



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ
CAMPUS CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO
DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

ALAN PERDIGÃO MENDONÇA

**USO DE SÉRIES TEMPORAIS DE NDVI PARA O MAPEAMENTO DE
PASTAGENS DEGRADADAS NA MICRORREGIÃO DE TOMÉ – AÇU - PA**

CASTANHAL
2022

ALAN PERDIGÃO MENDONÇA

**USO DE SÉRIES TEMPORAL DE NDVI PARA O MAPEAMENTO DE
PASTAGENS DEGRADADA NA MICRORREGIÃO DE TOMÉ – AÇU - PA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal, como requisito para obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof^o. Dr. Cícero Paulo Ferreira.
Co-orientadora: Prof^a. Dra. Thanan Walesza Pequeno Rodrigues.

CASTANHAL
2022

Dados para catalogação na fonte
Setor de Processamento Técnico Biblioteca
IFPA - Campus Castanhal

M539u Mendonça, Alan Perdigão

Uso de séries temporal de NDVI para o mapeamento de pastagens degradada na microrregião de Tomé-Açu – PA. / Alan Perdigão Mendonça. — 2021.
63 f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Thanan Walesza Pequeno Rodrigues.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, 2021.

1. Sensoriamento remoto – Tomé-Açu (PA). 2. Vegetação –
Mapeamento – Tomé-Açu (PA). 3. Engenharia geotécnica — Tomé-
Açu (PA). I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. II. Título.

CDD: 621.3678098115

ALAN PERDIGÃO MENDONÇA

**USO DE SÉRIES TEMPORAL DE NDVI PARA O MAPEAMENTO DE PASTAGENS
DEGRADADA NA MICRORREGIÃO DE TOMÉ – AÇU - PA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal, como requisito para obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Profº. Dr. Cícero Paulo Ferreira.
Co-orientadora: Profª. Dra. Thanan Walesza Pequeno Rodrigues.

BANCA EXAMINADORA:

Profº. Drº. Cicero Paulo Ferreira
(IFPA Castanhal – Orientador)

Profª. Drª Thanan Walesza Pequeno Rodrigues
(IFPA Castanhal – Co - Orientadora)

Profº. Drº. João Tavares Nascimento
(IFPA Castanhal – Membro)

Profº. Drº. Javier Dias Pita
(IFPA Castanhal – Membro)

A minha família que me deu colo e
segurança nos dias incertos e sempre nutriram
meus sonhos com cuidado e afeto. Dedico!

AGRADECIMENTO

A Deus criador que como a luz do sol sempre iluminou meu caminho e me ofereceu flores nos dias que eu já andava sem forças e com pouca esperança.

Agradeço aos meus pais que com afeto e serenidade sempre intercederam por meus sonhos e foram abrindo caminhos para que tudo se tornasse real.

À minha esposa que desde sempre me apoiou e esteve presente me dando todo o suporte necessário para seguir firme e que acima de tudo me direcionou amor e acolhimento sem pedir nada em troca. Obrigado pela paciência, pelos dias que eu pouco conseguia lhe ouvir como gostaria!

Aos meus enteados Lidiany e Durval Aleixo pelo apoio e compreensão nas ausências do lar.

Aos meus amigos de turma que tornaram a experiência do mestrado leve e agradável, que me ofereceram colo, cafés e “cola” quando necessário. Companheiros (as) obrigada pelas trocas!!!

A Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará – ADEPARA na pessoa do Sr Manoel Gerente Regional e aos colegas Lucry Sinatra e Waldemar Padilha, muito obrigado pelo apoio e compressão pela ausência

Aos meus professores que sabiamente ampliaram meu olhar para o mundo. Esses momentos formativos refletiram sempre na minha vida.

À instituição que me ofereceu experiências inenarráveis e me atenderam sempre que eu precisei. Obrigado!

Ao meu orientador, pela cumplicidade e parceria, por ter embarcado e acreditado nesse sonho pessoal e profissional.

Aos professores que aceitaram fazer parte da banca e avaliar esta pesquisa. Obrigada pela disponibilidade e trocas.

Ao Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental Dr. Moacyr Dias-Filho, grande conhecedor da degradação de pastagem no Bioma Amazônico. Obrigado pela disponibilidade, pelas trocas de experiência.

A família Chaves Mota aqui represento o Sr. Antônio Marcos Chaves Mota. Obrigado pelo apoio e suporte que me ofereceu em Castanhal.

RESUMO

A microrregião de Tomé Açu, está localizada no nordeste paraense, com área territorial de 23.704,470 km² e um rebanho bovino estimado em 321.464 cabeças, distribuídas em cinco municípios: Acará, Concórdia do Pará, Moju, Tailândia e Tomé-Açu. As pastagens cultivadas nos municípios, em sua maioria, têm sido utilizadas explorando a fertilidade natural dos solos, o que tem contribuído para a degradação e consequentemente a baixa produtividade das pastagens. Neste sentido, esta pesquisa buscou mapear áreas de pastagens e respectivos estágios de degradação, utilizando séries temporais do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), para ser tomada como de decisão para futuras políticas públicas, agrícolas e ambientais na região. Assim como, produziu mapas temporais das pastagens degradadas nos municípios que compõem a referida região, para potencialmente servir como auxílio em futuras decisões de uso sustentável destas áreas de pastagens; realizou-se uma pesquisa de campo com entrevista a pecuaristas no sentido de avaliar as técnicas de manejo de pastagem, e por fim capacitou agricultores visando o manejo racional de pastagem em um Dia de Campo. Para a classificação das pastagens da microrregião de Tomé Açu em áreas degradadas ou não degradadas, para os anos de 2013, 2016 e 2019, utilizou-se o imageamento orbital com sensores SENTINEL 2 e LANDSAT 8, uma técnica muito usada no estudo do ambiente devido ao seu baixo custo, e disponibilidade de imagens de satélite de qualidade, no quesito de resoluções temporais e espaciais, o que permite a investigação da degradação da vegetação. A metodologia aqui utilizada apresentou resultados com qualidade compatível com outros trabalhos que tiveram abordagens semelhantes para a classificação de pastagens, usando a mesma base de dados.

Palavras-Chave: Vegetação. Políticas Públicas.

ABSTRACT

The micro-region of Tomé Açu, located in the northeast of Pará, with a territorial area of 23,704,470 km² and an estimated bovine herd of 321,464 heads, distributed in five municipalities: Acará, Concórdia do Pará, Moju, Thailand and Tomé-Açu. The pastures cultivated in the municipalities, for the most part, have been used to exploit the natural fertility of the soils, which has contributed to the degradation and consequently the low productivity of the pastures. In this sense, this research sought to map areas of degraded pastures and pastures, using time series of the normalized difference vegetation index (NDVI), which may serve as a basis for decision-making for future public, agricultural and environmental policies in the region. Likewise, it produced temporal maps of degraded pