedades rurais produtoras de eucalipto e visitas *in loco* na região, ocorridas em agosto de 2019.

Com o propósito de levantar dados consistentes da área de estudo foram visitadas áreas de produção de eucalipto das empresas do setor de siderurgia estabelecidas na região, coletando coordenadas geográficas com GPS, que posteriormente auxiliaram na classificação das imagens (Figura 9).



Figura 9 - Coleta de coordenadas com GPS em cultivo no município de Darcinópolis (TO) (a) e fornos em São Bento do Tocantins (TO) (b)

3.2.2 Interpretação de imagens e geração dos mapas

Para classificação das imagens foi utilizado o método de interpretação de imagens, que para Florenzano (2011), consiste em interpretar imagens obtidas por sensores remotos, contendo informações a serem analisadas.

Nesse processo alguns objetos podem ser identificados com maior facilidade com: relevo, drenagem, água, cobertura vegetal e uso da terra. Alguns elementos são considerados básicos no momento de interpretar uma imagem como: a tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. Assim, foi utilizada uma chave de interpretação.

A interpretação ou classificação digital da imagem consistiu em rotular um grupo de pixels de características semelhantes, como uma classe de identificação daquela porção de território. Sendo, o mapeamento do uso e da cobertura da terra a ser interpretado de duas maneiras: visualmente ou automatizada por meio de algoritmos classificadores (ALMEIDA et al., 2018). Para a presente pesquisa foi utilizado o método de classificação visual, com assistência de chaves de interpretação.

Na Figura 10 pode ser visualizada as etapas realizadas durante a fase de análise das imagens de satélites, até a geração final dos mapas.

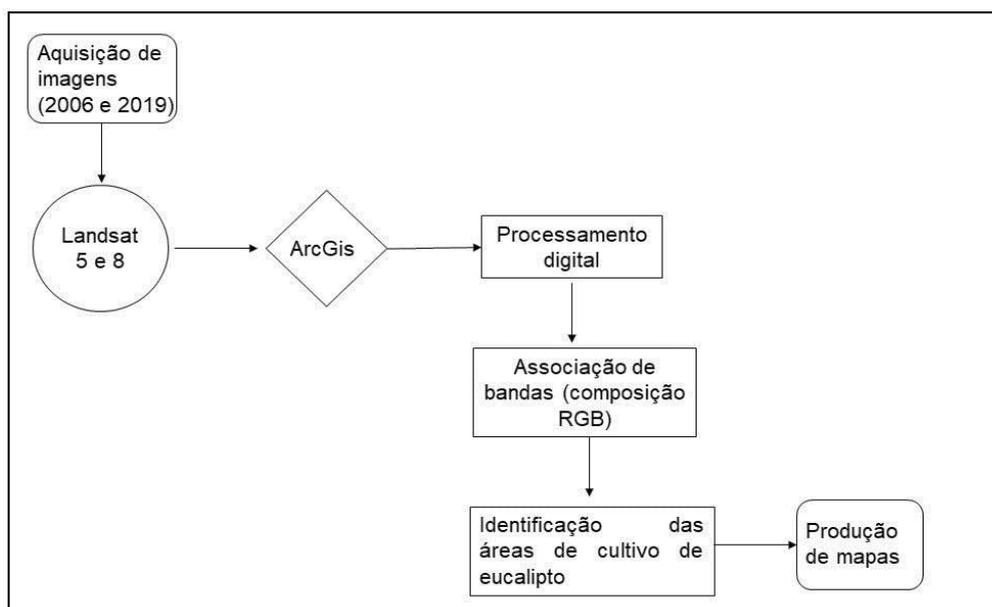


Figura 10 - Fluxograma das etapas de processamento das imagens de satélite
Fonte: próprio autor

Melo et al. (2017) consideram que a chave de interpretação é uma maneira de auxiliar o usuário a interpretar as feições existentes na imagem, analisando os elementos visuais existentes na imagem, este método foi uma etapa importante na realização das análises de imagens da área de estudo. Para a interpretação foram utilizados os Quadro 3 e 4, que apresentam modelos de chaves de interpretação utilizados na identificação de objetos e feições representadas.

O Quadro 3 representa um modelo de chave de interpretação gerada após a composição colorida para as imagens obtida através do sensor TM Landsat-5 para o ano de 2006, 1(R), 2(G) e 3(B).

Quadro 3 - Modelo de chave de interpretação de objetos e feições representadas em imagens TM Landsat-5, 1(R), 2(G) e 3(B)

Objeto		Chave de interpretação
	Área urbana	Cor ciano clara; textura ligeiramente rugosa; forma irregular; localização junto de rodovias

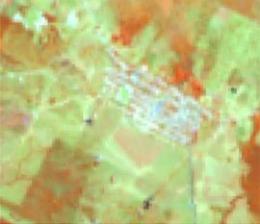
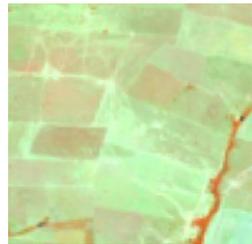
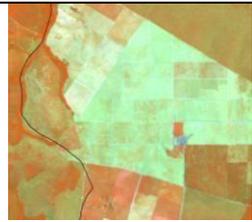
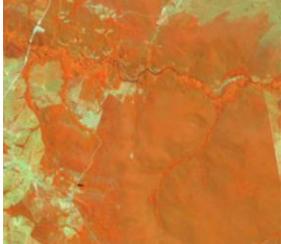
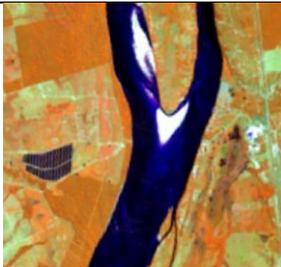
	Solo exposto	Predominância de tons com variação de magenta médio à magenta claro, em alguns casos pode ter tons claro ou branco; textura lisa; forma regular; localização junto de áreas urbanas ou áreas agrícolas, preparadas para o cultivo ou recém-colhidas
	Área desmatada	Cor variando entre cianos esverdeado claro; textura lisa; forma regular; localizado próximo à feições com tons verde médio que na maioria das vezes representa remanescente da vegetação nativa, com textura rugosa
	Áreas de reflorestamento	Cor verde claro brilhante; textura rugosa para os primeiros anos do cultivo e lisa com cor mais intensa para as florestas plantadas mais desenvolvidas; forma regular; com estradas vicinais no entorno
	Vegetação natural (floresta ombrófila densa/aberta, cerrado e floresta estacional)	Cor verde médio a escuro, podendo variar para o claro; textura rugosa; forma irregular
	Corpos d'água (rios, lagos, represas e oceanos)	Cor azul (material em suspensão) ou preta (água limpa), branco para bancos de areia; textura lisa; forma irregular, linha retilínea ou curvilínea para rios

Fonte: Adaptado de Florenzano (2011)

No decorrer da análise das imagens de satélite Landsat-5, por diversas vezes se recorreu a esta amostra para comparar com possíveis feições a serem encontradas nas imagens.

Já o Quadro 4, exibe o modelo de chave de interpretação obtido posteriormente ao realizar a composição colorida das imagens OLI Landsat-8 para o ano de 2019, 5(R), 4(G) e 3(B).

Quadro 4 - Modelo de chave de interpretação de objetos e feições representadas em imagens OLI Landsat-8, 5(R), 4(G) e 3(B)

Objeto		Chave de interpretação
	Área urbana	Cor ciano; textura ligeiramente rugosa; forma irregular; localização junto de rodovias
	Solo exposto	Predominância de tons com variação de ciano esverdeado à magenta claro, em alguns casos pode ter tons claro ou branco; textura lisa; forma regular; localização junto de áreas urbanas ou áreas agrícolas, preparadas para o cultivo ou recém-colhidas
	Área desmatada	Cor variando entre cianos esverdeado claro; textura lisa; forma regular; localizado próximo à feições que variam entre tons magenta claro ou escuro, com textura rugosa
	Áreas de reflorestamento	Cor magenta claro ou escuro; textura rugosa para os primeiros anos do cultivo e lisa com cor mais intensa para as florestas plantadas mais desenvolvidas; forma regular; com estradas vicinais no entorno
	Vegetação natural (floresta ombrófila densa/aberta, cerrado e floresta estacional)	Cor magenta escuro, podendo variar para o claro; textura rugosa; forma irregular
	Corpos d'água (rios, lagos, represas e oceanos)	Cor azul (material em suspensão) ou preta (água limpa), branco para bancos de areia; textura lisa; forma irregular, linha retilínea ou curvilínea para rios

Fonte: Adaptado de Florenzano (2011)

A utilização da chave de interpretação presente no do Quadro 4 trouxe maior agilidade ao processo de interpretação e permitiu eliminação de possíveis equívocos no decorrer das análises.

Assim, após a classificação visual das imagens com telas comparativas simultâneas do ArcMap e imagens geradas pelo *Google Earth* (Figura 11) foram produzidos mapas contendo as áreas identificadas com cultivo de eucalipto (em hectares), em cada um dos municípios localizados na região do Bico do Papagaio, em escala 1:1.000.000, georreferenciadas no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) SGR WSG84.

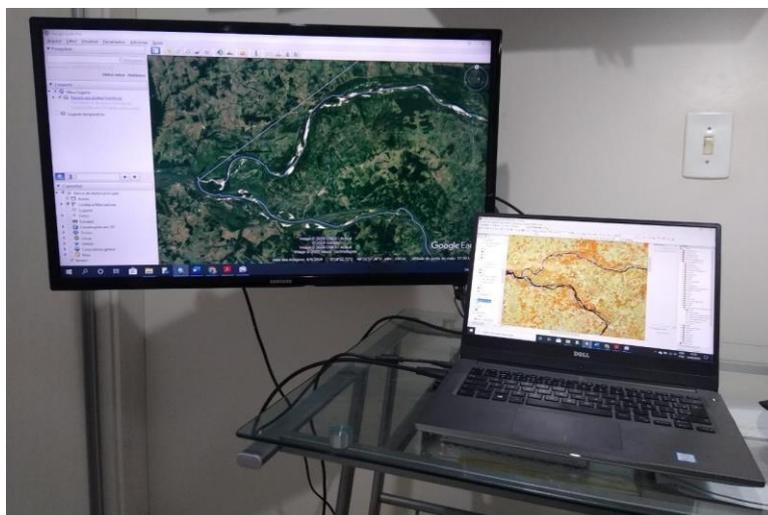


Figura 11 - Classificação visual com telas comparativas simultâneas do ArcMap e Google Earth
Fonte: próprio autor

A disposição das telas para as mesmas áreas, com ferramentas diferentes, conferiu celeridade ao processo e possibilitou a checagem das feições analisadas, tanto para as imagens de 2006, como para 2019.

O espelho da identificação de cada uma das áreas, onde foram detectados cultivos de eucalipto está disponível nos Apêndices 1 e 2.

3.3 Análise dos aspectos físicos, estratégicos e potencialidades para a produção de eucalipto na região

Para a análise dos aspectos físicos, considerou-se o relevo, declividade, solos e aptidão agroclimática.

No que se refere ao relevo e a determinação das classes de declive para fins de mecanização, utilizou-se a classificação baseada em Ranieri; Barretto e Klug

(2007): a) Facilmente mecanizado (0 a 5%); b) Mecanizado (5 a 12%); c) Moderadamente mecanizado (12 a 18%); Dificuldade na mecanização ou não mecanizado (> 18%).

Para atender esta atividade foi gerado o mapa de classes de declividade a partir de imagens do SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) (Quadro 5), que apresentam resolução espacial de 90m, obtidas do banco de dados digital da U. S. Geological Survey - USGS (2020). Foi feito um mosaico das imagens de radar, e em seguida gerou-se o modelo de elevação digital do terreno da região do Bico do Papagaio, e procedeu-se a classificação da declividade. A partir da geração do mapa de declividade, foi sobreposto os shapes das áreas de produção de eucalipto para analisar a adequabilidade em relação à mecanização e sua eficiência.

Com relação aos aspectos referentes aos solos, foram adquiridos arquivos relativos à classificação de solos para o estado do Tocantins compatível com a escala 1:1.000.000, na base de dados da Seplan (2007). Foi realizado por Collicchio (2008), a readequação da classificação dos solos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2006). A partir dessa nova base de dados, gerou-se as classes de solo que ocorrem na Região do Bico do Papagaio.

A partir da geração do mapa de ocorrência de solos na região, foi sobreposto os shapes das áreas de produção de eucalipto para analisar a posição em relação às classes de solos.

Em relação às necessidades agroclimáticas para o bom desempenho do eucalipto, realizou-se o zoneamento de aptidão agroclimática para a espécie *E. urophylla*, considerando a faixa de temperatura média anual entre 16 e 27°C e precipitação anual entre 1.000 e 2.000 mm e intervalos de deficiência hídrica anual, conforme preconizado por Souza (2017). A partir desses parâmetros foram definidas as classes de aptidão agroclimática para a cultura (Inapta, Apta, Restrita e Marginal) e realizado os respectivos zoneamentos de aptidão agroclimática da cultura para a região, considerando três tipos de capacidades de água disponível do solo (CAD), que foram; CAD = 100mm, CAD = 150mm e CAD= 220mm.

Com base nos dados meteorológicos de temperatura mensal e precipitação pluviométrica mensal, foi realizado o balanço hídrico climatológico de Thorthwaite e Mather (1955) e por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram gerados mapas de temperatura média anual, precipitação anual e de deficiência

hídrica anual. Fazendo a sobreposição de mapas com o apoio do SIG, foram elaborados mapas contendo as zonas de aptidão de cultivo para região, para cada CAD. Posteriormente foram sobrepostos os shapes referentes às áreas de cultivo de eucalipto identificadas referentes ao ano de 2019, nos mapas dos zoneamentos agroclimáticos, considerando cada CAD do solo.

Com relação à análise da logística de transporte na região e os eixos de integração logística, foi gerado um mapa contendo as modalidades de transporte na Região do Bico do Papagaio e na região dos polos siderúrgicos e da indústria de papel e celulose, localizadas no Pará e no Maranhão. Os dados digitais foram obtidos da Secretaria da Infraestrutura, Cidades e Habitação do estado do Tocantins, onde obteve-se os arquivos contendo a rede rodoviária e ferroviária, com divisas por município 2020. Em seguida foram posicionadas no mapa de logística de transporte as áreas de cultivo de eucalipto identificadas neste estudo na região.

Com base nas informações da capacidade instalada das siderúrgicas localizadas próximas à região de estudo, foi realizada uma estimativa de necessidade de área de cultivo, onde relacionou-se com a Região do Bico do Papagaio, a qual encontra-se posicionada de forma estratégica.

Quadro 5 - Imagens SRTM obtidas pelo USGS conforme ID e data

ID	Data
1S06W048V3	23/09/14
1S06W049V3	23/09/14
1S07W048V3	23/09/14
1S07W049V3	23/09/14
1S08W048V3	23/09/14

Fonte: USGS (2020)

3.4 Análise das áreas de cultivo do eucalipto na região, em relação ao Zoneamento Ecológico-Econômico – Norte do Estado do Tocantins

Após a identificação das áreas de produção de eucalipto existentes na região do Bico do Papagaio, uma das sobreposições realizadas foi em relação aos biomas da região. Para isso, a base de dados do Instituto Brasileira de Geografia e Estatística – IBGE, disponibilizado no formato shapefile e escala 1:250.000. O arquivo pode ser obtido no endereço eletrônico: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>.

As áreas de cultivo de eucalipto na região, também foram sobrepostas ao shapefile do Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE – Norte do Estado do Tocantins, identificando assim as zonas ocupadas pelo cultivo.

Para realizar a sobreposição com as áreas de produção de eucalipto identificadas foram utilizados arquivos no formato shapefile, pertencentes à Base de Dados Geográficos do Norte do Tocantins, na escala 1:250.000, disponível para download no site da Secretaria da Fazenda e Planejamento do Estado do Tocantins, pelo endereço eletrônico: www.sefaz.to.gov.br.

O ZEE da região Norte tem como destaque sua abrangência, localização e seus aspectos físicos, bióticos, sua diversidade biológica e a dinâmica socioeconômica. De acordo com Tocantins (2004) o ZEE trata-se de uma terminologia ou nomenclatura acessível ao entendimento de ampla parcela de usuários, com denominação de zonas e subzonas refletindo termos geográficos, em relação às unidades geomorfológicas e conforme os tipos de usos da terra. As zonas estão apresentadas conforme segue: Áreas para Ocupação Humana (Zona A); Áreas para Conservação Ambiental e do Patrimônio Cultural (Zona B) e suas subzonas (B1- Áreas para Conservação dos Ambientes Naturais, B2 - Áreas para o Corredor Ecológico Tocantins-Araguaia, B3 - Áreas de Ocorrências de Cavidades Naturais Subterrâneas e B4 - Áreas de Proteção da Captação de Água para Abastecimento Público); C - Áreas Prioritárias para Unidades de Conservação de Proteção Integral; D - Áreas de Unidades de Conservação de Uso Sustentável e; E - Áreas sob Administração Federal.

Para Mendonça, Soares Filho e Bacani (2017), a análise da expansão das áreas de cultivo de eucalipto em relação ao ZEE permite avaliar o nível de ocupação da cultura do eucalipto em relação ao que é recomendado, apontando as restrições e potencialidades de cada zona, sendo um instrumento de organização territorial, que pode direcionar planejamento e implantação dos cultivos em zonas apropriadas. Nesse sentido, a presente pesquisa buscou estimar a predominância das áreas de cultivo de eucalipto em relação às zonas do ZEE - Norte do Estado do Tocantins.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dinâmica de área de cultivo do eucalipto na Região do Bico do Papagaio no período de 2006 e 2019

Conforme análise das imagens Landsat-5 e Landsat-8, os dados de áreas levantadas foram agrupados por município, conforme apresentado na Tabelas 2.

A Tabela 2 apresenta o quantitativo e respectiva porcentagem das áreas cultivadas com eucalipto, por município na região do Bico do Papagaio em 2006 e que a área total de cultivo identificada foi de 9.180,15 ha.

Tabela 2 - Evolução da área cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio, por município, no período de 2006 e 2019

Aguiarnópolis	110,55	262,25	137,22
Ananás	-	5.744,78	-
Angico	-	2.407,68	-
Araguatins	3.337,17	5.870,19	75,90
Axixá do Tocantins	-	46,83	-
Cachoeirinha	-	449,03	-
Darcinópolis	329,71	5.003,50	1.417,55
Itaguatins	-	85,36	-
Luzinópolis	-	1.297,50	-
Nazaré	-	533,44	-
Palmeiras do Tocantins	-	1.241,12	-
Riachinho	-	1.219,60	-
São Bento do Tocantins	5.402,72	11.026,71	104,10
São Miguel do Tocantins	-	1.891,00	-
Área total	9.180,15	37.078,99	403,90

Fonte: próprio autor

Percebe-se que foram identificadas áreas ocupadas com o referido cultivo florestal, em apenas quatro municípios.

Observou-se que o município com maior área de cultivo foi o de São Bento do Tocantins, com 5.402,72 ha, o correspondente a 58,85% do total mapeado na região para aquele ano, conforme informação obtida em visita *in loco* realizada às áreas de cultivo de eucalipto na região, em agosto de 2019, especificamente em uma empresa ligada ao ramo da siderurgia, com unidade de produção de carvão vegetal ou redutor bioenergético, próximo às áreas de cultivo. Outra informação averiguada *in loco* é que a empresa possuía áreas de floresta plantada com cerca de 15 anos de idade, apontadas pelo empreendimento como os primeiros talhões plantados na região. Tal

informação justifica a grande parcela de contribuição desse município, podendo ser considerado um dos pioneiros para a atividade de silvicultura na região.

Outros três municípios, Aguiarnópolis, Araguatins e Darcinópolis, no ano de 2006 plantaram eucalipto, com destaque para Araguatins, que apresentou uma área de 3.337,17 ha, representando 36,35% do total cultivado. Os municípios de Aguiarnópolis e Darcinópolis tiveram contribuições discretas com relação ao cultivo de eucalipto no ano analisado, correspondendo juntos a apenas 4,79% do total plantado na região (Tabela 2).

Em estudo realizado por Paz et al. (2020), após análise de imagens de satélite, referentes ao ano de 2007, observaram que o município de Araguatins possuía 3.771,39 ha de floresta plantada, mostrando uma diferença positiva o equivalente a 434,22 ha, de 2006 para 2007. Apesar dos autores não identificarem se essa área referia-se ao eucalipto, é provável que seja, pois não realizaram visitas *in loco* na região para discriminar as possíveis espécies florestais cultivadas localmente.

Os mesmos autores identificaram no município de São Miguel do Tocantins, em 2007, uma área de 1.329,12 ha de floresta plantada. Contudo no presente estudo, no ano anterior (2006), não foi verificado nenhum cultivo florestal, em especial no que tange ao eucalipto. Possivelmente, em 2007 ocorreu a implantação desse cultivo florestal, que também pode ser o eucalipto. Isso porque comparando a Figura 6 da publicação de Paz et al. (2020), com a Figura 12 deste estudo, constata-se que tanto a posição, quanto à forma dos alvos são semelhantes.

Na Figura 12 é possível visualizar que em 2006, havia uma maior concentração das áreas de cultivo de eucalipto identificadas na divisa dos municípios de Araguatins e São Bento do Tocantins. Para a mesma localidade para o ano de 2007, Paz et al. (2020), identificou áreas de florestas comerciais, configurando expansão e consolidação dos cultivos na região.

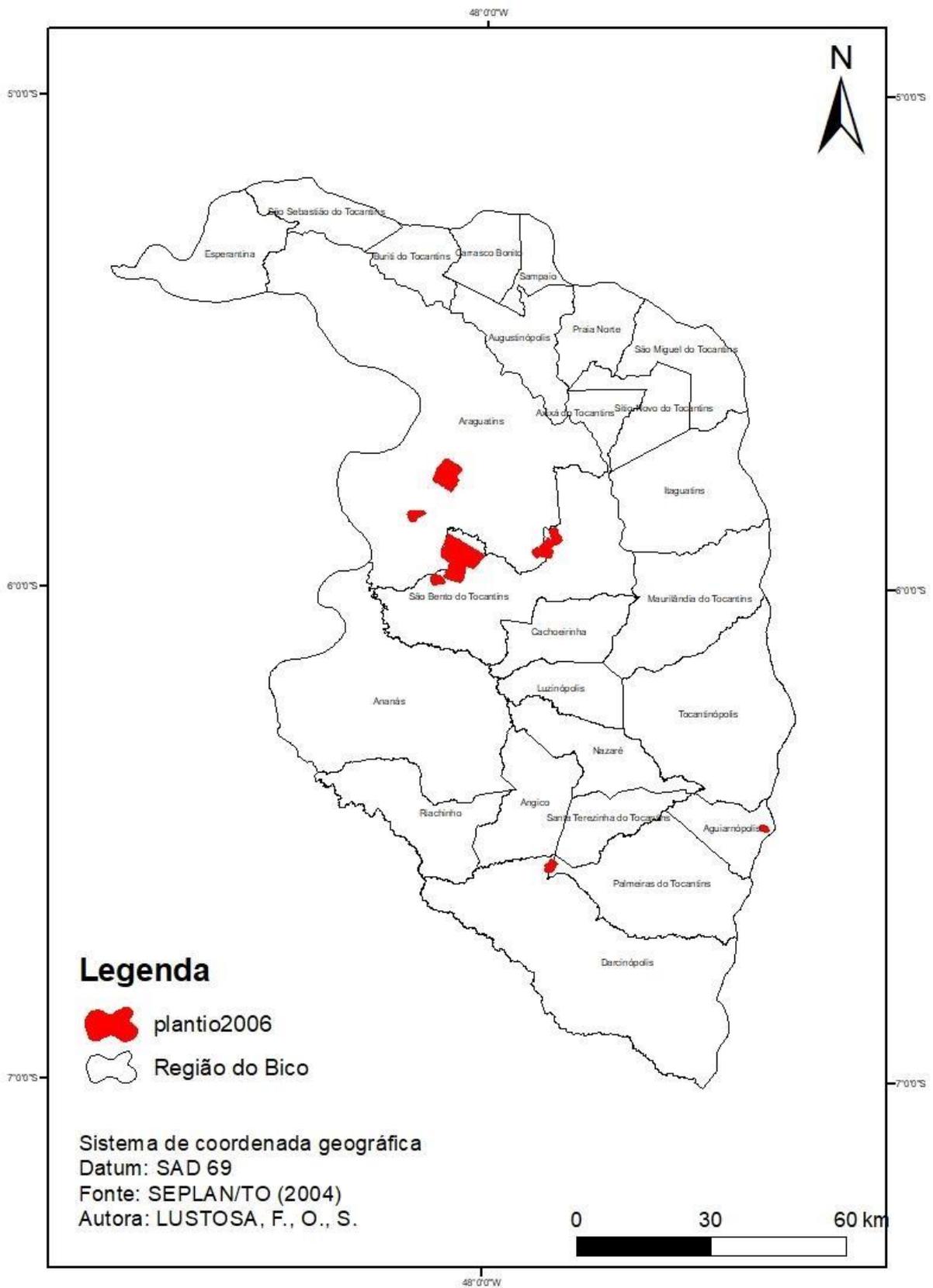


Figura 12 - Áreas de cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio em 2006
 Fonte: próprio autor.

Ainda considerando a Tabela 2, observa-se que o cultivo de eucalipto avançou para outros 10 municípios da região, e incrementou significativamente as áreas de cultivo preexistentes em 2006, como Araguatins, Darcinópolis e São Bento do Tocantins.

A área total de cultivo de eucalipto identificada no ano de 2019, na região do Bico do Papagaio, atingiu 37.078,99 ha.

Pela Tabela 2, nota-se que os quatro municípios que se destacaram com maiores áreas de cultivo foram: São Bento do Tocantins (11.026,71 ha), Araguatins, Ananás e Darcinópolis, com áreas superiores a 5.000 ha e Angico (2.407,68 ha).

No caso de São Bento do Tocantins, em 2019 foi quantificada uma área de 11.026,71 ha, representando um acréscimo de área de 104,09%. O aumento acentuado pode ser justificado pela atividade de empresas de silvicultura, ligadas ao ramo de siderurgia, que têm como principal insumo utilizado em seu processo industrial, o carvão vegetal. Em seu website a empresa informa que o segmento florestal, fundado em 2006, localizado no município de São Bento do Tocantins (TO), produz redutor bioenergético para atender uma siderúrgica, da própria empresa, em Marabá (PA) (SINOBRAS, 2020).

O município de São Bento do Tocantins em 2014, de acordo com Tocantins (2015), apresentava uma área de floresta plantada de 16.980 ha, sendo 12,96% do percentual da época para todo o Estado, ficando atrás somente do município de Brejinho de Nazaré, com 18.614 ha, que representava 14,22% do total. Nesse sentido, infere-se que para o município com a maior área de floresta plantada em 2019, conforme valores levantados na presente pesquisa, houve um decréscimo de 5.953,29 ha, o que representa uma supressão de 35,06%.

Entende-se que o decréscimo de algumas áreas é um processo normal para um setor em constante mudanças, mas também em virtude do ciclo de corte da espécie para a produção de carvão vegetal.

A necessidade por ampliação das áreas de cultivos florestais na região só vem crescendo. Um exemplo disso é o município de Darcinópolis, que em 2006 possuía uma área ocupada pelos cultivos florestais de 329,71 ha, o que representava na época apenas 3,59% do total. Atualmente, o mesmo município possui uma área de 5.003,50 ha dedicados ao setor florestal. O que em termos de incremento representa 1417,55%, refletindo a grande demanda de tal município por empresa do setor

siderúrgico, para produção de carvão vegetal e posterior envio do redutor para uma siderúrgica situada em Açailândia (MA).

A distribuição dos cultivos de eucalipto no Tocantins por região, conforme Tocantins (2015), apresentava a região do Bico do Papagaio com um total de 31.345,77 ha. Na mesma região em 2017, a área plantada foi 38.153 ha, conforme informado pelo IBGE (2017) e em 2019, com resultados do presente estudo, a área total observada foi de 37.078,99 ha. Isso evidencia que a região obteve um acréscimo de cerca de 18,29% das áreas plantadas de eucalipto de 2015 para 2017 e uma leve redução ou estabilização da área de cultivo de 2017 para 2019, mostrando a estagnação do setor siderúrgico nacional, devido a tendência mundial de desaceleração, conforme relatado pela FIETO (2018) e Duarte; Collicchio (2020).

Destaca-se que a área de produção de eucalipto no Estado do Tocantins, foi de 119.871 ha (IBÁ, 2019) e o observado no presente estudo na região do Bico do Papagaio em 2019, foi de 37.078,99 ha, correspondendo a cerca de 31% da área total do Tocantins em 2018.

Na Figura 13 é possível observar as áreas de cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio em 2019. Percebe-se que dos 25 municípios analisados, em apenas 11 municípios não tiveram áreas dedicadas à produção de eucalipto.

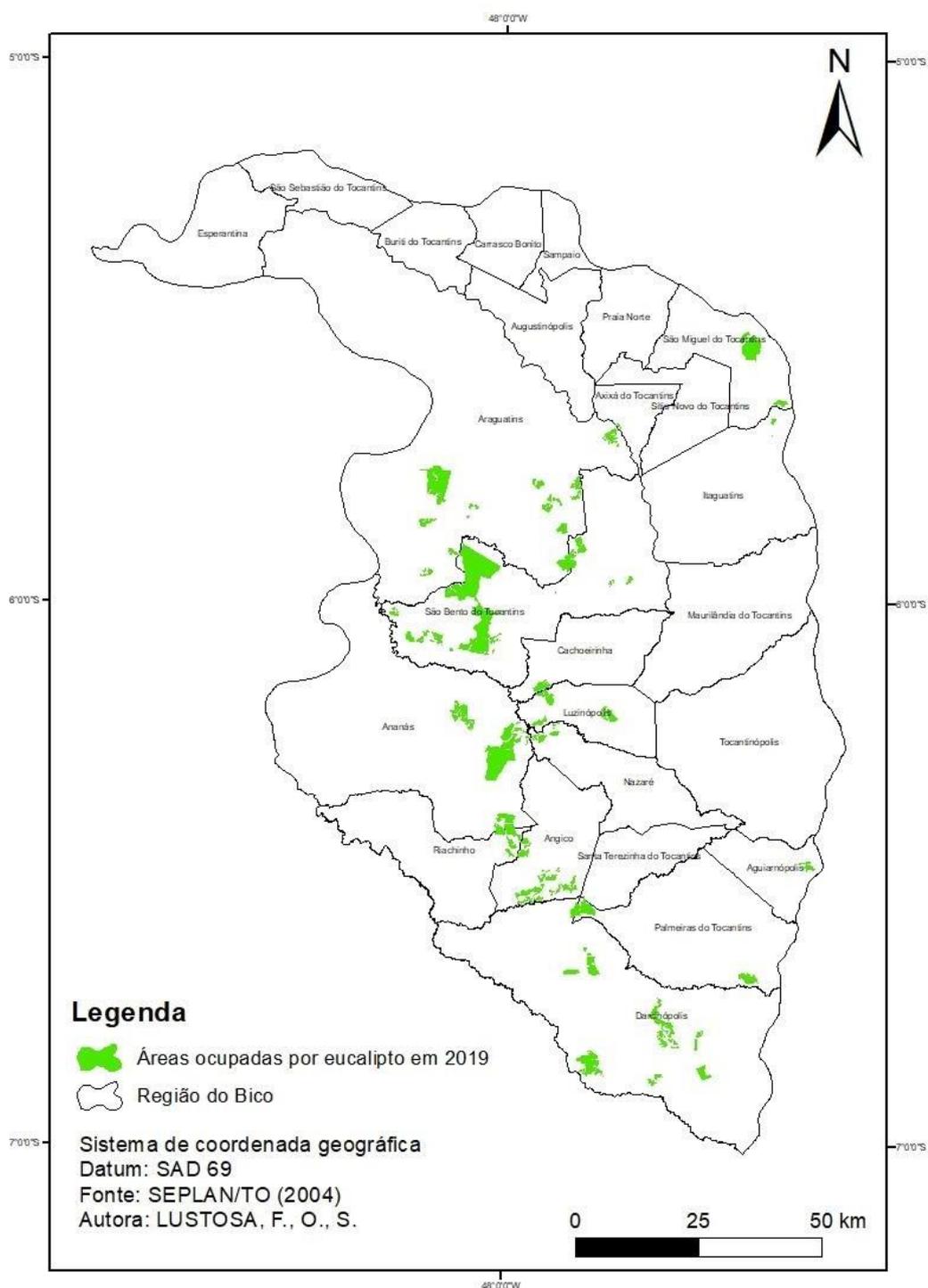


Figura 13 - Cultivos de eucalipto identificados na Região do Bico do Papagaio em 2019
 Fonte: próprio autor

A crescente ocupação da região do Bico do Papagaio com cultivos de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal, principalmente, em relação aos municípios de São Bento do Tocantins e Darcinópolis fica evidente na presente pesquisa. Confirmando essa tendência, tem-se os dados referentes à ocupação de áreas plantadas com eucalipto para o Estado, com 44.310 ha e 119.871 ha, para os anos

de 2009 e 2018, respectivamente. Conforme Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2019).

De acordo com a Tabela 2, em termos de percentual de crescimento de área, o município de Darcinópolis se destacou pelo maior índice de crescimento (403,90%). Porém quando comparado, a quantidade total de área cultivada com eucalipto por município, São Bento do Tocantins apresentou uma maior área tanto em 2006, como em 2019, sendo que o seu crescimento entre 2006 e 2019, foi de 104,10%.

A Figura 14 apresenta as áreas de cultivo de eucalipto especializadas por município e para os anos de 2006 e 2019, bem como a evolução da ocupação de áreas pelo cultivo de 2006 (Figura 14a) a 2019 (Figura 14b), onde é possível verificar um aumento significativo na expansão das áreas ocupadas por cultivos de eucalipto.

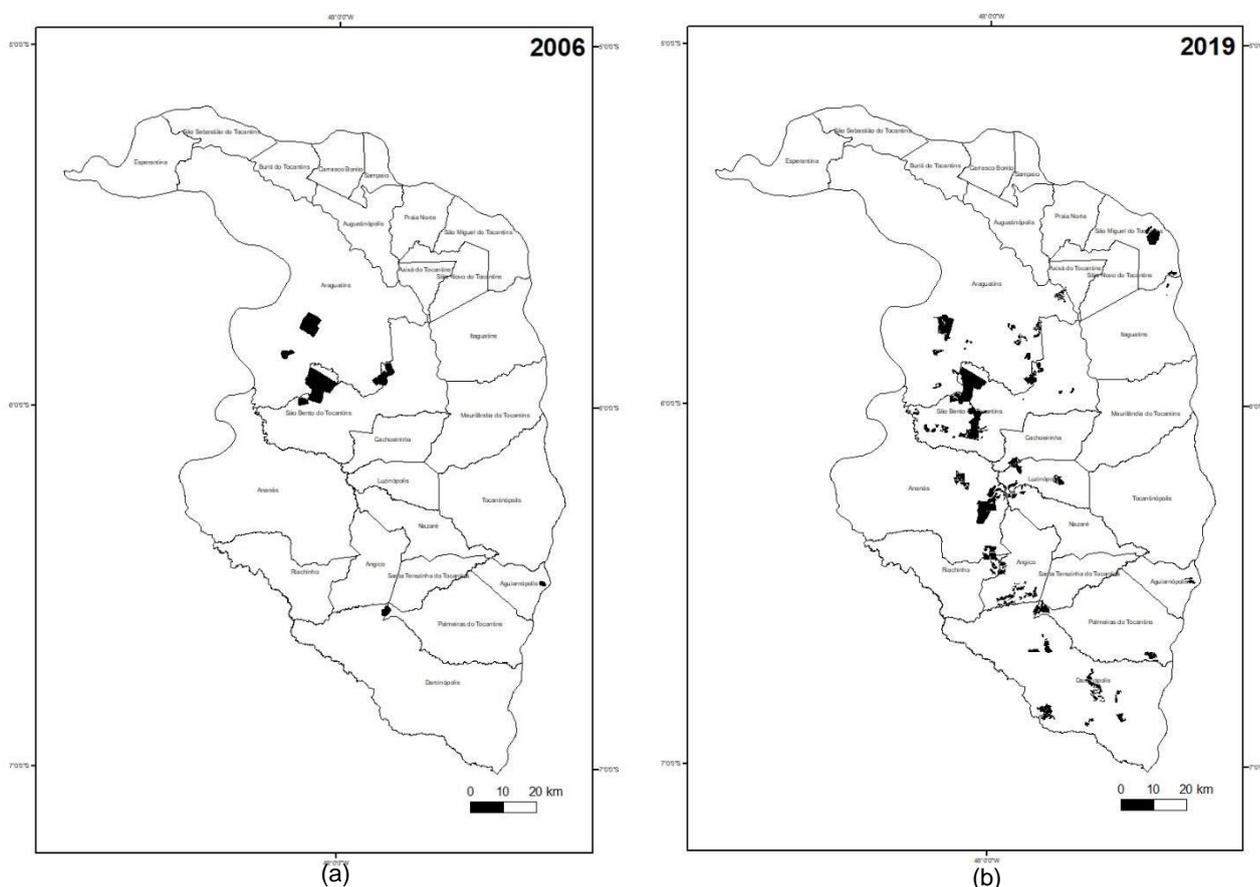


Figura 14 - Cultivos de eucalipto identificados na Região do Bico do Papagaio em 2006 (a) e 2019 (b)

Fonte: próprio autor

Constata-se pela Figura 14, que a expansão das áreas de cultivo de eucalipto no período de estudo, ocorreu nos sentidos oeste – centro e oeste – sul - sudeste e

numa pequena porção à nordeste da região, envolvendo portanto, 14 municípios produtores, correspondendo a 56% dos municípios da região.

4.2 Aspectos físicos, estratégicos e potencialidades para a produção de eucalipto na região

Em observância ao crescimento de áreas de cultivo de eucalipto na Região do Bico do Papagaio, constatado nesse trabalho, apresenta-se alguns aspectos físicos, de infraestrutura e de localização, que são estratégicos e tem oportunizado o incremento do cultivo desta cultura na região.

4.2.1 Relevo, declividade e classes de solos da região

Com relação ao relevo ressalta-se que a maioria do território tocantinense (85 a 90%) apresenta relevo suave, com declividade inferior a 15%, fazendo com que o Estado tenha boa aptidão para o cultivo agrícola mecanizado (SEPLAN, 2012), o que foi confirmado por Collicchio (2008) com estudos referentes a cultura da cana-de-açúcar no Estado.

De acordo com o mapa do relevo (Figura 15a), o relevo da região possui uma variação próxima de 70 m, para as menores altitudes, podendo chegar à elevação de terreno superior a 500 m.

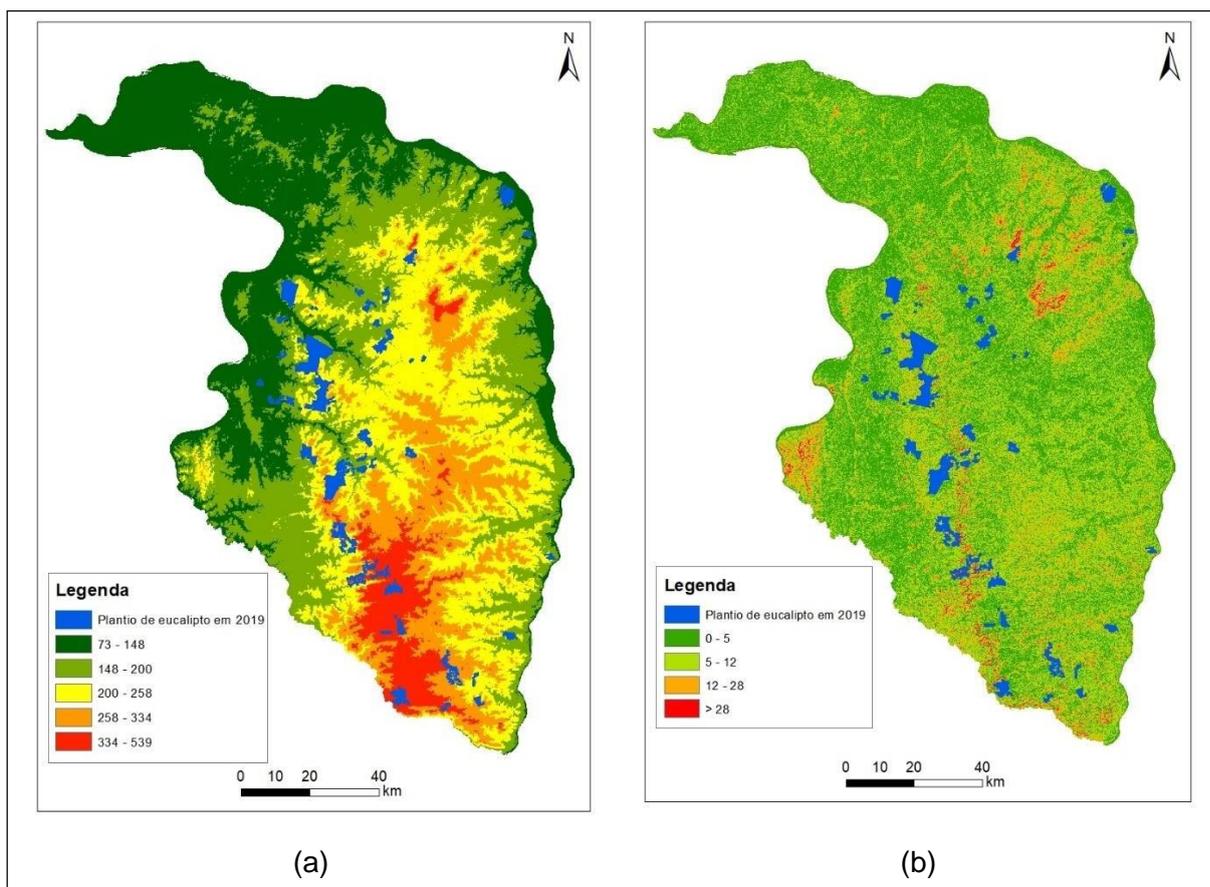


Figura 15 - Relevo (a) e declividade em percentual e distribuição das áreas de cultivo de eucalipto (b) na Região do Bico do Papagaio
 Fonte: próprio autor

Considerando a Figuras 15b, constata-se que as áreas de cultivo de eucalipto estão localizadas predominantemente em áreas com declividade entre 0 a 12%. Esta condição favorece a implantação de empreendimentos agrícolas e florestais, beneficiando nas fases de cultivo e em especial na fase de colheita, que na silvicultura é uma das atividades mais onerosas do cultivo, podendo afetar diretamente no rendimento das máquinas nas operações florestais (LIMA; LEITE, 2008). Esses autores afirmaram ainda que a colheita florestal em áreas com condições topográficas desfavoráveis, exige alto nível de planejamento, bem como o desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para essas condições, a fim de reduzir custos e aumentar o rendimento das atividades de colheita.

Apesar de existirem máquinas que conseguem trabalhar em áreas mais declivosas, diversos estudos têm sido realizados no país relacionando a declividade do terreno e rendimento de máquinas na colheita de eucalipto, como a *harvester* e *feller buncher*.

Utilizando a máquina *harvester*, na colheita de eucalipto, Leite et al. (2014), identificaram que as áreas com declividades mais acentuadas, provocaram um maior consumo médio de tempo de uma mesma atividade do ciclo operacional, bem como o aumento do custo.

Miyajima et al. (2016) estudaram um sistema de colheita de árvores inteiras (*full tree*) comparando o rendimento do *feller buncher* em função da declividade do terreno e do tempo de experiência dos operadores. Com base nos resultados, os autores concluíram que o rendimento médio da colheita com o *feller buncher*, diminuiu com o aumento da declividade do terreno.

Quanto ao uso potencial da terra, a Seplan (2012) classificou o Estado do Tocantins em zonas segundo sua potencialidade e o uso da terra e baseado nessa classificação, percebe-se que cerca de 40 a 50% do território da região do Bico do Papagaio, apresenta as terras com classe de produção de uso intensivo. Essas áreas estão espacialmente localizadas nas porções centro, leste, assim como uma parte no sul e no norte da região, onde a maioria dos cultivos de eucalipto estão situados.

Para desenvolver adequadamente o cultivo do eucalipto, o conhecimento dos tipos de solos que ocorrem na região é de fundamental importância, tendo em vista que é um dos componentes que definem as áreas mais aptas para essa atividade.

Cada unidade de solo dependendo de sua ocorrência na região, pode apresentar variações quanto às suas características, proporcionando fatores positivos ou limitantes ao uso agrícola e da silvicultura, que poderá afetar a classificação da aptidão edáfica natural para a produção de eucalipto, porque a escala utilizada corresponde a 1:1.000.000. Além disso, neste trabalho encontra-se identificado até o segundo nível hierárquico das classes de solos, ou seja, é muito ampla, devendo-se realizar estudos mais detalhados dos solos localmente, para a implementação de práticas de manejo adequadas de acordo com cada tipo de solo, conforme preconizado por Prado (2007).

Conforme o mapa de solos da Seplan (2007), adaptado por Collicchio (2008), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2006), as classes de solo que ocorrem na Região do Bico do Papagaio são: 1) Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA, 2) Argissolos Vermelhos – PV, 3) Latossolos Vermelho-Amarelos – LVA, 4) Latossolos Vermelhos – LV, 5) Neossolos Quartzarênicos – RQ, 6), Neossolos Litólicos – RL, 7) Plintossolos Pétricos – FFn e 8) Gleissolos.

A distribuição e respectivas áreas de cada classe de solos estão apresentadas na Tabela 3 e na Figura 16.

Tabela 3 - Ocorrência de classes de solos na Região Bico do Papagaio e suas respectivas áreas em hectares e em percentual

Classes de solos	Área (ha)¹	%
Argissolos Vermelhos	200,698,40	12,94
Argissolos Vermelho-Amarelos	26,461,92	1,71
Gleissolos	64,380,60	4,15
Latossolos Vermelho-Amarelos	489,308,90	31,55
Latossolos Vermelhos	76,440,55	4,93
Neossolos Litólicos	28,130,79	1,81
Neossolos Quartzarênicos	618,433,90	39,88
Plintossolos Pétricos	46,931,20	3,03
Total	1,550,786,26	100,00

¹ Área estima pelo SIG

Pela Tabela 3 constata-se que há a predominância dos tipos de solos: Neossolos Quartzarênicos com quase 40% da área total da região, seguido dos Latossolos Vermelhos-Amarelos (31,55%) e Latossolos Vermelhos (4,93%), que juntos, os Latossolos correspondem a 36,48%. Em terceiro lugar os Argissolos somam 14,65%, sendo que os Argissolos Vermelhos ocupam 12,94% e os Argissolos Vermelhos-Amarelos estão presentes em apenas 1,71%.

Destaca-se que nesta região, há o predomínio das classes de solos agrupadas: Latossolos, Neossolos e Argissolos, os quais apresentam baixa fertilidade natural, e que somados representam quase a totalidade do território, o equivalente a 91%.

A seguir apresenta-se a espacialização das distintas classes de solos que ocorrem na região do Bico do Papagaio, mostrando a localização das áreas de produção de eucalipto implantadas nos referidos tipos de solos (Figura 16).

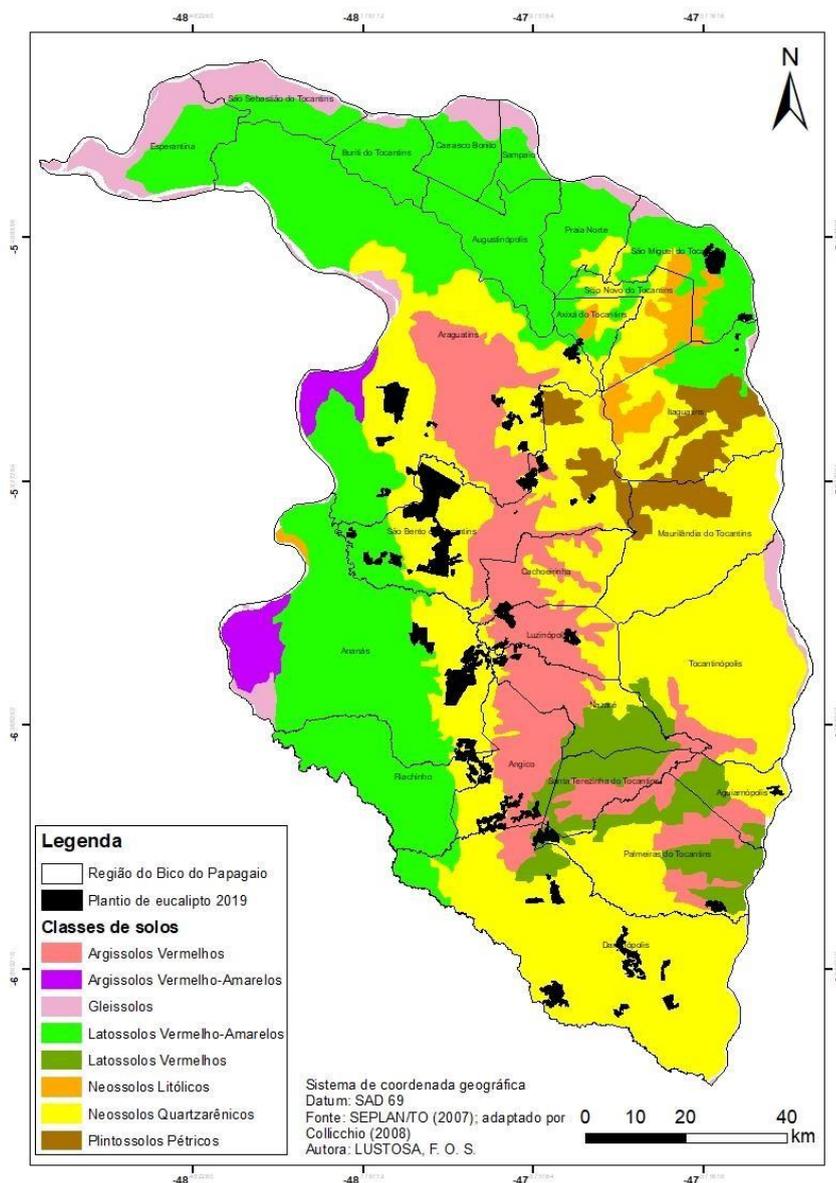


Figura 16 - Classificação dos solos e localização das áreas de produção de eucalipto na Região do Bico do Papagaio

Fonte: Próprio autor, adaptado da SEPLAN, 2007, por Collicchio, 2008

Tabela 4 - Áreas de produção de eucalipto em relação às classes de solos na Região Bico do Papagaio e suas respectivas áreas em hectares e em percentual

Classes de solos	Áreas de cultivo (ha)	%
Argissolos Vermelhos	3,805,53	10,26
Argissolos Vermelho-Amarelos	0	0,00
Gleissolos	0	0,00
Latossolos Vermelho-Amarelos	3,719,76	10,03
Latossolos Vermelhos	1,307,59	3,53
Neossolos Litólicos	314,82	0,85
Neossolos Quartzarênicos	27,774,13	74,91
Plintossolos Pétricos	157,16	0,42
Total	37,078,99	100,00

Constata-se pela Figura 16, e pela Tabela 4, que as áreas de produção de eucalipto estão localizadas predominantemente sobre Neossolos Quartzarênicos, conferindo quase 75,00% dos cultivos na região e cerca de 23,82% estão implantadas em solos classificados como Latossolos e Argissolos. Cultivos nesses tipos de solos, exigem manejos do solo e florestal adequados, devido à baixa fertilidade natural, textura normalmente arenosa e drenagem elevada, especialmente no que tange às áreas de produção instaladas em Neossolos Quartzarênicos.

Associado aos fatores físico e químicos do solo, tem-se a deficiência hídrica do solo, que conforme estimado por Souza (2017), varia de 200 mm a 650 mm, dependendo da capacidade de retenção de água. Contudo, em média tem-se o predomínio de um intervalo de deficiência hídrica, variando de 350 mm a 450 mm nesta região, que é considerado elevado, podendo impactar negativamente na produtividade.

Nesse sentido, destaca-se que a produtividade média no Estado do Tocantins estimada é de cerca de 28,57 m³/ha.ano (200 m³/ha), estando abaixo da produtividade média brasileira, que atingiu 36,0 m³/ha.ano (252 m³/ha) em 2018 (IBÁ, 2019).

4.2.2 Condições climáticas e aptidão agroclimática do eucalipto a região

A regionalização climática do Tocantins apresenta três grandes ambientes: a) Clima úmido; b) Clima úmido subúmido e c) Clima subúmido seco. O clima úmido corresponde à faixa contígua na parte ocidental do Estado, que abrange de sul a norte, com exceção da região do Bico do Papagaio. Já o clima úmido subúmido envolve faixa oriental do Estado, somada a região do Bico do Papagaio, e a região restante do Tocantins (porção leste) refere-se ao clima subúmido seco (SEPLAN, 2012).

A temperatura média anual estimada para a região do Bico do Papagaio, varia de 26,0 °C a 27,3 °C, a precipitação pluviométrica anual, de 1.450 mm a 1.950 mm e a deficiência hídrica de 250 mm a 650 mm (SOUZA, 2017).

Destaca-se que as espécies de eucalipto mais indicadas para uso visando fins energéticos, são: *Eucalyptus urophylla*, híbridos *urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*), *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus camaldulensis* (SILVA, 2007).

Nesse contexto e de acordo com informações coletadas *in loco*, nesta pesquisa, o *Eucalyptus urophylla* pode ser considerada uma das espécies muito cultivada nos empreendimentos florestais implantados na região.

Sendo assim, foi feita a sobreposição das áreas identificadas com cultivo de eucalipto no ano de 2019, nos mapas dos zoneamentos de aptidão agroclimática para o cultivo do *Eucalyptus urophylla*, considerando três capacidades de armazenamento de água do solo (CAD), baseado na pesquisa realizada por Souza (2017) e conforme apresentado na Figura 17.

Em relação às necessidades agroclimáticas para o bom desempenho da espécie *E. urophylla*, Flores et al. (2016) consideraram como adequados, a faixa de temperatura média anual entre 16 e 27°C e precipitação anual entre 1.000 e 2.000 mm, cujos parâmetros foram utilizados por Souza (2017), para definir as classes de aptidão, nos respectivos zoneamentos de aptidão agroclimática da cultura (Figura 17).

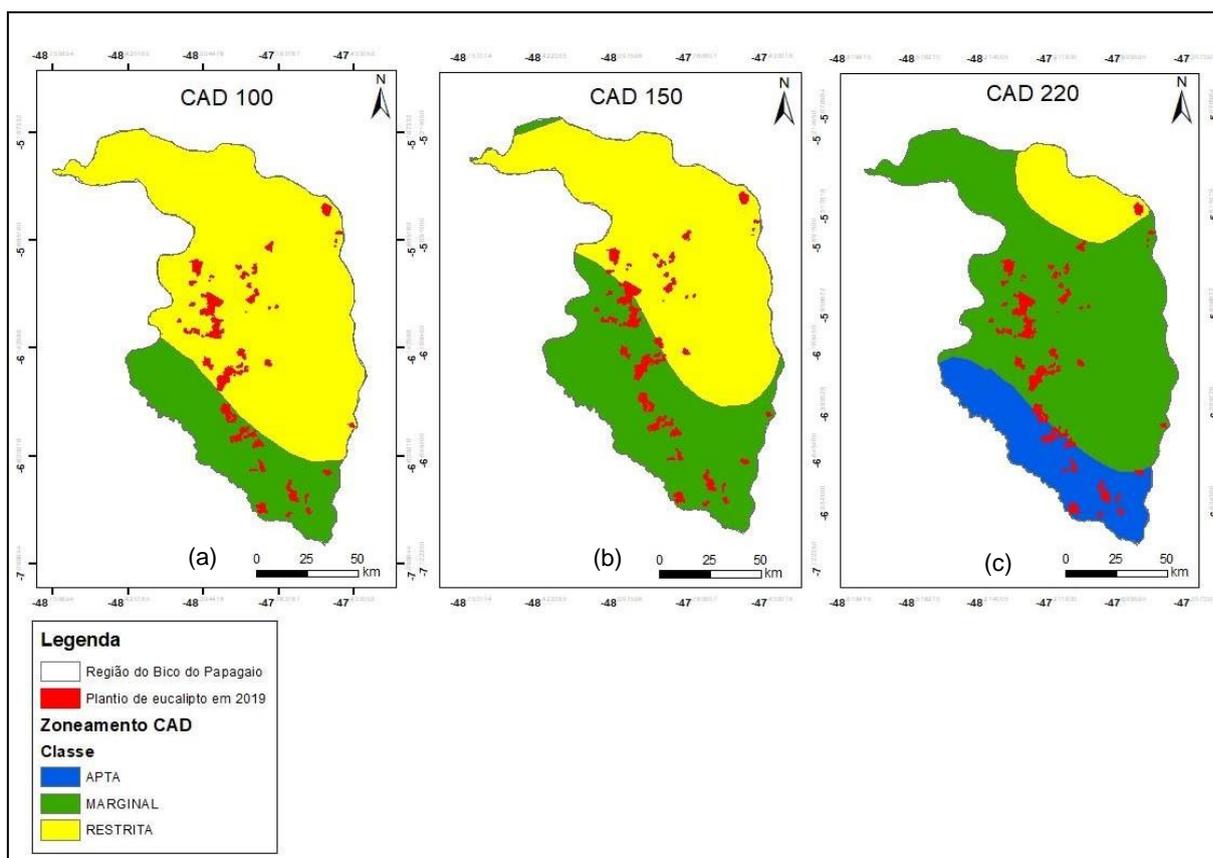


Figura 17 - Aptidão agroclimática do *Eucalyptus urophylla* para a Região do Bico do Papagaio, considerando as áreas de produção de eucalipto por classe de aptidão e para o CAD = 100 mm (a), CAD = 150 mm (b) e CAD = 220 mm (c)

Fonte: Elaborado a partir de Souza (2017)

Posterior à sobreposição das áreas, calculou-se a proporção para cada um das CAD na região, chegando aos valores da Tabela 5.

Tabela 5 - Classes de aptidão agroclimática do *Eucalyptus urophylla* para o Bico do Papagaio, considerando as áreas de produção de eucalipto, por classe de aptidão e por CAD

Classes	Para CAD=100 mm		Para CAD=150 mm		Para CAD=220 mm	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
APTA	0,00	0,00	0,00	0,00	8261,52	22,28
MARGINAL	10.415,51	28,09	24.339,21	65,64	27.205,85	73,37
RESTRITA	26.663,48	71,91	12.739,78	34,36	1.611,62	4,35
TOTAL	37.078,99	100,00	37.078,99	100,00	37.078,99	100,00

Fonte: Estimado a partir dos resultados de Souza (2017)

Para uma CAD = 100 mm (Figura 17a e Tabela 5), verificou-se que do total de área plantadas com eucalipto na região, equivalente a 37.078,99 ha, cerca de 71,91% dessas áreas estão dentro de uma classe de aptidão “restrita”, o que para Souza (2017), demonstra uma condição térmica favorável e restrição hídrica acentuada.

Identificou-se que 28,09% das áreas de cultivo de eucalipto, estão dentro da classe de aptidão “marginal”, o que representa uma condição de média produtividade para a cultura. Ao ensejo nota-se que nesta condição de CAD, não se apresenta classe de aptidão “apta” ao cultivo.

Quando as áreas foram confrontadas com a CAD = 150 mm (Figura 17b e Tabela 5), percebe-se uma ampliação da área “marginal”, incorporando cerca de 65,64% das áreas de cultivo. Observa-se uma redução da extensão da classe de aptidão “restrita”, que nesse caso correspondeu a 34,36% dos cultivos de eucalipto na região. Nota-se uma condição oposta à CAD anterior (100 mm), evidenciando a ampliação da disponibilidade hídrica, e aumentando de maneira significativa a proporção de áreas com melhores condições de cultivo na Região do Bico do Papagaio.

Considerando a condição de CAD = 220 mm (Figura 17c), constata-se uma redução muito significativa da área com classe de aptidão “restrita”, bem como da presença de áreas de produção de eucalipto, o equivalente a apenas 4,35% do total de área de cultivo. A maior parte dos cultivos com eucalipto, 73,37%, ficaram dentro da zona de aptidão “marginal”, com condições térmicas favoráveis e restrição hídrica, podendo se tornar “apta”, caso tenha sistema de irrigação complementar.

Um outro aspecto positivo nessa condição, foi a detecção de 22,28% das áreas de cultivo dentro da classe de aptidão “apta”, o que para Souza (2017), pode proporcionar elevada produtividade da cultura nessas localidades, que corresponde a uma faixa em toda a porção sul da região (Figura 17c).

Vale ressaltar, que não foi observada a classe “inapta”, ao cultivo do *Eucalyptus urophylla* em nenhuma das três condições dos CADs.

4.2.3 Logística de transporte regional e posição estratégica da região em relação aos polos industriais siderúrgicos

Um outro aspecto de destaque na região refere-se a logística de transporte existente, rodoviária e ferroviária, bem como a proximidade de polos industriais instalados nos estados do Pará e Maranhão, conforme apresentado na Figura 18.

Caixeta-Filho (2001) afirma que um setor de transportes competitivo é fundamental para o crescimento econômico e para aumentar a eficiência da movimentação de cargas agrícolas são necessárias estratégias de integração para modais de transportes.

A infraestrutura de transportes é importante para o sucesso de qualquer empreendimento, para a silvicultura ela é essencial. Os insumos necessários para o setor chegam via transporte rodoviários, bem como o escoamento dos produtos florestais. As empresas de cultivos florestais existentes na região possuem uma condição privilegiada, pois além das rodovias, está situada próximo a um dos principais ramais ferroviários do país, a Ferrovia Norte Sul.

A consolidação do sistema de transportes multimodal beneficiará de forma significativa o Tocantins e a Região do Bico do Papagaio, devido à movimentação de insumos para as regiões de produção e produtos acabados para as áreas de consumo do Estado, regionalmente, do país e do exterior. Além da melhoria das condições de escoamento da produção agrícola e de origem florestal e o barateamento do frete, esses empreendimentos poderão intensificar as atividades produtivas no Estado, além da incorporação de novas áreas destinadas à produção, inclusive de floresta plantada em especial o eucalipto (COLLICCHIO, 2008).

No que se refere a infraestrutura rodoviária na região do Bico do Papagaio, destacam-se três rodovias federais, nove estaduais pavimentadas e uma em obras de pavimentação (TOCANTINS, 2020).

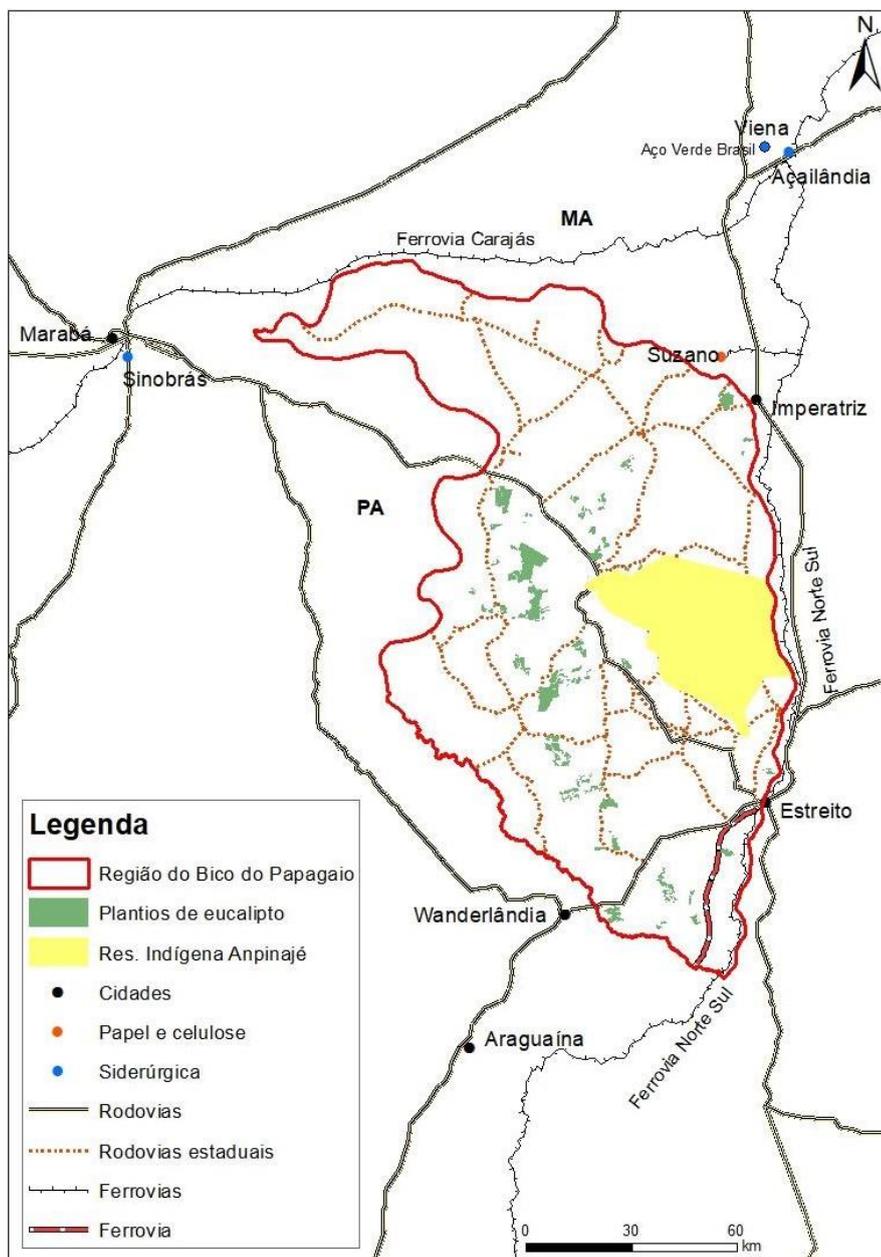


Figura 18 - Infraestrutura rodoviária, ferroviária e os polos regionais siderúrgicos e de papel e celulose

As rodovias federais são, BR-153 (Araguaína-Wanderlândia-Xambioá), BR-226 (Wanderlândia-Darcinópolis-Palmeiras do Tocantins-Aguiarnópolis) e BR-230 (Aguiarnópolis-Nazaré-Luzinópolis-Cachoeirinha-São Bento do Tocantins-Rio Araguaia). Já as rodovias estaduais pavimentadas, tem-se a TO-201 (Esperantina-Buriti do Tocantins-Augustinópolis-Axixá do Tocantins-Sítio Novo do Tocantins-São

Miguel do Tocantins-Rio Tocantins), TO-010 (Buriti do Tocantins-São Sebastião do Tocantins), TO-134 (Darcinópolis-Angico-Luzinópolis-Cachoeirinha-São Bento do Tocantins-BR 230-Axixá do Tocantins), TO-496 (Augustinópolis-Araguatins), TO-126 (Maurilândia do Tocantins-Itaguatins-Sítio Novo do Tocantins-Sumauma em São Miguel do Tocantins), TO-210 (Riachinho-Ananás-Angico), TO-416 (Riachinho-BR-153), TO-403 (TO-404-Sampaio) e TO-404 (Augustinópolis-Praia Norte). A TO-010 (Ananás-BR-230 e Wanderlândia-Babaçulândia), encontra-se em obras de pavimentação.

Ressalta-se a existência de pequenos trechos (< 40km de extensão) de 10 rodovias estaduais que estão trafegáveis, mas com piso de revestimento primário, as quais interligam a rede rodoviária, que são: TO-126 (Tocantinópolis-Maurilândia do Tocantins), TO-210 (TO-010 - Rio Tocantins), TO-414 (Cachoeirinha – TO-010), TO-205 (São Bento do Tocantins – TO-010), TO-405 (Axixá do Tocantins-BR-230), TO-409 (Maurilândia do Tocantins-TO-134), TO-134 (Axixá do Tocantins-Rio Tocantins), TO-403 (Carrasco Bonito-Sampaio), TO-402 (TO-201-Rio Tocantins) e TO-201 (Esperantina-Pedra de Amolar-Encontro das águas) (TOCANTINS, 2020).

A partir dessas rodovias federais e estaduais, existe uma densa malha de estradas municipais e de propriedades rurais que permite o acesso interno a toda a região (TOCANTINS, 2004). Essa boa rede de rodovias favorece o transporte de madeira e carvão vegetal produzidos na região, para outros estados, especialmente para o Pará e Maranhão, onde estão localizadas as indústrias de siderurgia.

A localização da região em relação aos polos siderúrgicos e de papel e celulose está a uma distância média de 250 km. O que reduz os custos com transporte do carvão para a siderúrgica em Marabá/PA, oriundo por exemplo da região de São Bento do Tocantins/TO e proveniente de Darcinópolis/TO, que é transportado até o polo ferro guseiro em Açailândia/MA. Outro seguimento beneficiado é o de papel e celulose, no caso a indústria está localizada no município de Imperatriz/MA.

No Estado do Pará, o polo produtor de Gusa de Mercado (GM) está concentrado no município de Marabá, próximo ao distrito mineiro de Carajás e contíguo à Estrada de Ferro Carajás (EFC). Contava com 10 empresas produtoras com 21 altos-fornos e capacidade instalada de quase 3,0 Mt/ano. O complexo guseiro no estado do Maranhão interligado à infraestrutura do estado do Pará, constituído pelo minério de ferro de Carajás, por meio da EFC, possuía 7 empresas, sendo que 5 delas situadas

no município de Açailândia, absorvendo 1,8 Mt de capacidade instalada do Estado e mais duas empresas localizadas nos municípios de Rosário e Santa Inês que completavam uma capacidade de 2,3 Mt para o Estado do Maranhão (MME, 2009).

Esse complexo composto por 17 empresas tornou-se polo produtor que detinha em 2007, cerca de 40% da capacidade instalada brasileira de produção de Gusa de Mercado (MME, 2009).

Contudo, na última década, houve o enfraquecimento do setor siderúrgico brasileiro devido à retração significativa do mercado, iniciada em 2008, com a crise financeira mundial onde os Estados Unidos, maior comprador de ferro-gusa do país, reduziu em cerca de 80% as importações desse produto brasileiro. Além dessa razão, não houve sucesso na concentração de vendas de ferro-gusa para a China, pois este país investiu na produção própria desta matéria prima, deixando de comprar do Brasil (SIMIONI et al., 2017).

Esses fatos provocaram o fechamento de siderúrgicas nessa região, restando a SINOBRAS - Siderúrgica Norte Brasil S.A, em Marabá no estado do Pará, a Viena Siderúrgica do Maranhão S/A e a Aço Verde do Brasil – AVB, localizadas em Açailândia, no Estado do Maranhão.

Ao mesmo tempo nesse período, considerando outro setor industrial que envolve diretamente a produção de eucalipto, ocorreu na região a implantação da Suzano Papel e Celulose em Imperatriz – MA, para a produção de celulose. Diferentemente do mercado siderúrgico, o de celulose encontra-se em estabilidade/crescente, sendo observado um incremento de 8% na produção brasileira de celulose, do ano de 2017 para 2018. Além disso, em 2018, o Brasil consolidou-se como o segundo maior produtor mundial de celulose, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (IBÁ, 2019). A capacidade produtiva da Suzano é de 1,5 milhão de toneladas/ano e para o escoamento da celulose produzida, utiliza-se um ramal ferroviário próprio de 28 km até a ferrovia Norte-Sul, que a partir daí percorre mais 100 km até a ferrovia Carajás (Revista OE, 2014).

Com relação à capacidade instalada do complexo siderúrgico do Pará e Maranhão atual e potencial, estima-se um total de 1,9 milhões de toneladas/ano de produção de aço ou ferro gusa, e que para isso, necessitará de carvão vegetal e conseqüentemente, áreas de produção de eucalipto.

Nesse contexto, com o objetivo de verificar o potencial da Região do Bico do Papagaio, para produção de eucalipto e carvão vegetal, realizou-se estimativas do tamanho de áreas de cultivo e a quantidade necessária de carvão vegetal para atender cada siderúrgica, com base nos dados obtidos por Duarte (2020), que estão apresentadas na Tabela 6.

A SINOBRAS é a maior recicladora do Norte/Nordeste brasileiro, produzindo aço com 70% de sucata e 30% de ferro-gusa líquido e no Estado do Pará, possui capacidade produtiva de 380 mil toneladas de aço. Contudo, encontra-se em fase de ampliação, cuja capacidade produtiva passará para 800 mil toneladas/ano de aço laminado, sendo que haverá o aumento do beneficiamento de sucata para 170 mil toneladas/ano (SINOBRAS, 2020).

Para a SINOBRAS atingir sua capacidade instalada após a ampliação, serão necessárias cerca de 240 mil toneladas de gusa líquido. Esse volume consome aproximadamente 1,68 toneladas de minério de ferro e em torno de 3 m³ de carvão vegetal por tonelada de gusa produzido, que representam cerca de 75% do custo de produção do ferro gusa (MME, 2009).

Duarte (2020), estudando a qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* com 14 anos idade, plantados na região do Bico do Papagaio, obteve por meio de análise laboratorial, que a densidade relativa aparente média do carvão vegetal foi de 356 kg/m³. Sendo assim seria necessário cerca de 1.068 kg de carvão vegetal para produção de uma tonelada de gusa. O rendimento gravimétrico médio do carvão vegetal constatado pelo mesmo autor foi 37%, ou seja, são necessárias 2,7 toneladas de madeira para a produção de 1 tonelada de carvão. Com uma densidade básica da madeira média de 565 kg/m³, de acordo com os dados alcançados pelo autor, seriam necessários 4,78 m³ de madeira para a produção de 1 tonelada de gusa. Considerando uma produtividade média de 200 m³ de madeira/hectare, para a produção das 240 mil toneladas de gusa/ano demandadas pela SINOBRAS, serão necessários 5.736 hectares de cultivo de eucalipto por ano.

Considerando os dados utilizados na estimativa anterior, realizou-se a estimativa para a Viena Siderúrgica do Maranhão S/A, a qual possui a capacidade instalada para produção de 500.000 t/ano de ferro gusa, com um conjunto de 5 alto fornos. Os produtos gerados por esta siderúrgica são: ferros gusa aciaria, nodular e cinzento (VIENA SIDERÚRGICA, 2020). Sendo assim, estimou-se que serão necessários

11.950 hectares de cultivo de eucalipto por ano e cerca de 534.000 t/ano de carvão vegetal.

Já a Aço Verde do Brasil, possui a capacidade instalada para produção de 600.000 t/ano de aço longo (AÇO VERDE DO BRASIL, 2020), e que por falta de dados mais detalhados, considerou-se a mesma proporção de produção de aço da SINOBRAS, ou seja, 30% oriundo do ferro gusa e 70% de sucata. Nesse sentido, estimou-se que serão necessários 4.302 hectares de cultivo de eucalipto por ano e cerca de 192.240 t/ano de carvão vegetal.

Tabela 6 - Estimativas da necessidade de áreas para a produção de eucalipto e a quantidade necessária de carvão vegetal para atender cada siderúrgica, considerando sua respectiva capacidade instalada

Siderúrgica	Localização	Capacidade Instalada ou potencial produção de aço ou gusa (t/ano)	Necessidade de carvão vegetal (t/ano)	Área de produção necessária (ha/ano)	Área total plantada necessária (ha)
SINOBRAS	Marabá-PA	800.000 ¹	256.320	5.736	40.152
Viena	Açailândia-MA	500.000 ²	534.000	11.950	83.650
AVB	Açailândia-MA	600.000 ³	192.240	4.302	30.114
TOTAL		1.900.000	982.560	21.988	153.916

¹ Capacidade instalada atual é de 380.000 t/ano de aço, porém encontra-se em fase de ampliação para 800.000 t/ano de aço, sendo 30% oriundo do ferro gusa e 70% de sucata.

² Capacidade instalada para produção de ferro gusa

³ Capacidade instalada para produção de aço. Devido à falta de dados detalhados, considerou-se a mesma proporção da SINOBRAS

Nota: Considerou-se os dados de Duarte (2020) para realizar as estimativas da necessidade de carvão e para a estimativa de áreas de produção utilizou-se a produtividade média de 200 m³ de madeira/hectare

Pela Tabela 8 observa-se que a capacidade instalada atualmente refere-se 1.480.000 t/ano para produção de aço e/ou ferro gusa. Contudo essa capacidade encontra-se em fase de ampliação, pois a SINOBRAS aumentará sua capacidade instalada para 800.000 t/ano.

Nesse contexto, para fazer funcionar todas as três siderúrgicas numa situação de utilização de toda a capacidade instalada, seriam necessários de forma geral 982.560 t/ano de carvão vegetal extraídos de uma área total de aproximadamente 21.988 hectares ao ano. Considerando um ciclo médio de 7 anos para a madeira estar apta para o corte, seria preciso portanto, uma área global equivalente a 153.916 hectares.

A siderúrgica SINOBRAS possui atualmente a capacidade instalada de 380.000 t/ano de aço. Fazendo uma estimativa para esta condição, seria necessária 121.752 t/ano de carvão vegetal e uma área de produção de eucalipto de cerca de 19.072,2 hectares.

Destaca-se ainda que grande parte das siderúrgicas não são autossuficientes na produção de carvão vegetal.

Sob a influência de plantas industriais em operação nos estados do Pará e do Maranhão, e de uma possível retomada do crescimento do mercado do aço, existe a perspectiva de ampliação e fortalecimento dos cultivos na região do complexo siderúrgico, inclusive no estado do Tocantins, e especialmente na Região do Bico do Papagaio (DUARTE; COLLICCHIO, 2020).

4.3 Áreas de cultivo de eucalipto identificadas na região e o Zoneamento Ecológico-Econômico – Norte do Estado do Tocantins

No Estado do Tocantins ocorrem dois biomas de relevância para conservação e manutenção da biodiversidade, o Amazônia e o Cerrado.

De acordo com Silva, Santos e Santos (2017), o bioma Amazônia ocupa aproximadamente 9% do território, em contrapartida o restante do território (91%) é o ocupado pelo bioma Cerrado. Já no caso da Região do Bico do Papagaio, a distribuição entre os dois biomas foi de 31% para o bioma Amazônia e 69% para o bioma Cerrado.

O mapa da Figura 19 mostra a ocorrência dos dois biomas na área de estudo e a localização das áreas de produção de eucalipto na região no ano de 2019.

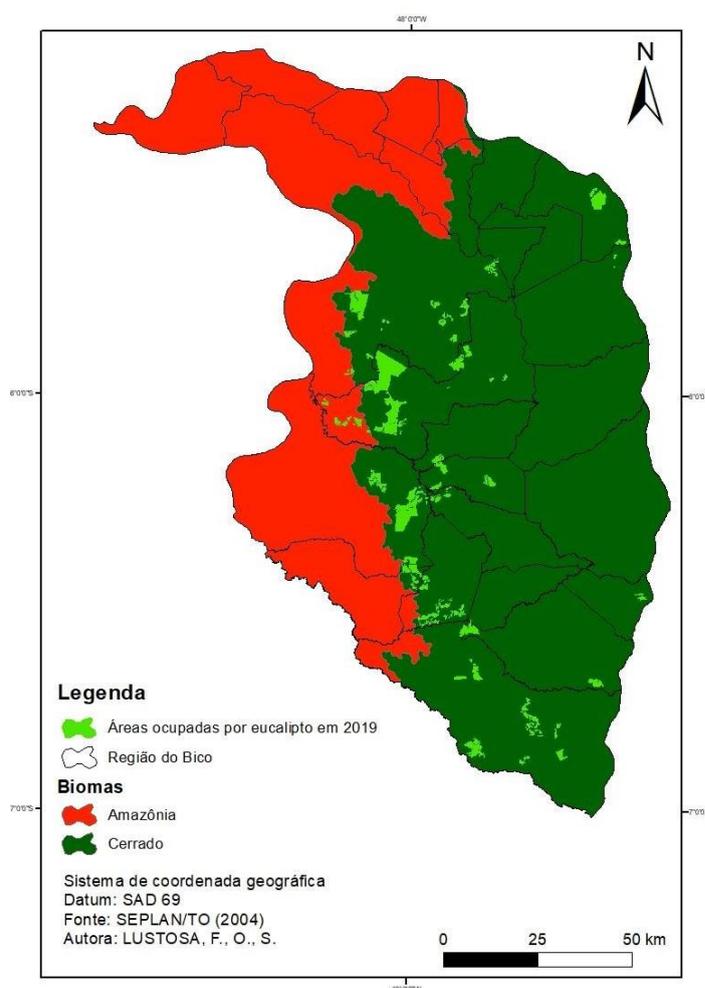


Figura 19 - Cultivos de eucalipto identificados na Região do Bico do Papagaio em 2019 e suas localizações em relação aos biomas Amazônia e Cerrado

Fonte: próprio autor

Esta disposição das áreas de cultivo de eucalipto em relação aos dois biomas, pode se justificar pelo estabelecido no Art. 12, inciso I da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre o Novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), para Área de Preservação Permanente (APP) na Amazônia Legal, com 80% para imóveis situados em áreas de florestas e 35% para imóveis situados no Cerrado. Desta maneira, o aumento das APP's para as áreas de floresta, inviabiliza em tamanho de área os empreendimentos florestais, como o cultivo eucalipto.

Pela Figura 19, percebe-se que quase a totalidade das áreas de produção de eucalipto estão localizadas no bioma Cerrado, com exceção de algumas poucas áreas localizadas na porção oeste do município de São Bento do Tocantins. Essas áreas de cultivo de eucalipto estabelecida no Bioma Amazônia, de acordo com levantamento realizado por Marques (2016) para uma área de transição entre os dois biomas, como

a observada nesta pesquisa. O autor sugere que em suas análises que essa divisão dos biomas Amazônia e Cerrado não pode ser definida por uma simples e bem delimitada linha, mas sim por uma complexa faixa de transição que surpreendentemente pode atingir até ~250 km de largura. Ou seja, há evidências que esta zona ecotonal seja um complexo mosaico de fitofisionomias savânicas e florestais distribuído ao longo de uma vasta região entre os dois biomas.

Para Silva (2007) na faixa ecotonal localizada na Região do Bico do Papagaio há uma concentração de palmeiras nativas, o babaçu. Tal espécie ocupa extensas áreas, podendo ocupar áreas onde as florestas primárias foram desmatadas. Por ser uma zona de transição entre as florestas úmidas da bacia amazônica e as terras semi-áridas da região Nordeste, uma das propostas seria incluí-la como zona de transição entre as florestas úmidas e o cerrado.

Uma outra análise realizada durante a presente pesquisa foi a relação do ZEE - Norte do Estado do Tocantins com as áreas de cultivo identificadas e quantificadas em hectares em 2019. A Tabela 9 apresenta estas áreas, que quando sobrepostas com a base estadual, detectou a inserção de zonas de interesse para o desenvolvimento estratégico regional, sendo elas: A; B1, B2 e; C.

Tabela 7 - Zonas do ZEE - Norte do Estado do Tocantins detectadas na sobreposição das áreas de cultivo de eucalipto na região Bico do Papagaio em 2019

Zonas	Área (ha)
A	9.316,42
B1	278,33
B2	25.816,33
C	1.667,91
Total	37.078,99

Fonte: quantificação de áreas realizadas pelo autor

A zona com maior representatividade de área foi a Zona B2 com 25.816,33 ha, que é uma subzona da Zona B, designada para conservação ambiental e do patrimônio cultural. A Zona B2 está direcionada para o Corredor Ecológico Tocantins-Araguaia, interligando as bacias do Araguaia e do Tocantins, com um misto de ecossistemas naturais ou alterados, interligando unidades de conservação, com movimento da biota e o fluxo de genes entre elas. A silvicultura presente nesta zona poderá interferir em processos naturais primordiais para a manutenção de espécies, como a dispersão de espécies e recolonização de áreas degradadas.

Em segundo lugar tem-se a Zona A com 9.316.42 ha, estas são consideradas áreas prioritárias para ocupação humana, sendo compatível com atividades diversas e implantação de empreendimento, de caráter temporário ou permanente. A vegetação natural desta zona encontra-se bem alteradas, em virtude de atividades como a pecuária e agropecuária. Assim, ocupação das florestas plantadas na zona A não representa profundas alterações na paisagem, considerando que as florestas plantadas agregam serviços ambientais onde implantadas.

A terceira zona em proporção de área ocupada foi a Zona C, com 1.667,91 hectares de floresta plantada. Esta é prioritária para Unidades de Conservação de Proteção Integral, podendo conter características naturais relevantes, legalmente instituídas ou indicadas como prioritárias para proteção integral pelo Poder Público, para conservação e manutenção dos ecossistemas. Assim, as pressões ambientais exercidas pela atividade de silvicultura na região podem impactar significativamente a diversidade de flora e fauna presentes nesses fragmentos.

Em plano disponibilizado por Tocantins (2004) os maiores percentuais de áreas da Zona C estão nos municípios de: Darcinópolis (17,1%); Itaguatins (14,5%); Ananás (12,2%) e; São Miguel do Tocantins (10,6%) e, em todos esses municípios foram identificadas a ocorrência de cultivos florestais.

Por fim, tem-se a Zona B1 com 278,33 hectares de floresta plantada, esta zona é importante para a conservação dos recursos naturais do Norte do Estado, tendo como função primordial a manutenção da diversidade biológica remanescente. Desta maneira, empreendimento de silvicultura, mesmo que em proporções reduzidas como a área em questão, podem interferir significativamente no equilíbrio ambiental.

As áreas da Zona B1 possuem maior ocorrência no município de São Bento do Tocantins (55% da área), coincidentemente é a que apresenta maior proporção de área de floresta plantada na região analisada.

Na Figura 20 observa-se o produto da sobreposição das áreas de cultivos com as zonas do ZEE - Norte do Estado do Tocantins, abrangidas as seguintes Zonas A, B1, B2 e C.

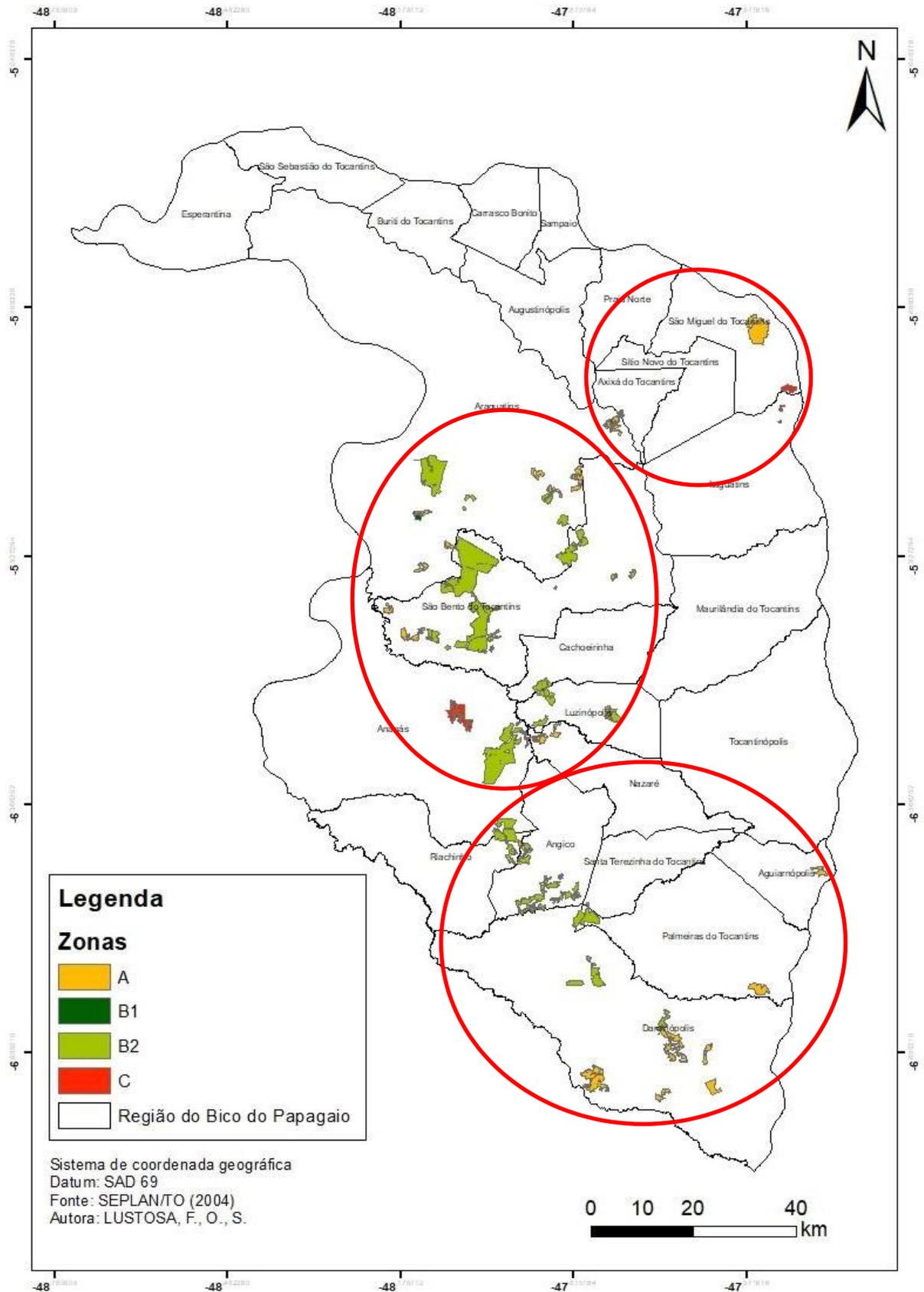
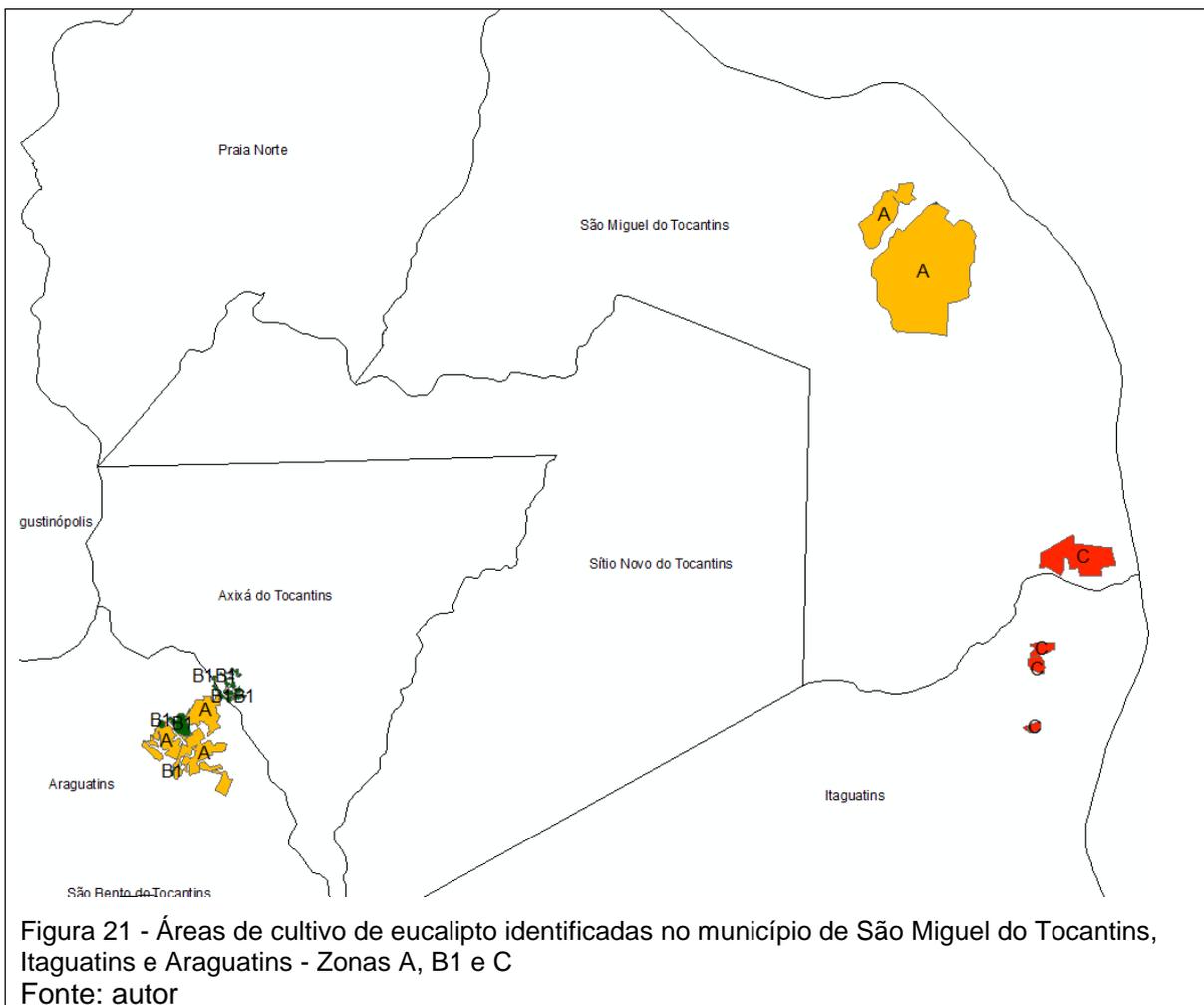


Figura 20 - Zonas ecológico-econômicas – ZEE do norte do Estado do Tocantins sobrepostas com as áreas de cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio em 2019
 Fonte: autor

No sentido de detalhar melhor a Figura 20, ampliou-se a mesma em áreas específica com maior concentração de florestas plantadas, representada na Figura 21. Com a sobreposição do ZEE e as áreas de cultivos florestais, percebe-se que uma maior distribui destas áreas encontram-se na Zona A, isso está em consonância com o que foi preconizado por Tocantins (2004) para esta zona. Em menor proporção temos áreas de cultivos florestais nas Zonas B1 e C, sendo a primeira, restritiva para atividades que possam desencadear a redução dos ambientes naturais. As áreas sobrepostas com a zona C, ressaltam a importância do Poder Público monitorar estas zonas, em virtude da relevância ambiental, sendo espaços prioritários para Unidades de Conservação de Proteção Integral. Ao passo que o setor privado não se exime de sua responsabilidade socioambiental e sanções cabíveis.

É possível observar na Figura 21, entre os municípios de Araguatins e Axixá do Tocantins, contemplando as zonas B1 e A, o que para Conrado et al. (2014) pode ser uma modalidade de produção em atendimentos às necessidades econômicas de produtividade das florestas e ambientais. Uma vez que, mescla áreas de cultivo em zonas com uso do solo consolidado pela atividade humana, embora necessite que sua capacidade suporte seja respeitada e os ambiente naturais sejam mantidos.

Outra área de cultivo de eucalipto que teve destaque foi a inserida na zona C, situada entre os municípios de São Miguel do Tocantins e Itaguatins. Esta área de acordo com o ZEE, deve ser prioritária para Unidades de Conservação de Proteção Integral. Brasil (2000), estabelece que até a elaboração de um Plano de Manejo para a unidade, atividades ou obras devem se limitar a garantir a manutenção dos recursos naturais, sendo permitida a permanência de populações tradicionais.

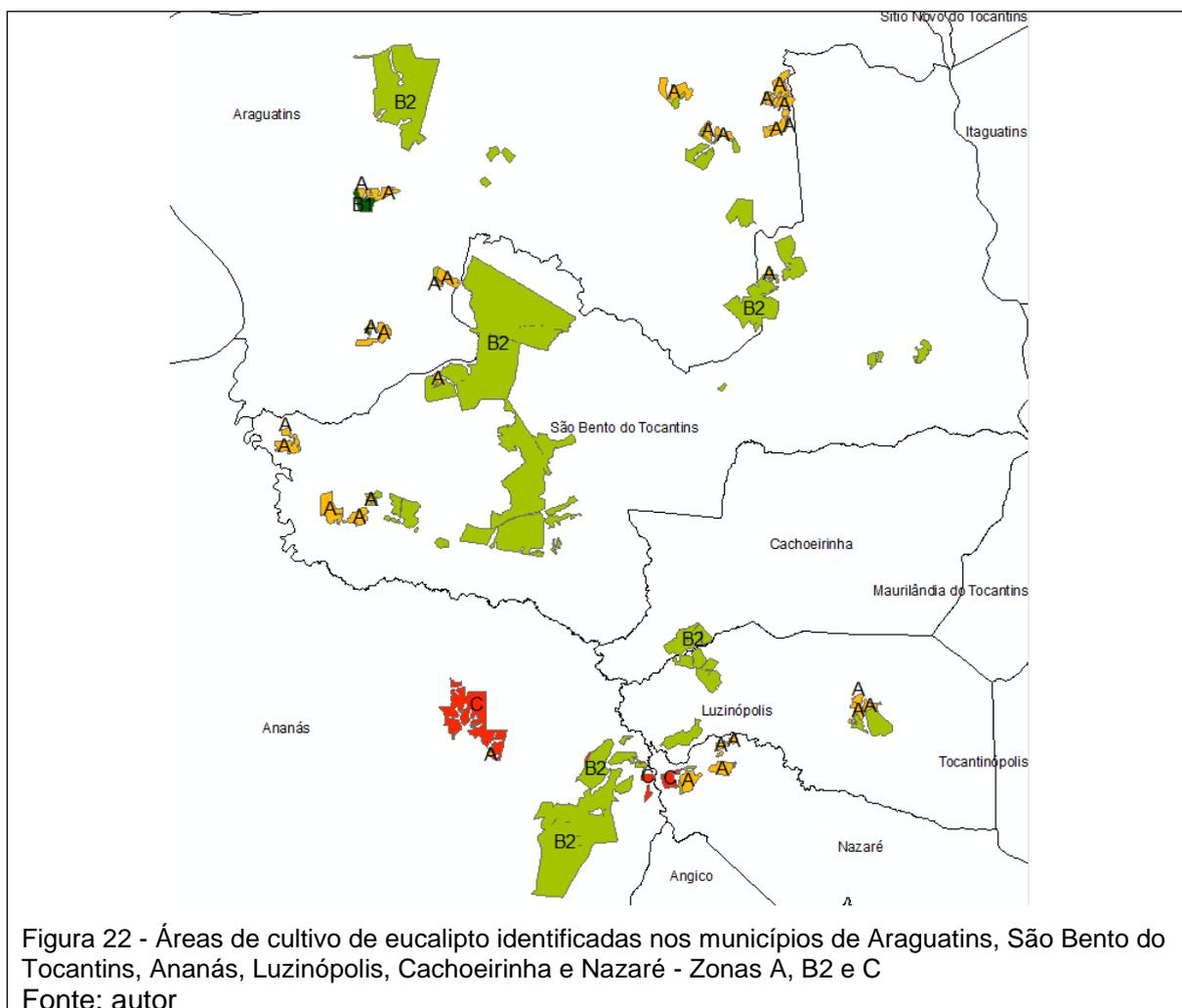


Em relação à Figura 22, que é também uma parcela ampliada de parte central da Figura 20, possibilitando a visualização de uma maior distribuição das áreas de cultivos florestais na Zona B2, considerada por Tocantins (2004) como responsáveis pela recolonização de áreas degradadas, como trânsito das populações biológicas, bem como sua manutenção ao longo do eixo das bacias do Araguaia e do Tocantins.

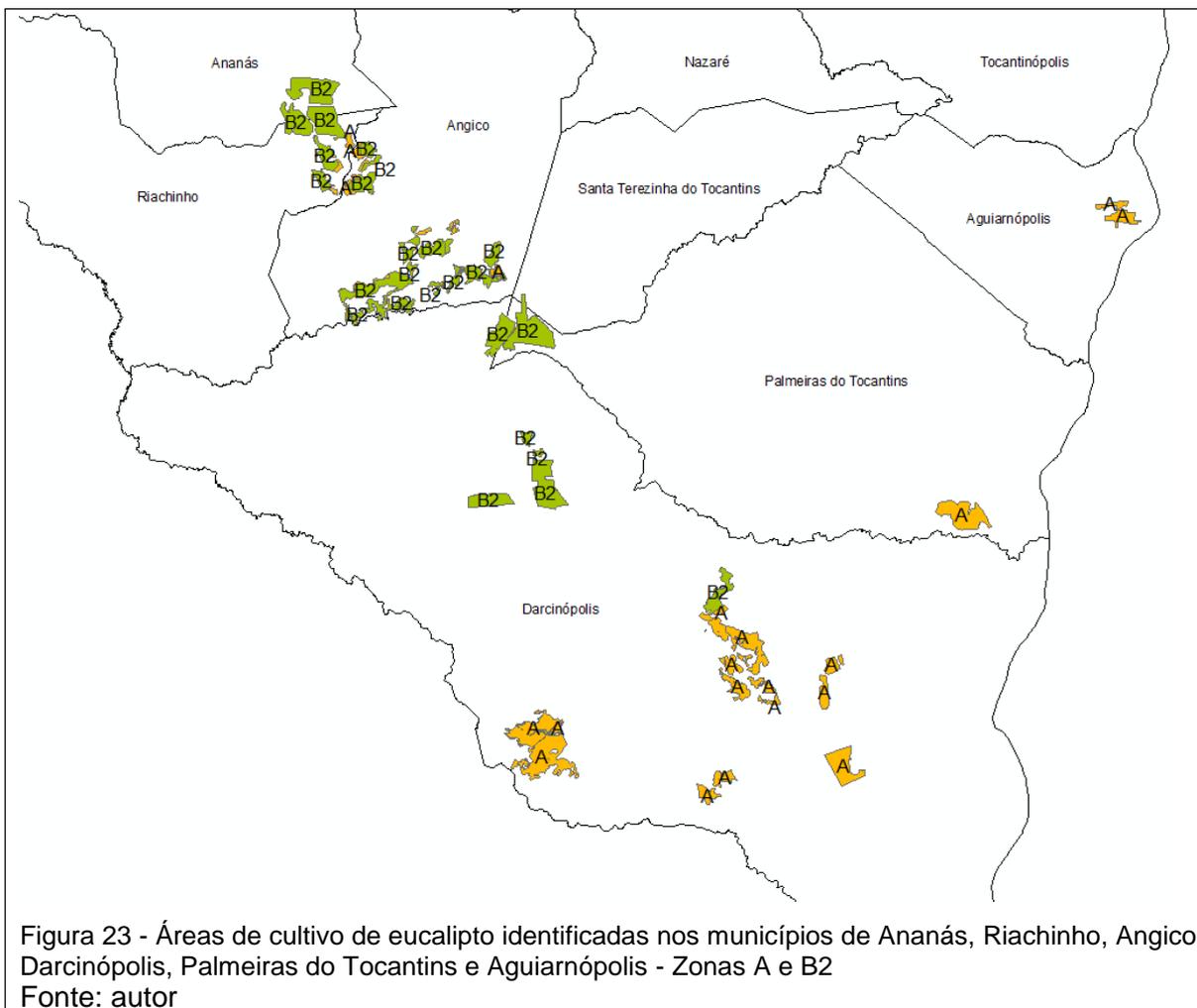
Mesmo a floresta plantada de eucalipto não detendo a biodiversidade dos ambientes naturais, segundo Viana (2004), a disposição dos cultivos na forma de mosaicos, podem interferir positivamente na formação de corredores ecológicos (zona B2), sejam eles plantados ou nativos. De acordo com o autor, outros benefícios além do fluxo gênico, é diminuição da pressão por cortes de vegetação nativa, aumento da fertilidade do solo e redução dos processos erosivos. Essa formação de mosaicos pode ser observada na Figura 22, com predominância entre no município de São Bento do Tocantins, com faixa de continuidade para o município de Araguatins. O

mesmo também pode ser observado entre os municípios de Ananás, Luzinópolis e Cachoeirinha.

Servidoni et al. (2017) apontam que a consolidação de corredores ecológicos, podem beneficiar não somente a biodiversidade, podem controlar as perdas de solo em sub-bacias hidrográficas. O que a longo prazo retarda, ou elimina os processos de assoreamento de rios, lagos ou reservatórios.



Por fim, ainda ampliando áreas de maior concentração de cultivos florestais da Figura 20, temos a Figura 23, onde é possível verificar a distribuição destas áreas nas Zonas A e B2. Sendo a Zona A, como dito anteriormente, não possui restrições explícitas, porém a Zona B2 está localizada nos corredores de fluxo gênico.



Pela Figura 23 é possível observar o mesmo padrão de cultivos em mosaico em sobreposição com áreas destinadas a corredores ecológico, evidenciados na Figura 22. Para Pereira e Cestaro (2016), o sucesso de áreas destinadas à corredores ecológicos necessita de diversas análises a nível da paisagem, que envolvem aspectos de diversas naturezas, a utilização e a geração de informações que forneçam subsídios para o aumento das chances de efetivas ações voltadas ao aumento da conectividade entre remanescentes.

5 CONCLUSÕES

A identificação e mapeamento das áreas de cultivo de eucalipto na Região do Bico do Papagaio, com imagens de satélite para os anos de 2006 e 2019, possibilitou estabelecer uma dinâmica de crescimento significativa para a cultura, principalmente para nos municípios de São Bento do Tocantins e Darcinópolis.

Fatores como a atuação de empresas siderúrgica, com indicativo para o suprimento de carvão vegetal e indústria de papel e celulose, podem ser apontados como preponderante ao incremento de áreas com eucalipto. Tais números mostraram-se positivos, mesmo com as reduções ou estabilizações sofridas pelo setor siderúrgico nos últimos três anos, em decorrência da desaceleração no mercado mundial.

Outros fatores que foram considerados na presente pesquisa, foram os aspectos físicos, estratégicos e potencialidades para a produção de eucalipto na região, por serem fundamentais ao incremento da cultura. Um maior percentual do relevo na região pode ser considerado suave, o que favorece a mecanização da cultura e pode beneficiar a redução dos custos em uma das fazes mais onerosa do cultivo de eucalipto, a colheita. As classes de solo na região também devem ser consideradas, pois dependendo das características, podem influenciar de maneira positiva ou limitante ao desenvolvimento da silvicultura. Ao analisar a ocorrência de classes de solos na Região do Bico do papagaio, observou-se uma maior predominância de Neossolos Quartzarênicos, sendo a mesma classe com maior ocorrência nas áreas com produção de eucalipto. Solos desta classe exigem um manejo adequado para a cultura, devido à sua baixa fertilidade natural, aliada à deficiência hídrica da região.

Foi identificado que a espécie com maior predominância na região é o *Eucalyptus urophylla*, que em relação à aptidão agroclimática e a localização das áreas de cultivo apresentou-se com variação entre “restrito” e “marginal”, dependendo da CAD, que para maiores valores apresenta maior percentual de áreas classificadas com “marginal”.

A logística de transporte e a posição estratégica da região, comparadas aos polos siderúrgicos foram considerados durante a análise. Uma vez que, o sucesso dos empreendimentos silvícolas regionais depende do bom planejamento para suprimento dos insumos necessários aos cultivos e posterior escoamento da

produção. Nesse quesito, a região está posicionada estrategicamente em relação aos modais de transportes estaduais e federais. Como exemplo tem-se a BR-153 e a Ferrovia Norte-Sul.

Considerando a capacidade instalada para a produção das indústrias siderúrgicas atendidas na região, em relação à área plantada e a quantidade de carvão vegetal produzida, verificou-se uma demanda de áreas de cultivos bem superior ao que foi identificado, o que sugere que estas indústrias não são autossuficientes na produção de carvão vegetal. E caso ocorra uma retomada de crescimento do mercado do aço, a necessidade de ampliação e fortalecimento do setor no contexto regional seria de suma importância.

As áreas de cultivo de eucalipto também foram analisadas e comparadas em relação ao ZEE – Norte do Estado do Tocantins, considerando uma maior incidência dos cultivos no Bioma Cerrado e pequenos fragmentos no Bioma Amazônia. Tal disposição pode ser em decorrência dos percentuais de APPs no Bioma Cerrado serem menores de acordo com a legislação vigente. Há que se considerar também uma faixa de transição entre os biomas, ou seja, os cultivos identificados no Bioma Amazônia podem estar enquadrados dentro da zona de transição, não configurando especificamente como tal. Em relação ao ZEE, os cultivos de eucalipto foram identificados em quatro zonas, sendo a maior parcela em áreas de corredores ecológicos, fator positivo em relação à faixa de continuidade da vegetação, que favorece o fluxo gênico, com potencial para recolonizar de áreas degradadas. Uma pequena parcela dos cultivos foi identificada em zona prioritária para Unidade de Conservação de Proteção Integral, podendo impactar a diversidade ambiental local.

Desta maneira, a região estudada possui complexos elementos para o desenvolvimento da silvicultura do Estado na Região do Bico do Papagaio. A condução de pesquisas e levantamentos, como os realizados nesta pesquisa podem dar suporte e auxiliar a tomada de decisões, direcionando investimentos públicos e privados de maneira mais assertiva, incrementando o potencial agroenergético local e regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. T. S. et al. Influência dos dados e métodos no mapeamento do uso e da cobertura da terra. *R. Ra' e Ga*, Curitiba, v. 43, p. 07-22, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/48164/34859>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

AÇO VERDE DO BRASIL. **Site oficial**. 2020. Disponível em: <<https://avb.com.br/aco-verde-do-brasil/>>. Acesso em: 16 maio 2020.

BRASIL. **Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil**: subsídios para revisão do Plano Siderurgia. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2015. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Carvao_Vegetal_WEB_02102015_10225.PDF>. Acesso em: 11 ago. 2018.

_____. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE. Planalto, 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm>. Acesso em: 13 maio 2020.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispões sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Planalto, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 15 set. 2020.

_____. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 3 out 2020.

BORGES, M. G. et al. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento temporal do eucalipto no município de Grão Mogol - MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.11, n. 6, p. 2046-2056, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236069>>. Acesso em: 3 out. 2020.

CAIXETA-FILHO, J.V. Especificidade das modalidades de transporte para a movimentação de produtos agrícolas. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H. (Org.). **Transporte e logística em sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001a. cap. 3, p.11-20.

CAMIOTO, F. de C.; REBELATTO, D. A. do N. Análise da contribuição ambiental por meio da alteração da matriz energética do setor brasileiro de ferro-gusa e aço. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 21, n. 4, p.732-744, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v21n4/06.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2019.

CASTRO, E. J. M. et al. Uso de geotecnologias para gestão de recursos naturais: caso do macrozoneamento ecológico econômico do Maranhão. **Ceuma Perspectivas**, São Luís, v. 30, n. 1, p. 49-58, 2017. Edição Especial. Disponível em: < <http://www.ceuma.br/portalderevistas/index.php/RCCP/article/view/205/237>>. Acesso em: 3 out. 2020.

CONRADO, V. N. et al. Potencialidade da silvicultura em mosaico nas zonas de amortecimento de unidade de conservação. **ResearchGate**, 2014. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/263047527_POTENCIALIDADES_DA_SILVICULTURA_EM_MOSAICO_NAS_ZONAS_DE_AMORTECIMENTO_DE_UNIDADES_DE_CONSERVACAO>. Acesso em: 3 out. 2020.

COLLICCHIO, E. **Zoneamento edafoclimático e ambiental para a cana-de-açúcar e as implicações das mudanças climáticas no Estado do Tocantins**. 2008. 157 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Universidade de São Paulo - ESALQ, Piracicaba, 2008. Disponível em: < https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/911131/tde-17032009-084006/publico/Erich_Collicchio.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

DALDEGAN SOBRINHO, J. Subsídios à elaboração de uma política para contribuir na estruturação da cadeia da restauração florestal: o programa de aquisição de sementes e mudas nativas (PASEM). In: SILVA, A. P. M.; MARQUES, H. R.; SAMBUICHI, R. H. R. (org.). **Mudanças no Código Florestal Brasileiro: desafios para a implantação da nova lei**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. p. 283-307. Disponível em: < <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9231/1/Subs%C3%ADios%20%C3%A0%20elabora%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2020.

DIAS, R. R.; MATTOS, J. T. Zoneamento ecológico-econômico no Tocantins: comparação de resultados usando um mesmo método em diferentes datas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 4, n. 61, p. 351-365, 2009. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/download/43656/22920>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

DUARTE, F. A.; COLLICCHIO, E. Desafios e perspectivas do cultivo do eucalipto para fins energéticos no Estado do Tocantins. **Liberato**, Novo Hamburgo, v. 21, n. 35, p. 15-26, jan./jun. 2020.

DUARTE, F. A. **Qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus* plantados no Estado do Tocantins**. 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2020.

EBERHARDT, I. D. R. et al. Mapeamento da área de cana-de-açúcar em Porto Xavier- RS por meio de imagens Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Inpe, 2011. p. 299 - 306.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda.** Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121607/1/Apostila-Serie-TT-Eucalipto.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

FEPAP, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto.** Botucatu. 2008. Disponível em: <<http://iandebo.com.br/pdf/plantioeucalipto.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

FERRAZ, A. S. et al. Estimativa de estoque de biomassa em um fragmento florestal usando imagens orbitais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v., n., p. 286-296, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n3/aop_floram_052213.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FIETO. Federação das Indústrias do Estado do Tocantins. **Silvicultura: plano estratégico para as cadeias produtivas do agronegócio no Estado do Tocantins: 2018 – 2027.** FERNANDES, J. R.; NEVES, M. F. (Coord.). – Palmas: Sistema FIETO, 2018. 154 p.

FIGUEIREDO, M. E. O. et al. Potencial da madeira de *Pterogyne nitens* Tul. (madeira-nova) para produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p.420-431, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v28n1/1980-5098-cflo-28-01-420.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 117 p. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/175005/epub/13?code=4e80ahy+Ky82H2WN645+Rvuh2rluZsCuE7SatbkUsXOhdSekE8SF0AKHFUrdsHuRQjTXsiHcAD4MTCZgXOKJxQ==>>. Acesso em 5 fev. 2020.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 120 p. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/41495/pdf/1>>. Acesso em: 6 fev. 2020.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão Agrícola.** n. 4, jan./dez., 2005. Disponível: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-florestas-plantadas03.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. A. **Sensoriamento Remoto em agricultura.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 284 p.

FREITAS JÚNIOR, G. de. A história ambiental dos eucaliptos: Austrália, Brasil e Vale do Paraíba Paulista. **Eucalyptus**, Jacareí, p.1-28, 2011. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Resenha_Eucaliptos_Gerson_Freitas_Jr.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018.

HENTZ, A. M. K. Técnicas de sensoriamento remoto para estimativa de biomassa em ambientes florestais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2810-

2823, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a /AGRARIAS /tecnicas.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

HEIMANN, J. P.; DRESCH, A. R.; ALMEIDA, A. N. Demanda dos Estados Unidos por carvão vegetal brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 437-445, abr-jun. 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/cflo/v25n2/0103-9954-cflo-25-02-00437](http://www.scielo.br/pdf/cflo/v25n2/0103-9954-cflo-25-02-00437.pdf)>.pdf. Acesso em: 13 ago. 2018.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual IBÁ 2019**. São Paulo. 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>.pdf. Acesso em: 16 maio 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=18032&t=publicacoes>>. Acesso em: 16 maio 2020.

LEITE, J. R. M (Coordenador). **Manual de direito ambiental**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

LORENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Tratamento de imagem de satélite por meio de metodologia geoestatística. Guarulhos: **Geociências**, Guarulhos, v. 8, n. 6, 2003. Disponível em: <<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/1421/1211>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

MARQUES, E. Q. **Redefinindo os limites Amazônia-Cerrado no Brasil: quanto e o que estamos perdendo**. 2016. 37 f. Dissertação (Pós-graduação em Ecologia e Conservação) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303382301_Redefinindo_os_limites_Amazonia-Cerrado_no_Brasil_quanto_e_o_que_estamos_perdendo>. Acesso em: 4 out. 2020.

MENDONÇA, M. S. A. **Cana-de-açúcar e eucalipto na Bacia do Rio Paraná (Mato Grosso do Sul): uma discussão sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico**. 2016. 119 f. Dissertação (Pós-graduação em Geografia *Strictu Sensu*) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1438/1/MarioSergiodeAndradeMendonca.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2020.

MENDONÇA, M. S. A.; SOARES FILHO, A.; BACANI, V. M. Cana-de-açúcar e eucalipto na Bacia do Rio Paraná (Mato Grosso do Sul) e o ordenamento territorial do Zoneamento Ecológico-Econômico. **Percursos**, Maringá, v. 9, n. 1, p. 127-151, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percursos/article/view/49685>>. Acesso em: 2 out. 2020.

MELO, C. G. et al. Chave de interpretação para o mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do alto curso do Rio Santo Anastácio. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 9, n. Especial, p. 226-233, 2017. Disponível em: <<http://www.unoeste.br/site/enepe/2017/suplementos/area/Exactarum/7%20-%20Engenharia%20Ambiental%20e%20Sanit%C3%A1ria/CHAVE%20DE%20INTERPRETA%C3%87%C3%83O%20PARA%20O%20MAPEAMENTO%20DO%20USO>>

%20E%20COBERTURA%20DA%20TERRA%20DA%20BACIA%20HIDROGR%C3%81FICA%20DO%20ALTO%20CURSO%20DO%20RIO%20SANTO%20ANAST%C3%81CIO.pdf>. Acesso em: 13 maio 2020.

MORA, A. L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/50ec5305728a6.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. de. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 1, p.85-94, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i1.47687>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

MOURA, A. B. A. P.; Z Aidan, R. T. Análise multitemporal e possíveis impactos da expansão da silvicultura de eucalipto no município de Carrancas - MG, um estudo para os anos de 2005, 2008, 2013 e 2015. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 48, p. 142-155, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/P.2318-2962.2017v27n48p142>>. Acesso em: 3 out. 2020.

OE, Revista OE. Suzano inaugura fábrica em Imperatriz (MA). **Revista OE**. 21 mar. 2014. Fonte: Suzano Papel e Celulose. Disponível em: <<https://revistaoe.com.br/suzano-inaugura-fabrica-em-imperatriz-ma/>>. Acesso em: 10 maio 2020.

OLIVEIRA, A. C. et al. Resfriamento artificial em fornos retangulares para a produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 769-778, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v39n4/0100-6762-rarv-39-04-0769.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

PAZ, L. R. S. **Análise ambiental da expansão de florestas plantadas no extremo norte do Tocantins**. 2018. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2018.

PAZ, L. R. de S.; DIAS, R. R.; UHLMANN, A.; COLLICCHIO, E. Análise ambiental da expansão de florestas plantadas no extremo norte do Tocantins. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 2, p. 44-54. 2020.

PEREIRA, V. H. C.; CESTARO, L. A. Corredores Ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição das áreas potenciais. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 17, n.58, p. 16-33, 2016. Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2013/08/sa%C3%ADda17.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2020.

PONTES, G. R.; FREITAS, T. U. Monitoramento de plantios de eucalipto utilizando técnicas de sensoriamento remoto aplicadas em imagens obtidas por VANT. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015, João Pessoa. **Anais XVII** [...]. João Pessoa, 2015, p. 4057-4064. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/attachment.cgi/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.35.24/doc/p0801.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2020.

PONZONI, F. J. et al. Caracterização espectro-temporal de dosséis de *Eucalyptus* spp. mediante dados radiométricos TM/Landsat5. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 267-275, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v21n2/2317-6342-cerne-21-02-00267.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

PRADO, H. **Pedologia fácil**: aplicações na agricultura. Piracicaba, 2007. 105 p.

RANIERI, S.B.L.; BARRETTO; A.G.O.P.; KLUG, I.L.F. Potencial de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para o estado do Maranhão. In: Pólo Nacional de Biocombustíveis. **Estudo comparativo do potencial de produção de etanol no Maranhão**: vantagens competitivas e comparativas. Piracicaba: ESALQ, 2007. cap.1, p. 1-69.

REZENDE, J. B. R.; LEITE, E. T. Gestão pública do território: o zoneamento ecológico-econômico com instrumento integrado de gestão. **Enapg**, Vitória, 2010. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/enapg298.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2020.

ROSAN, T. M.; ALCÂNTARA, E. Detecção de mudanças de uso e cobertura da terra na Amazônia legal mato-grossense: o estudo de caso do município de Cláudia (MT). **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 68/5, p. 979-990, 2016. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/download/44430/23505/>>. Acesso em: 15 maio 2020.

SANTOS, S. F. O. M.; HATAKEYAMA, K. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultura. **Produção**, Joinville, v. 22, n. 2, p. 309-321, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prod/v22n2/aop_200803023.pdf>. Acesso em: 3 out. 2020.

SANTOS, E. P.; PIROLI, E. L. Detecção de mudanças no uso e cobertura da terra utilizando Land Change Modeler: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo, Pontal do Paranapanema, SP, Brasil. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, João Pessoa, 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0258.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2020.

SERVIDONI, L. E. et al. Uso das terras e suas potencialidades na prestação dos serviços ambientais. **Instituto de Geociências**, Campinas, 2017. Disponível em: <<http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2484>>. Acesso em: 3 out. 2020.

SILVA, C. P.; SANTOS, I. G.; SANTOS, A. F. Contribuição do Estado do Tocantins para as metas da convenção da biodiversidade biológica. **Revista Desafios**, Palmas, 2017, v. 4, n. 4, p. 126-135. Disponível em: <<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/3879/12493>>. Acesso em: 15 set. 2020.

SILVA, L. A.G.C. Biomas presentes no Estado do Tocantins. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007. Disponível em: <http://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1424/biomas_tocantins_silva.pdf?sequence=1>. Acesso em: 4 out. 2020.

SIMIONI, F. et al. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 731-742,

2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/27758/pdf_1>. Acesso em: 31 de out. 2018.

SINOBRAS. SINOBRAS - Siderúrgica Norte Brasil, 2020. Disponível em: <<http://www.sinobras.com.br/index.php/institucional/sinobras-florestal>>. Acesso em: 2 out. 2020.

SOUSA, D. G. et al. Análise multitemporal do uso da terra utilizando imagens Landsat-5 TM da região de Alfenas, Sul de Minas Gerais, visando a conservação de fragmentos florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife: v. 8, n. 5, p. 1482-1492, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233269/27099>>. Acesso em: 10 maio 2020.

SOUZA, O. M. M. **Aptidão agroclimática e ambiental de *Eucalyptus urophylla* para a região do MATOPIBA**. 2017. 91 f. Dissertação (Pós-graduação em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2017.

SOUZA, N. D. et al. Estudo de caso de uma planta de carbonização: avaliação de características e qualidade do carvão vegetal visando uso siderúrgica. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 270-277, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v23n2/2179-8087-floram-2179-8087106114.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

TOCANTINS. Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento do Estado do Tocantins. **Diagnóstico dos plantios florestais do Estado do Tocantins**. Palmas: SEAGRO, 2015. 41 p.

_____. Secretaria de Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 2017. 370 p.

_____. Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento do Estado do Tocantins. **Plano estadual de Agroenergia, eficiência energética e marco regulatório de biocombustível no estado do Tocantins**. Palmas: SEAGRO, 2018. 241 p.

_____. Secretaria Estadual do Planejamento e Meio Ambiente do Estado do Tocantins. **Plano de Zoneamento Ecológico do Norte do Estado do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 2004. 206 p. Disponível em: <<http://www.sefaz.to.gov.br/zoneamento/publicacoes-tecnicas/norte-do-estado-do-tocantins/>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

_____. Secretaria Estadual do Turismo do Estado do Tocantins. **Bico do Papagaio**. Palmas: SECOM, 2019. Disponível em: <<https://turismo.to.gov.br/regioes-turisticas/bico-do-papagaio/>>. Acesso em: 28 jul. 2019.

USGS. **United States Geological Survey**. Washinton, 2019. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

USGS. Seamless Data Distribution. **Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM**. Disponível em: <<http://seamless.usgs.gov/>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

VIANA, M. B. **O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala.** Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. Disponível em: < <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/1162>>. Acesso em: 3 out. 2020.

VIENA SIDERÚRGICA. **Nosso produto.** Site oficial. 2020. Disponível em: <<https://vienairon.com.br/siderurgia/nosso-produto/>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

VIEIRA, R. S. et al. Influência da temperatura no rendimento dos produtos da carbonização de *Eucalyptus microcorys*. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 59-64, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v19n1/08.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

APÊNDICE 1

Análise Cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio em 2006

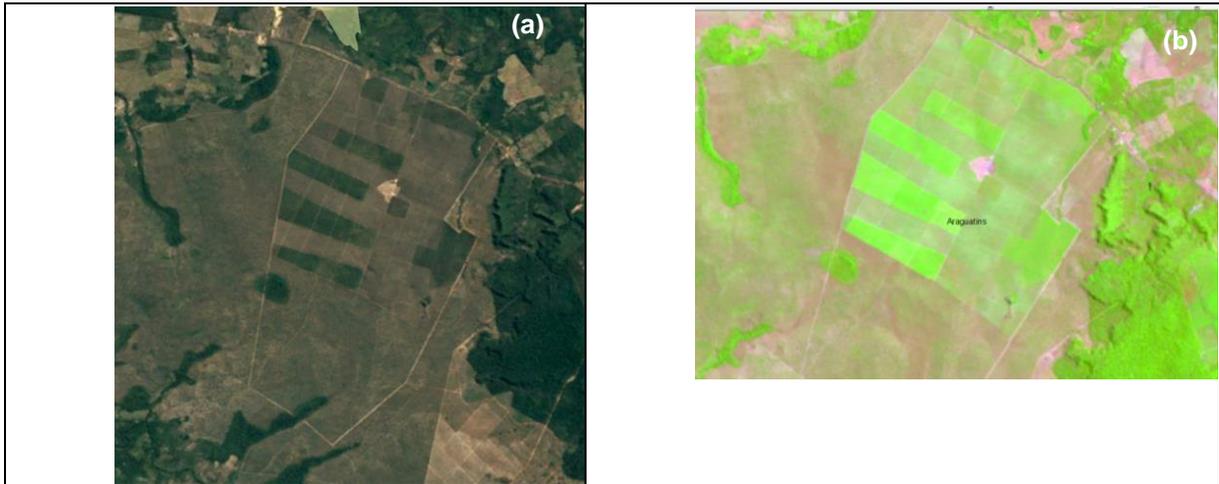


Figura 1 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



Figura 2 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

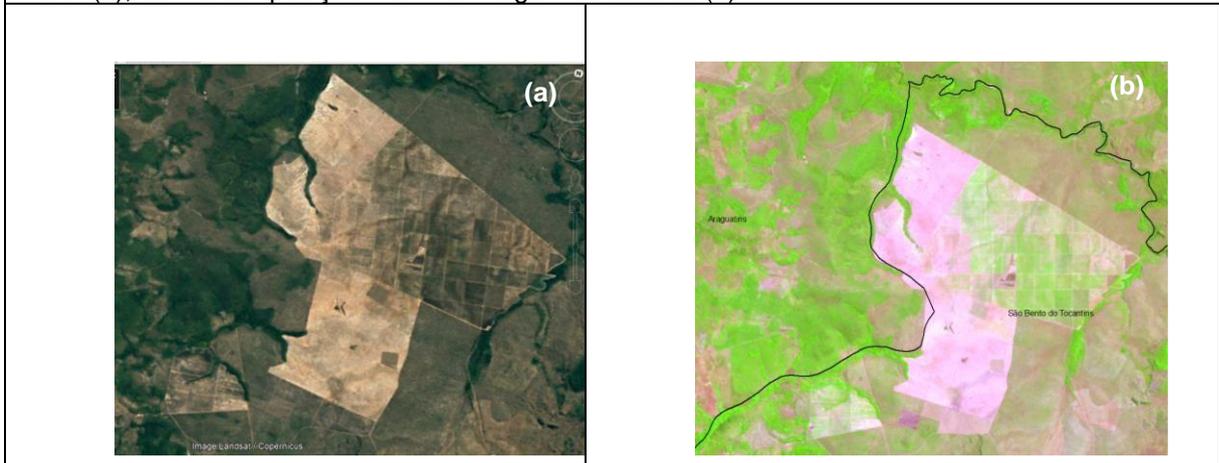


Figura 3 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

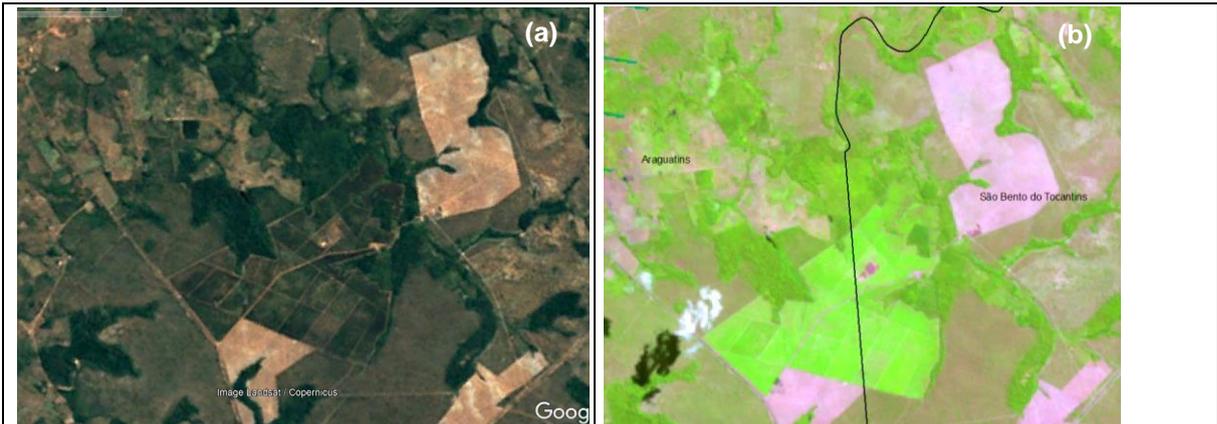


Figura 4 - Cultivo de eucalipto identificado na divisa dos municípios de Araguatins e São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

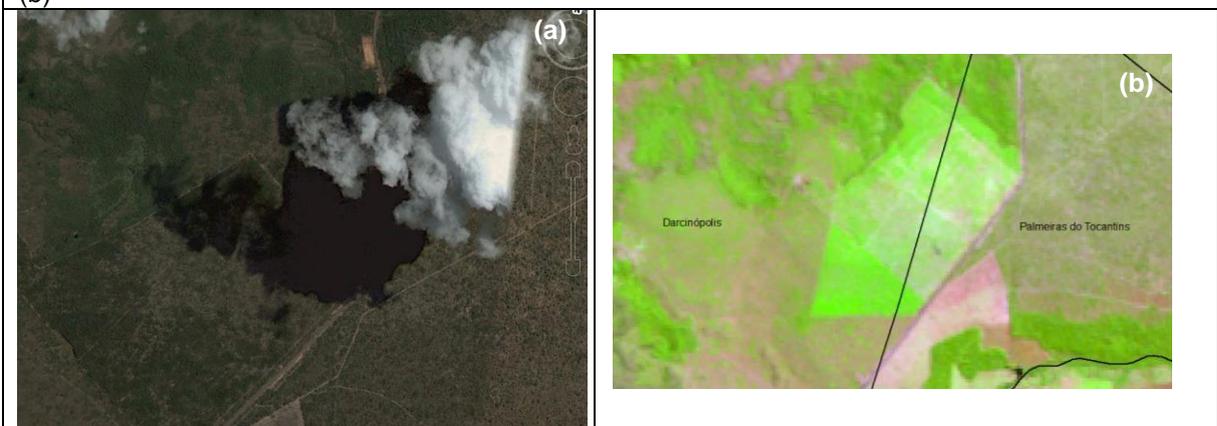


Figura 5 - Cultivo de eucalipto identificado na divisa dos municípios de Darcinópolis e Palmeiras do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b). Nessa análise em 2006 a imagem disponibilizada em (a) estava com cobertura de nuvens, mas com o auxílio da chave de interpretação foi possível identificar a ocorrência de cultivos

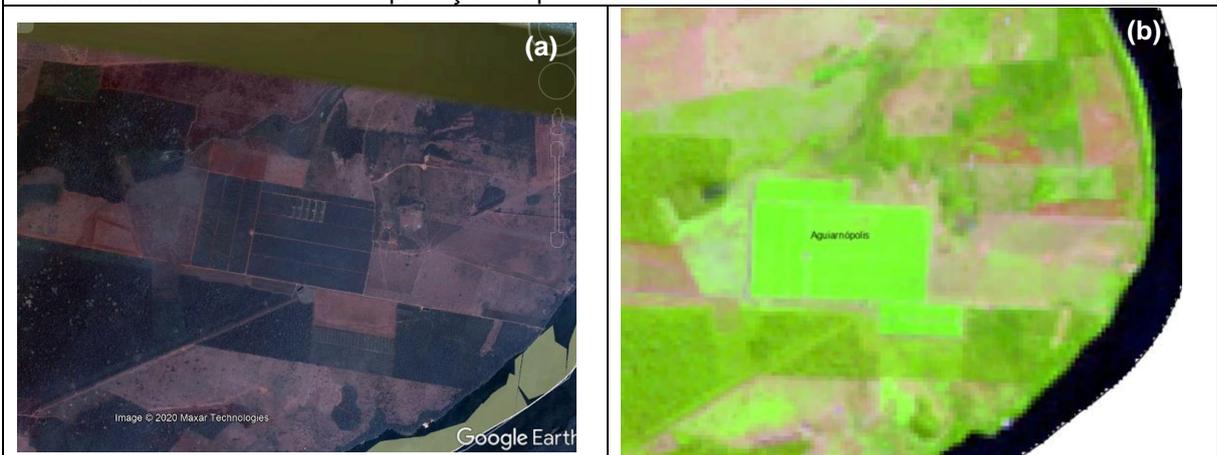


Figura 6 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Aguiarnópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

APÊNDICE 2

Análise Cultivo de eucalipto na região do Bico do Papagaio em 2019

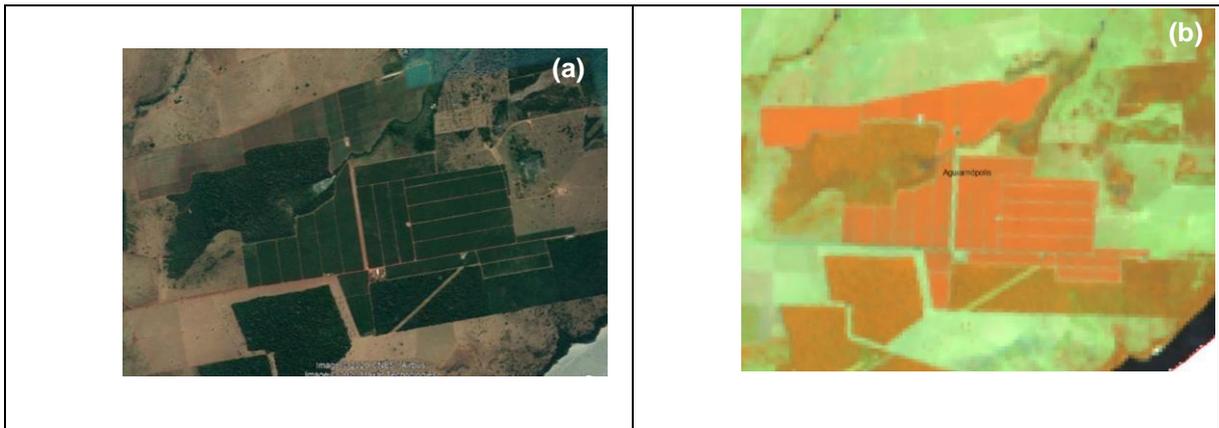


Figura 1 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Aguiarnópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

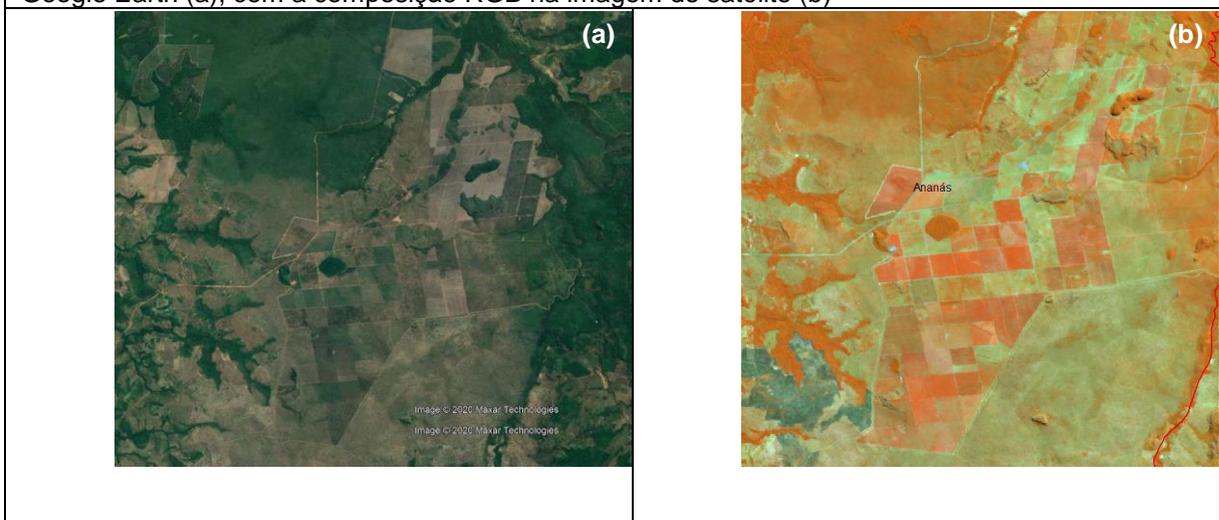


Figura 2 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Ananás. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

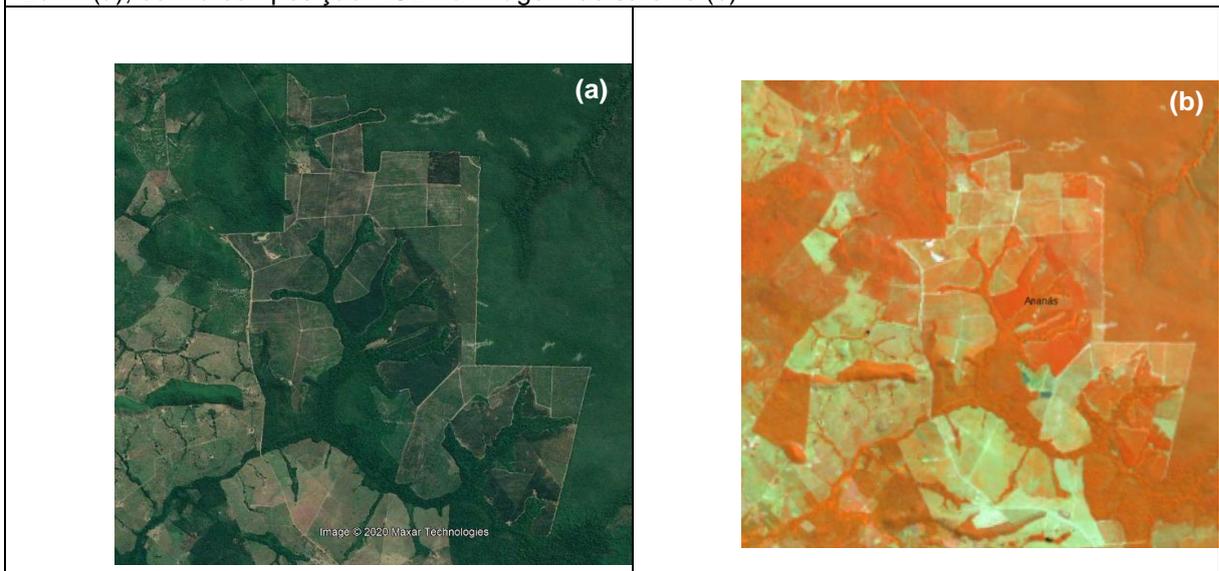


Figura 3 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Ananás. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

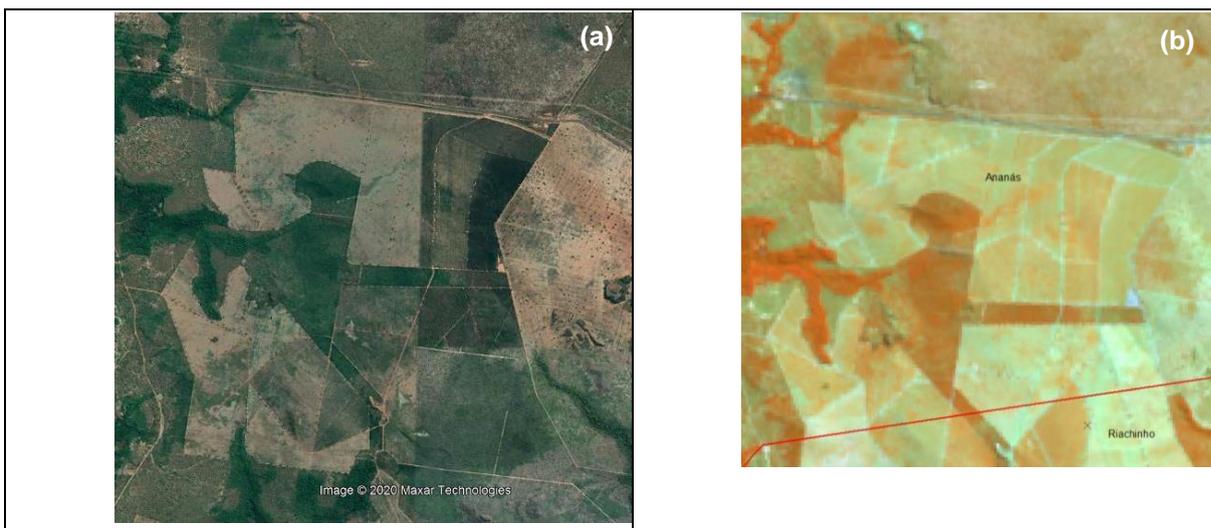


Figura 4 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Ananás. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

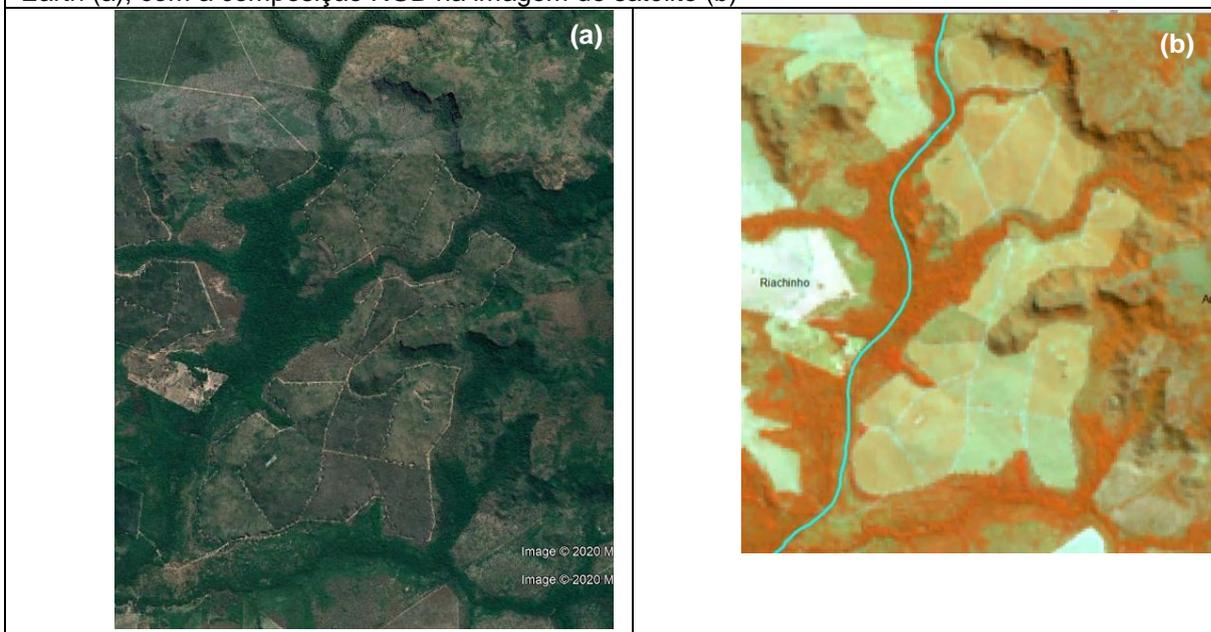


Figura 5 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Angico. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

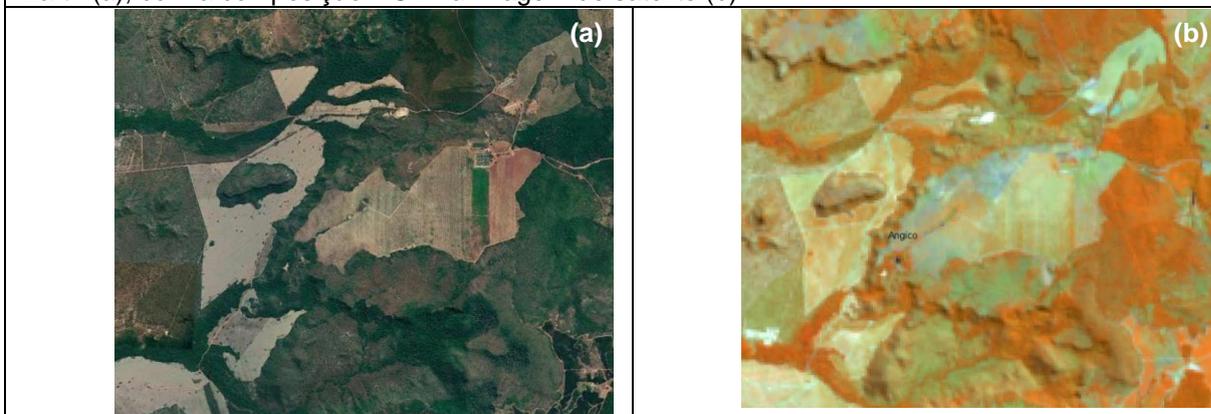


Figura 6 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Angico. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

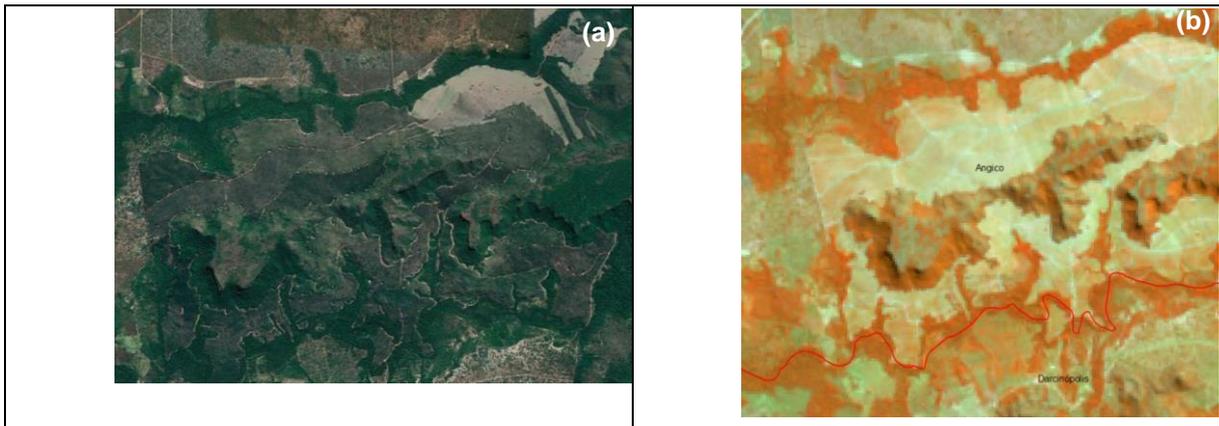


Figura 7 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Angico. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

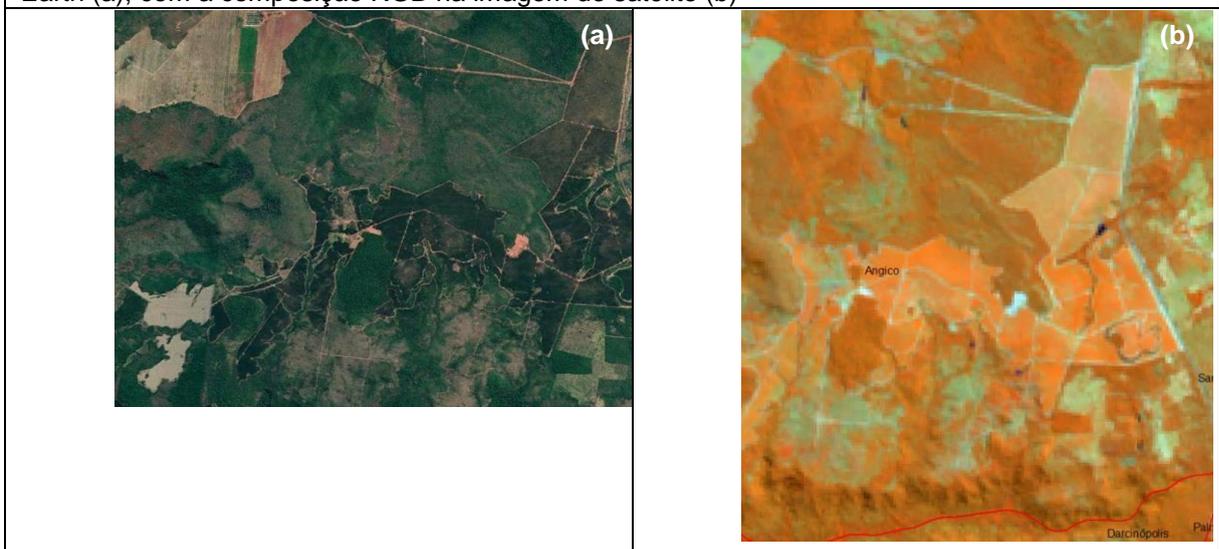


Figura 8 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Angico. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

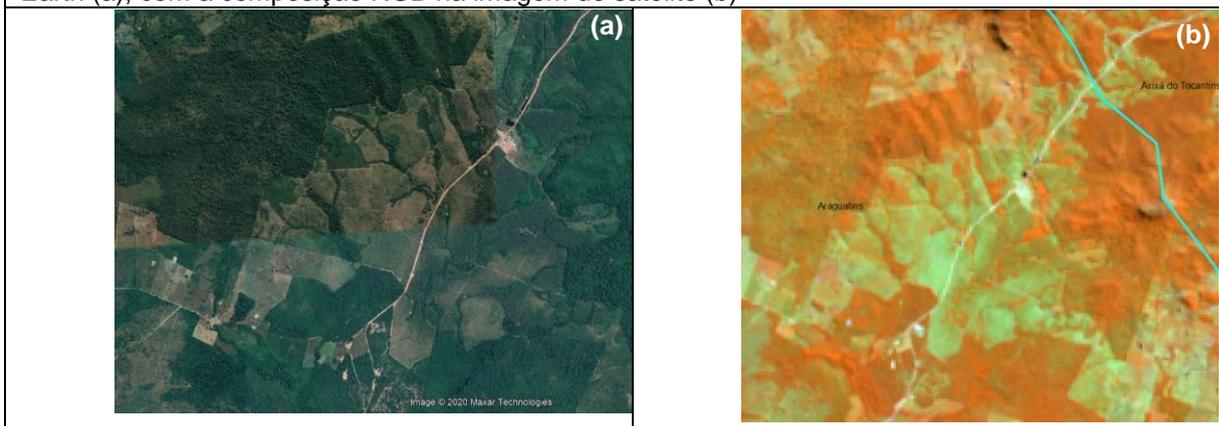


Figura 9 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

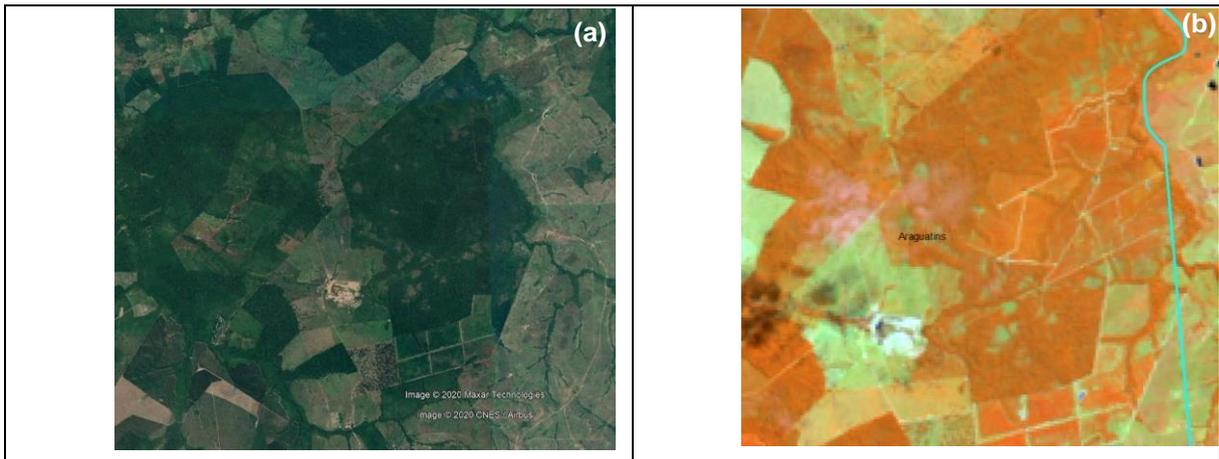


Figura 10 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



Figura 11 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

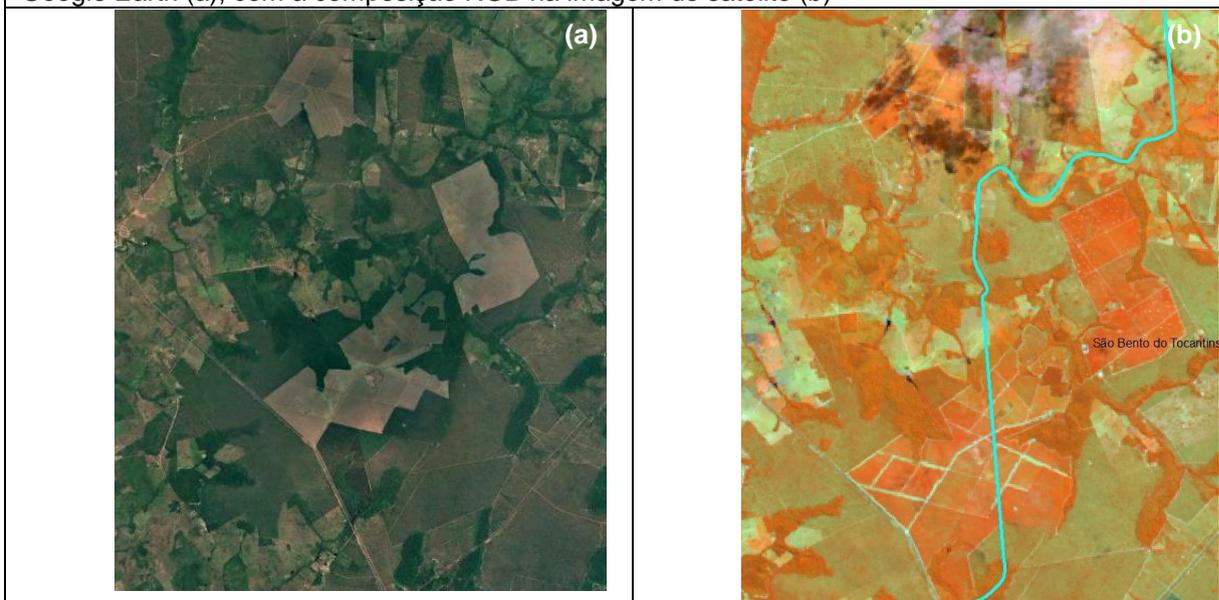


Figura 12 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



Figura 13 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

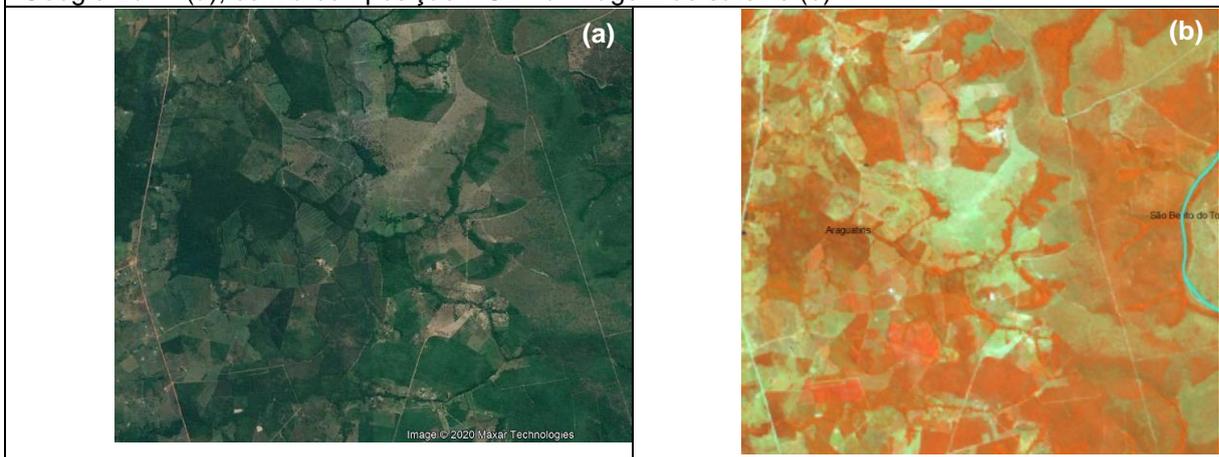


Figura 14 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Araguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

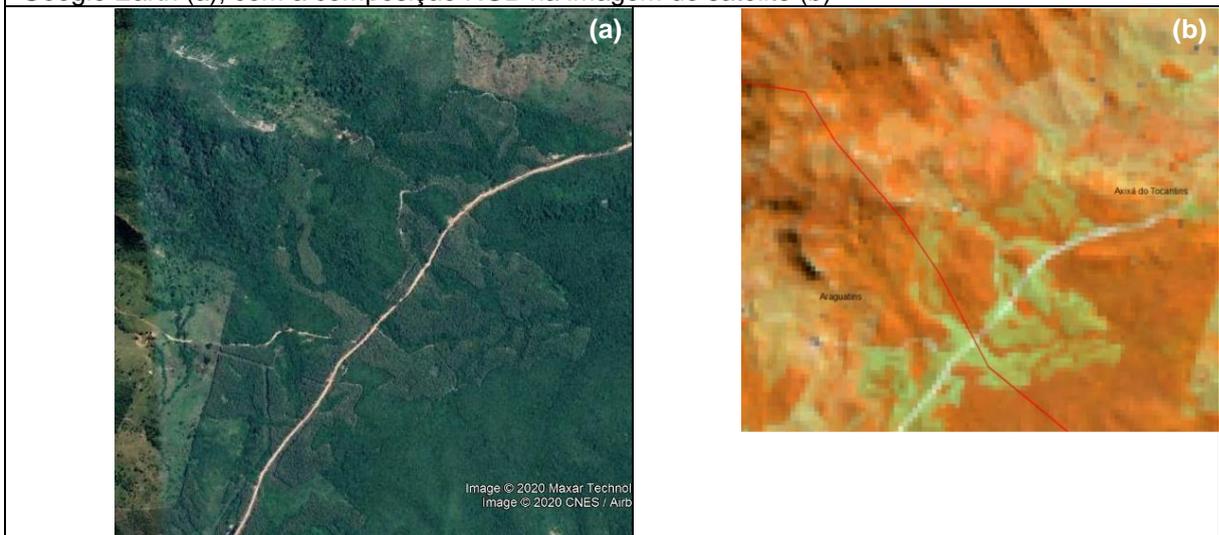


Figura 15 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Axixá do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

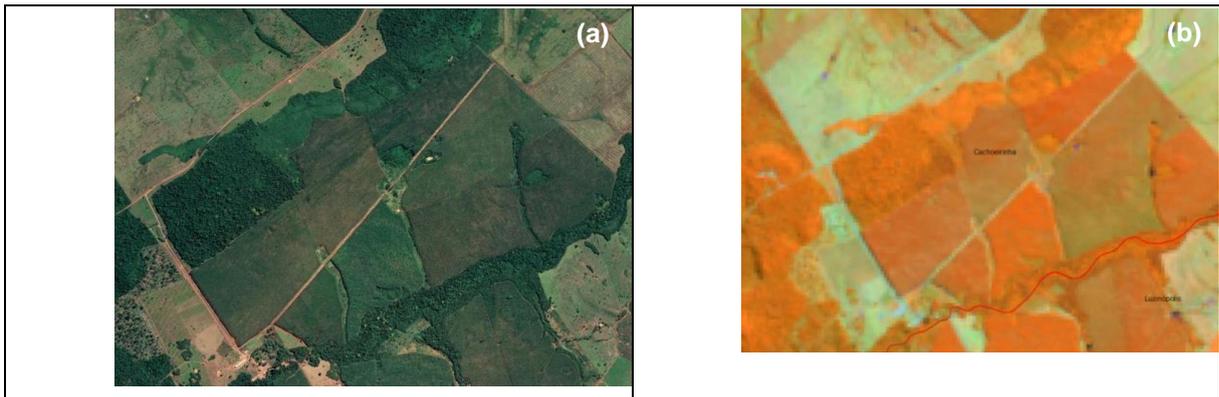


Figura 16 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Cachoerinha. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



Figura 17 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Darcinópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

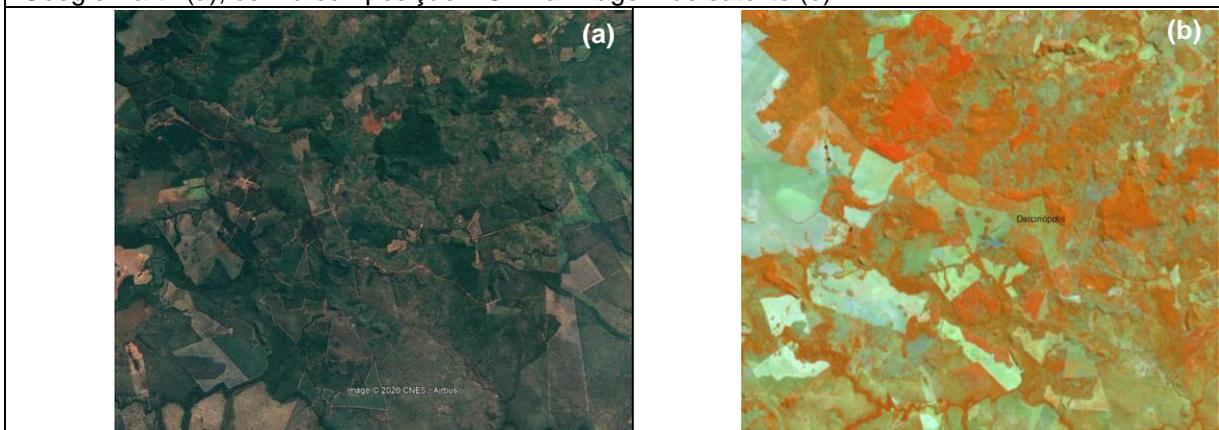


Figura 18 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Darcinópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

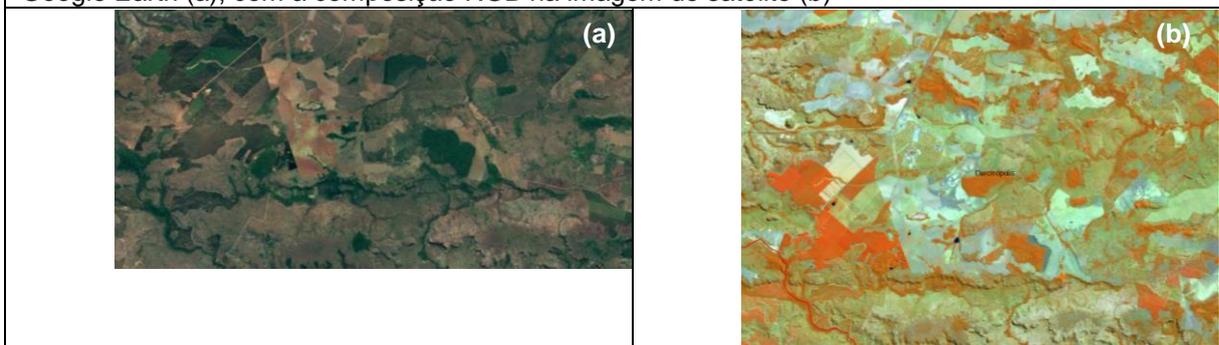


Figura 19 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Darcinópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

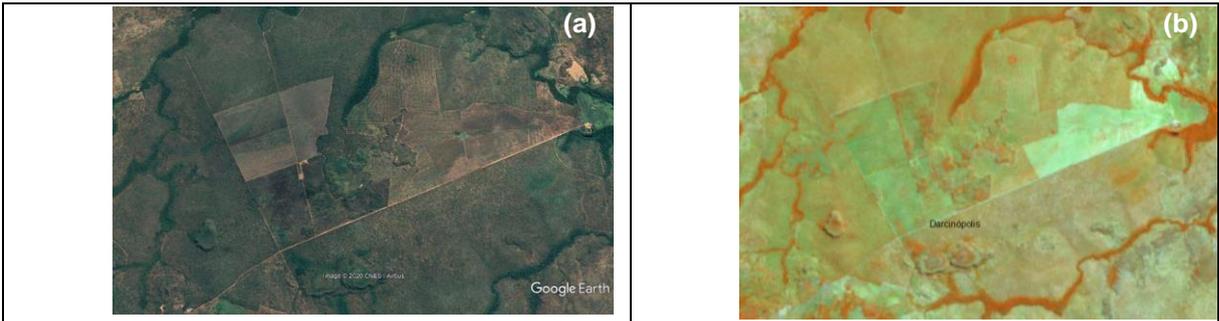


Figura 20 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Darcinópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

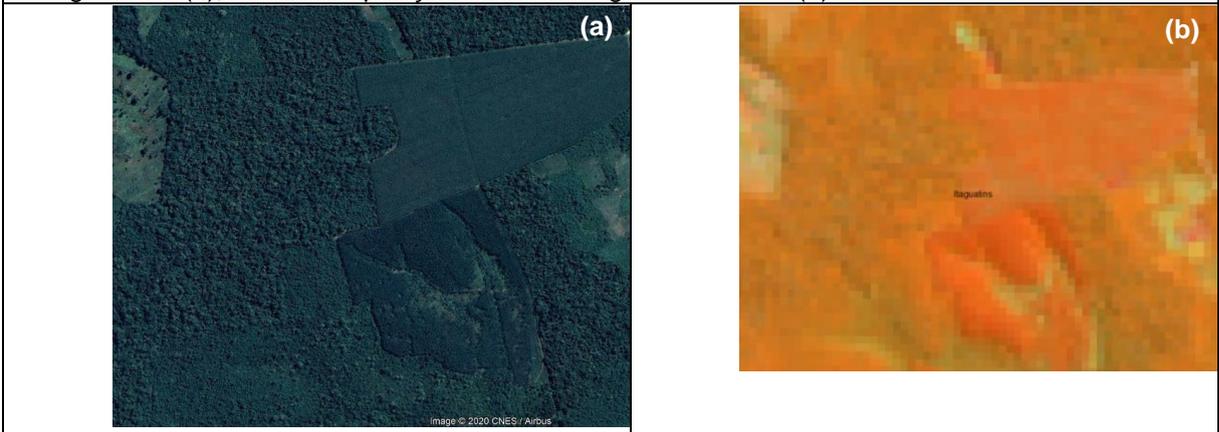


Figura 21 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Itaguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

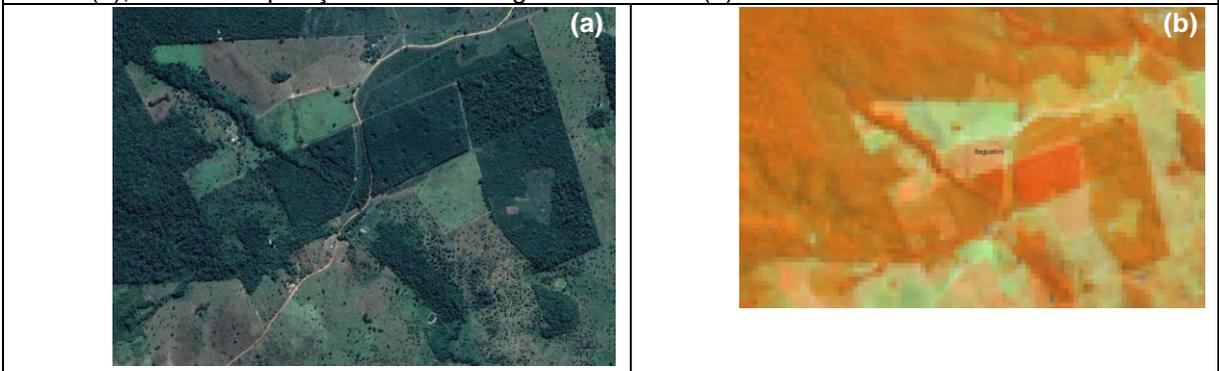


Figura 22 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Itaguatins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



Figura 23 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Luzinópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

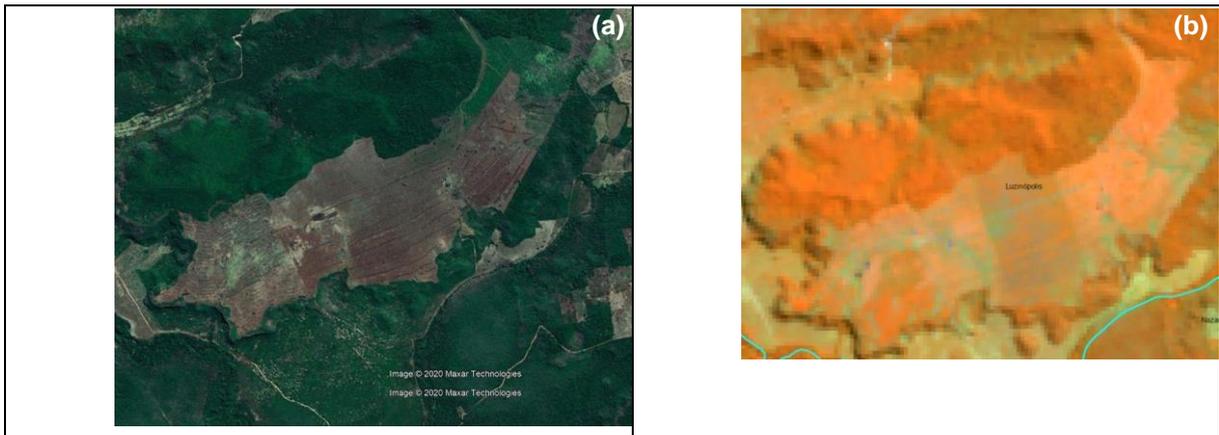


Figura 24 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Luzinópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

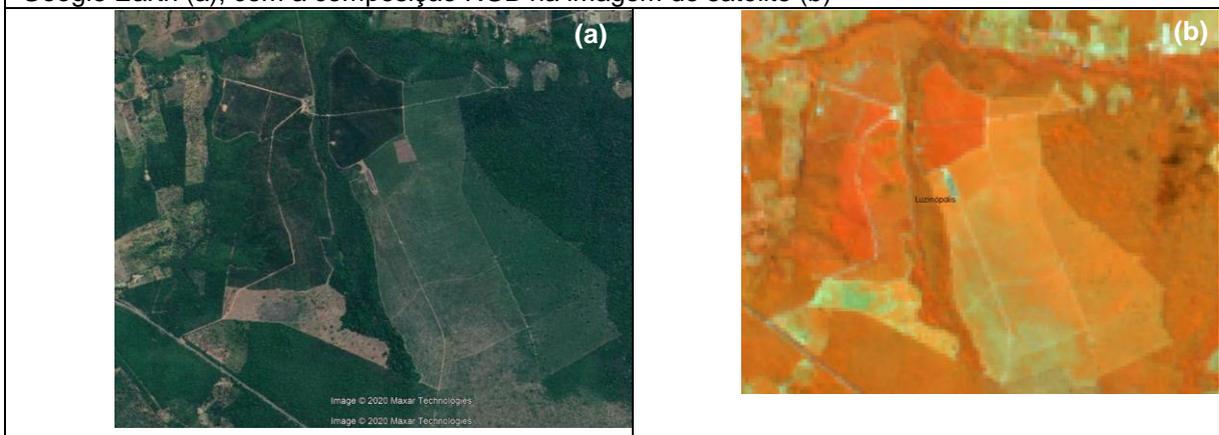


Figura 25 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Luzinópolis. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

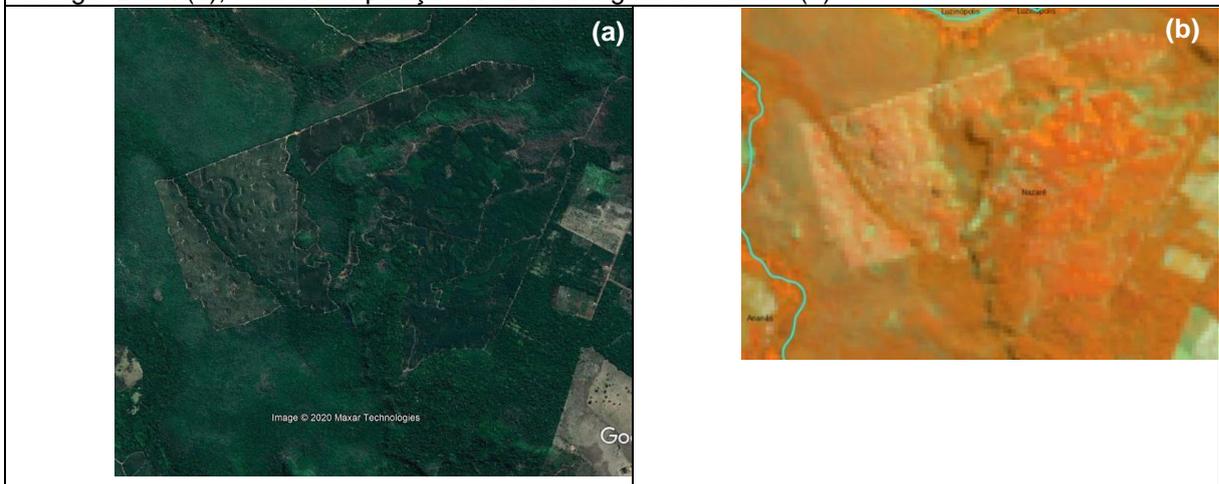


Figura 26 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Nazaré. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

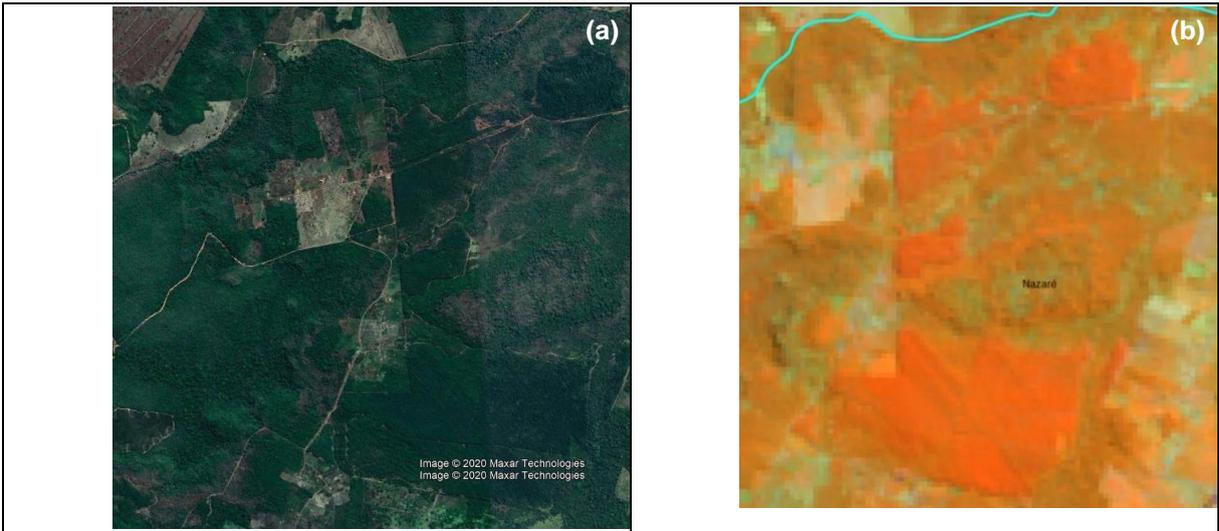


Figura 27 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Nazaré. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

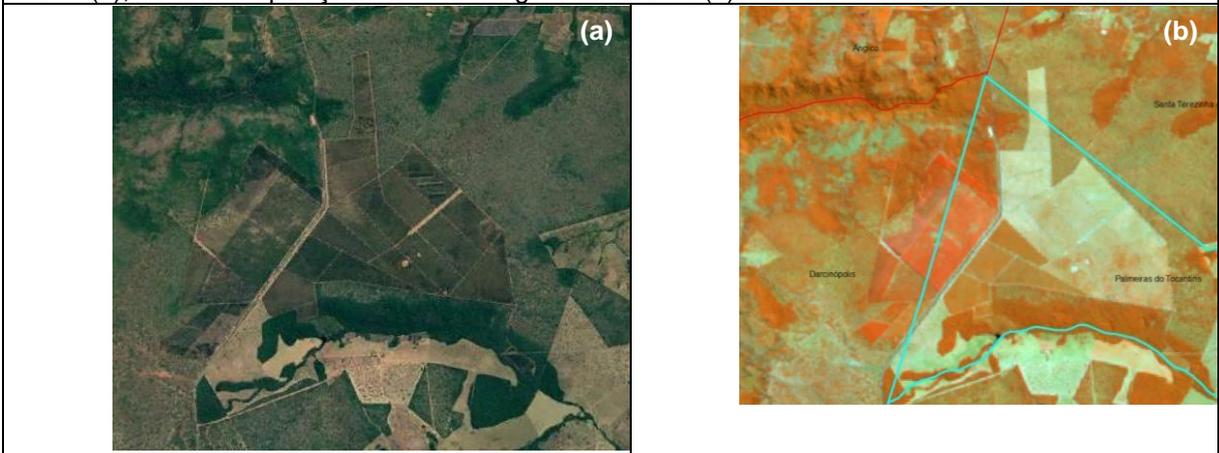


Figura 28 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Palmeiras do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

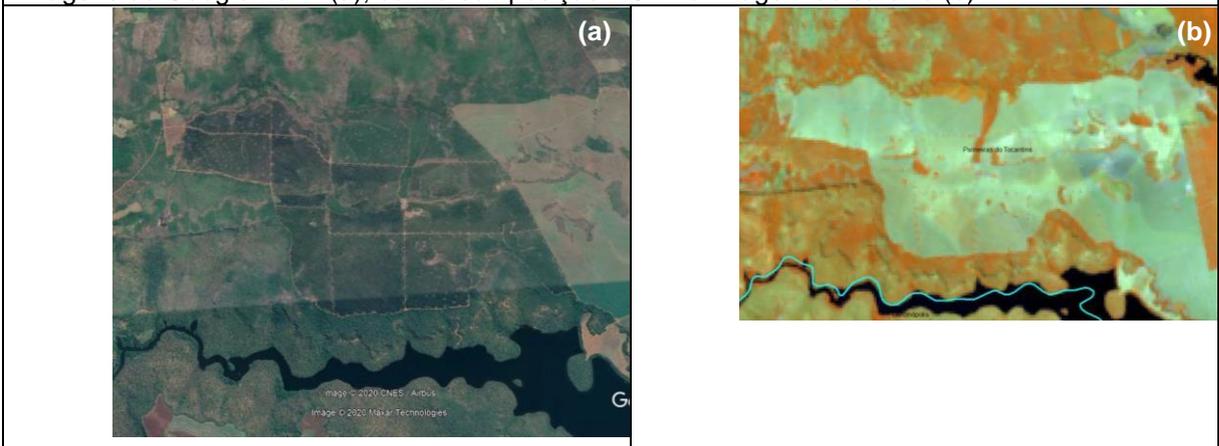


Figura 29 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Palmeiras do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

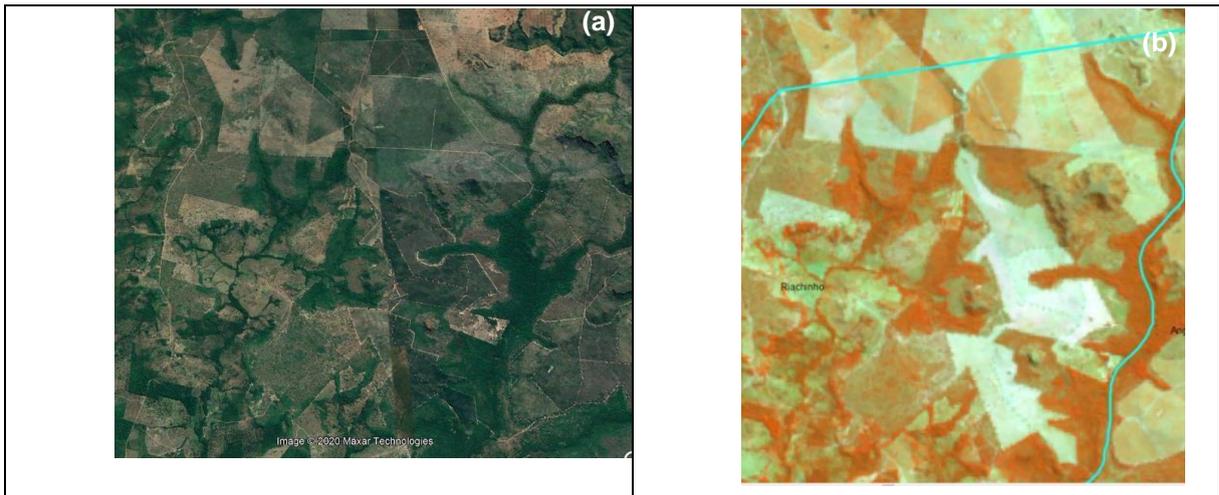


Figura 30 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Riachinho. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

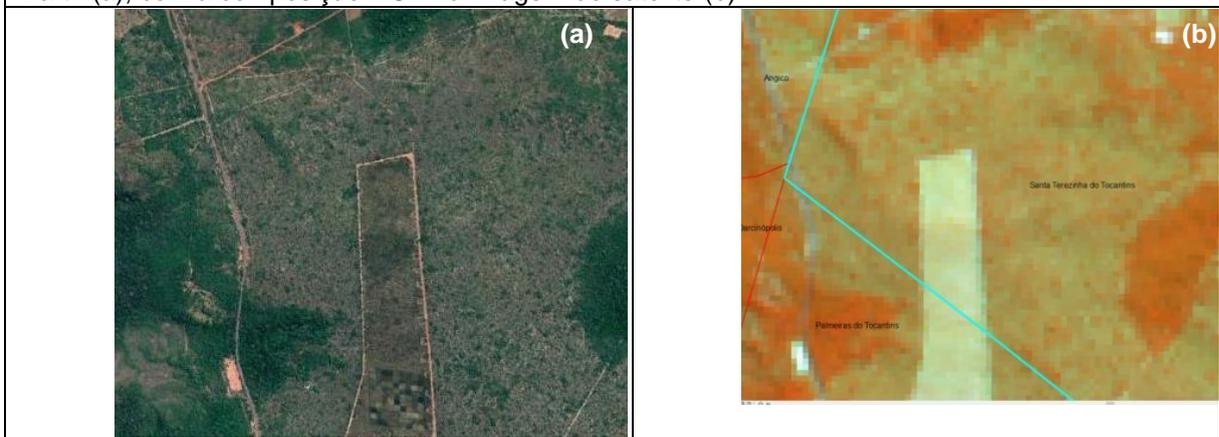


Figura 31 - Cultivo de eucalipto identificado no município de Santa Terezinha do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

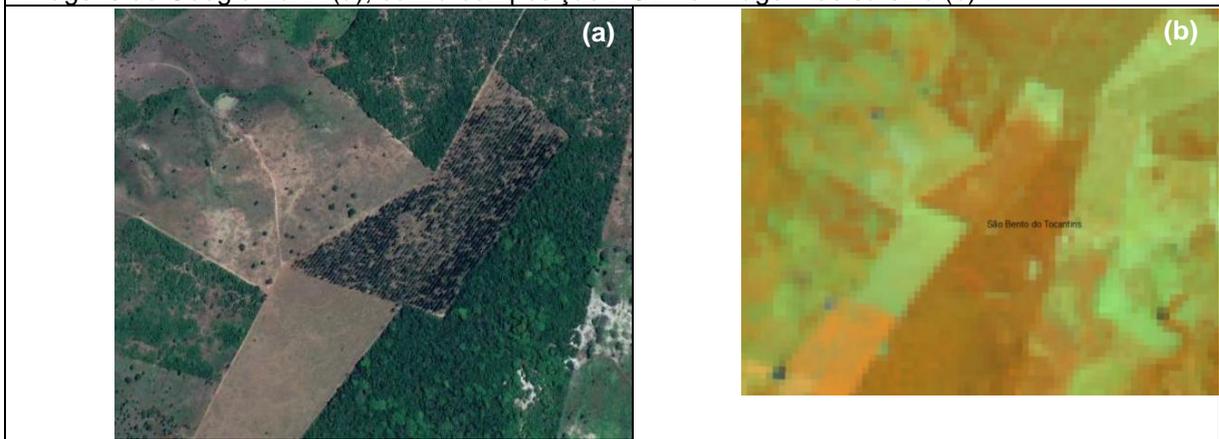


Figura 32 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

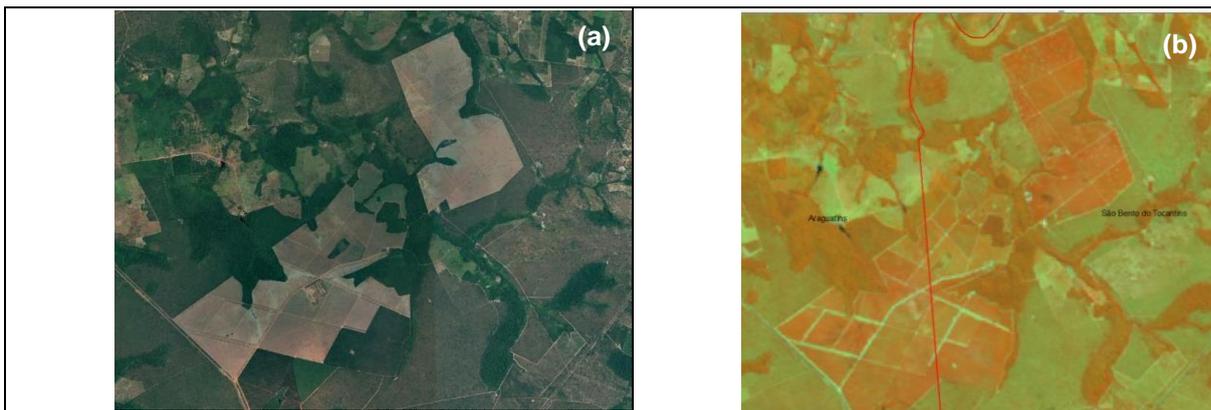


Figura 33 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

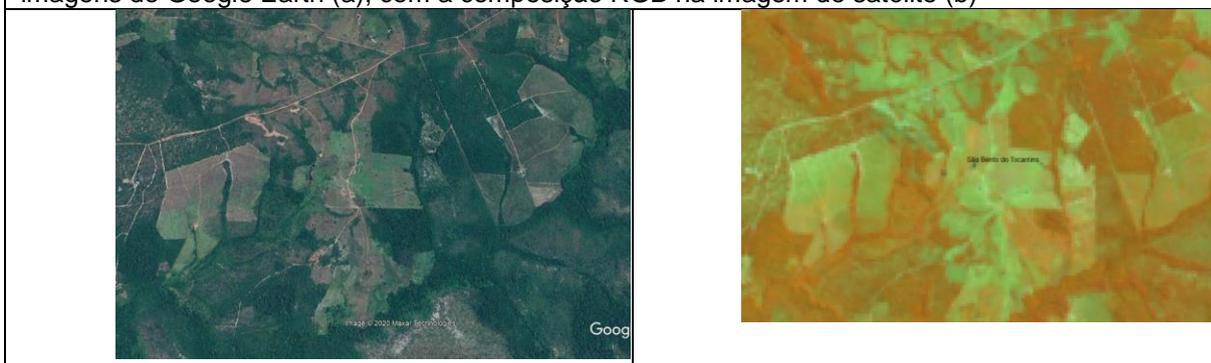


Figura 34 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)

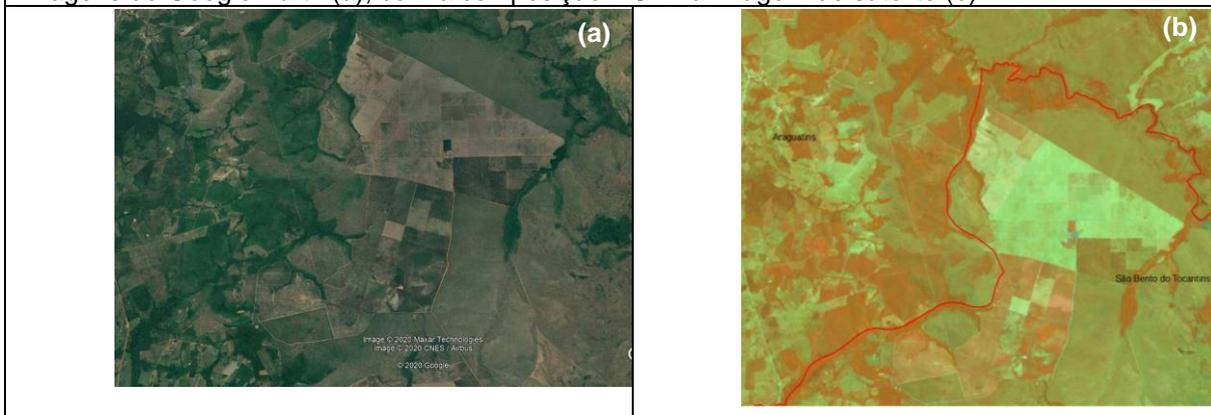


Figura 35 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



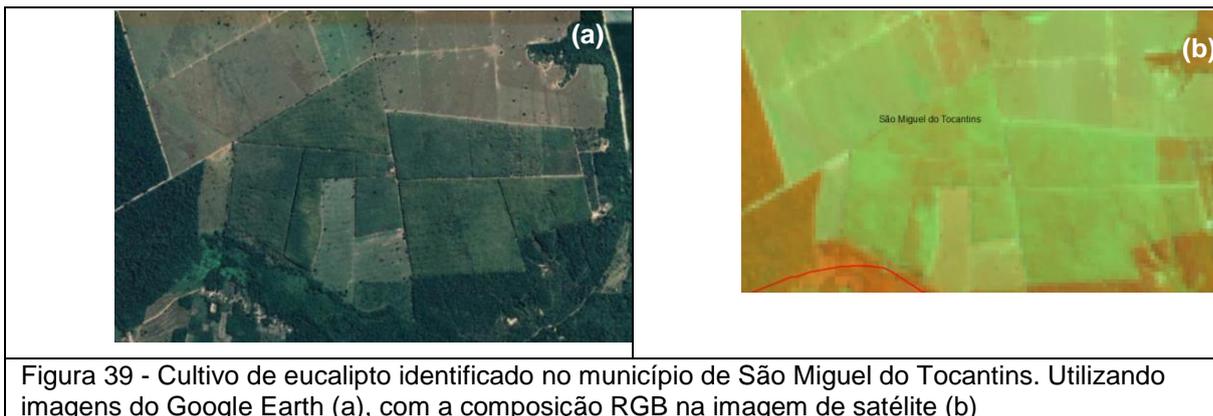
Figura 36 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



Figura 37 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Bento do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



Figura 38 - Cultivo de eucalipto identificado no município de São Miguel do Tocantins. Utilizando imagens do Google Earth (a), com a composição RGB na imagem de satélite (b)



ANEXOS

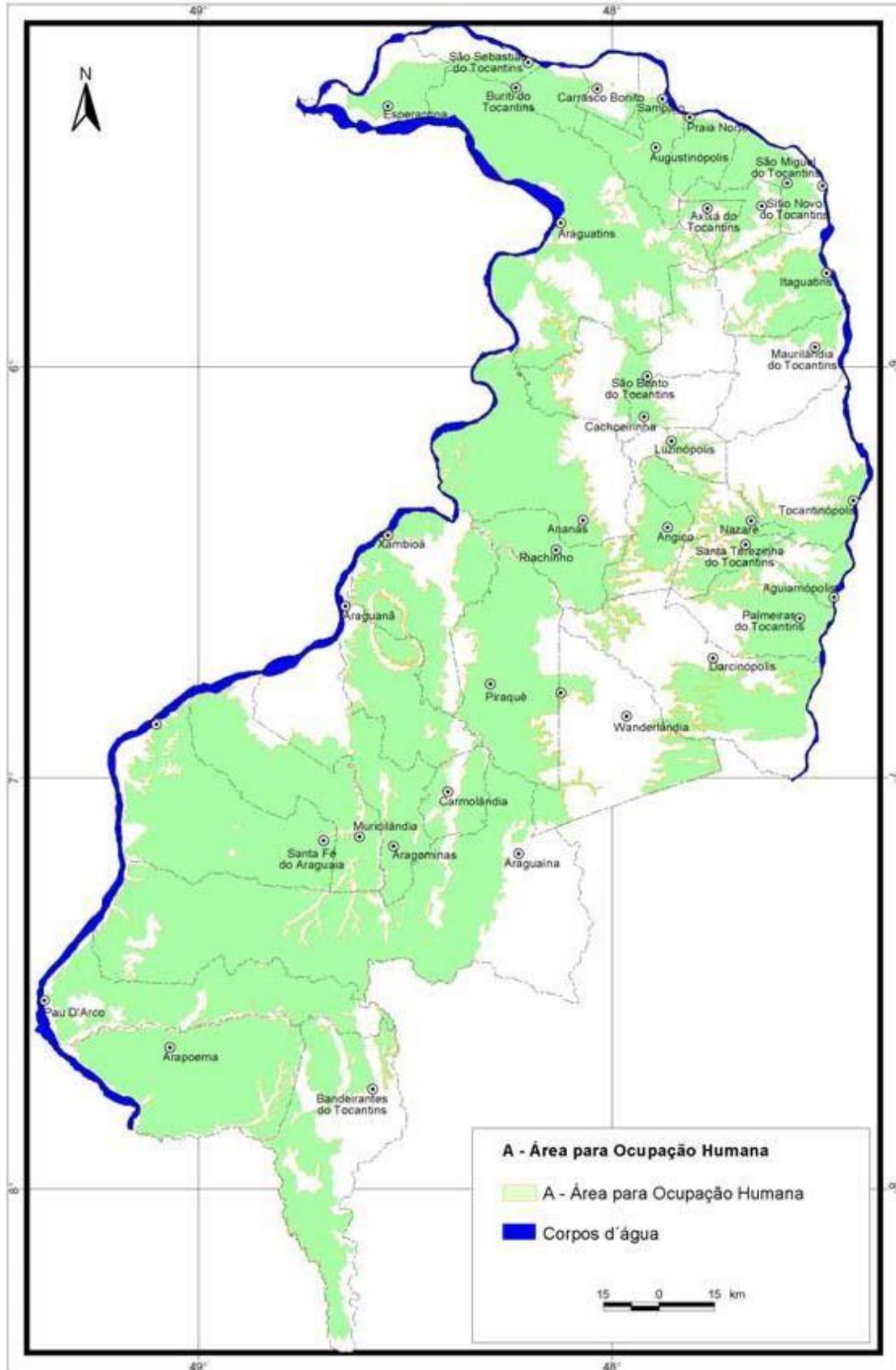


Figura 1 - Áreas de ocorrência da Zona A
Fonte: Tocantins (2004).

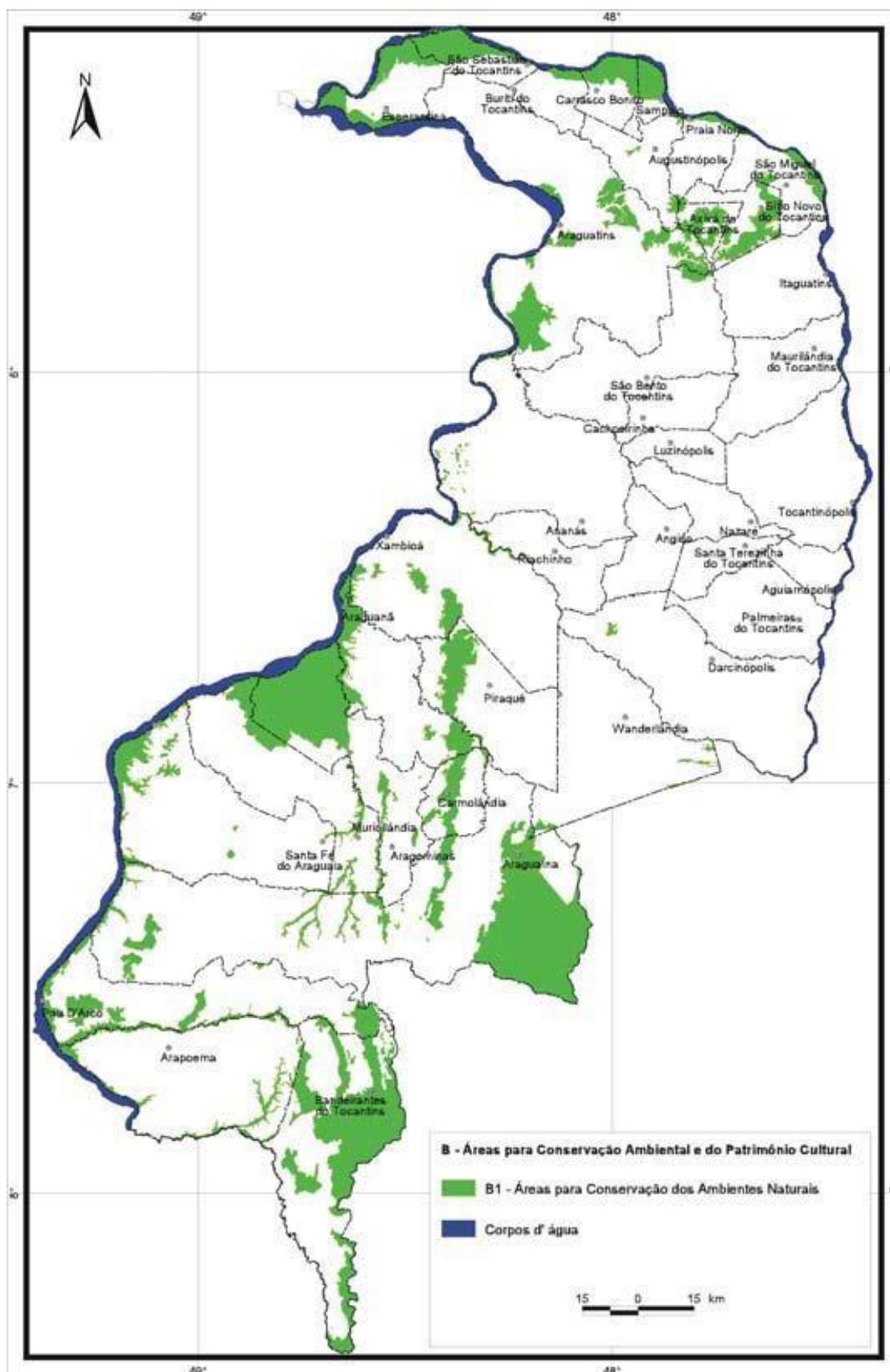


Figura 2 - Áreas de ocorrência da Zona B1
Fonte: Tocantins (2004).

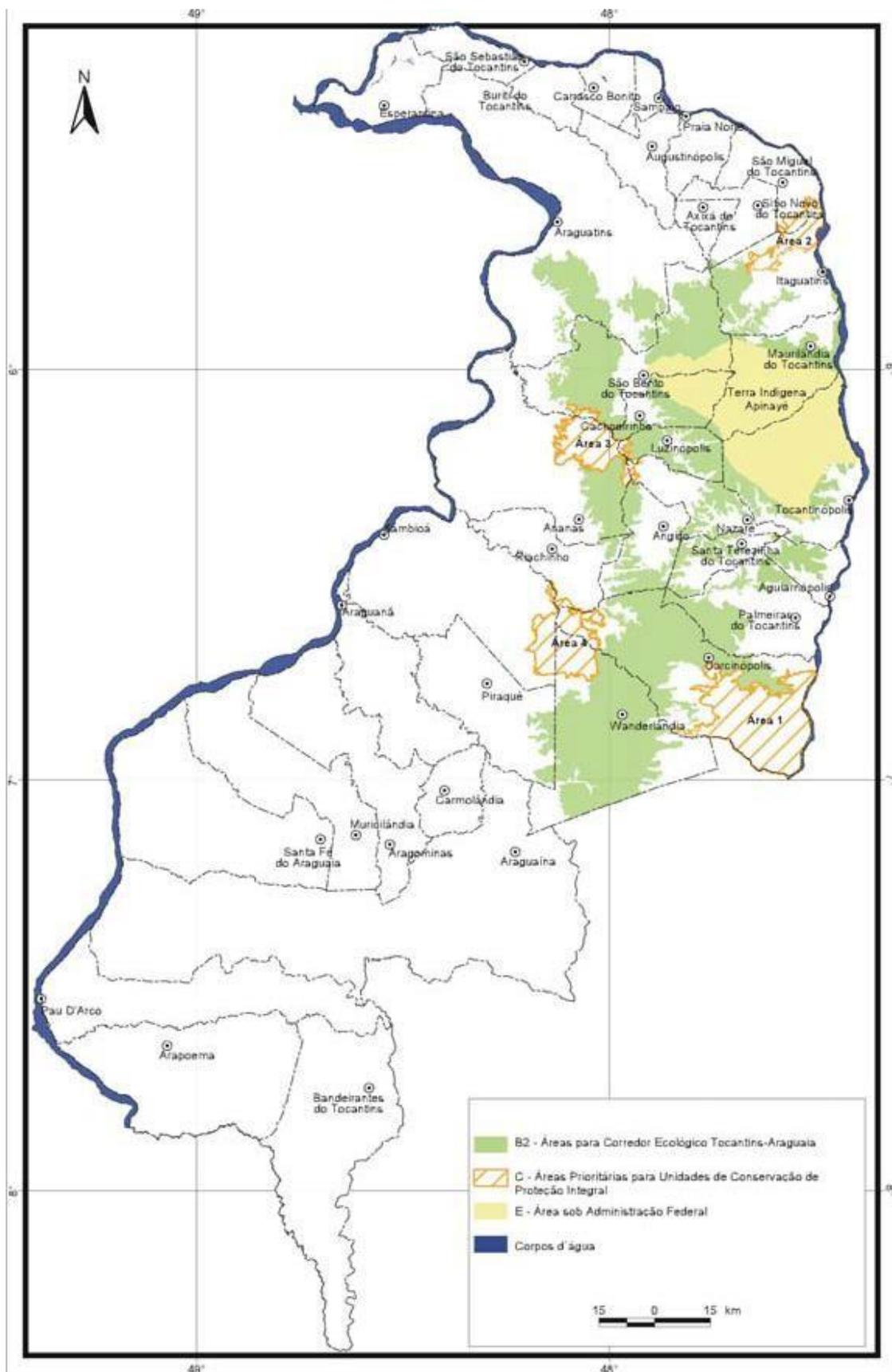


Figura 3 - Distribuição espacial das áreas de ocorrência da Zona B2
 Fonte: Tocantins (2004).

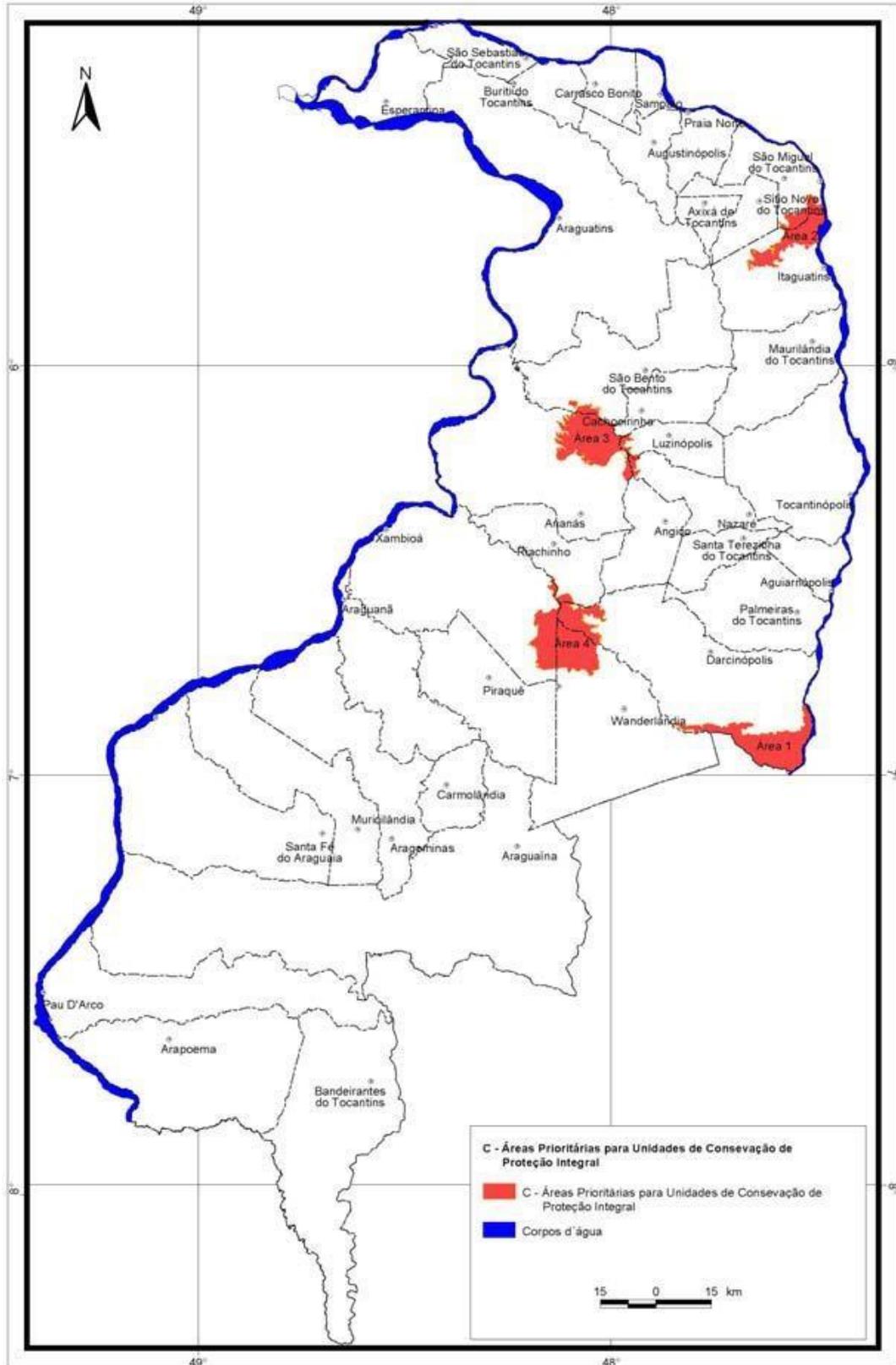


Figura 4 - Distribuição espacial das áreas de ocorrência da Zona C
 Fonte: Tocantins (2004).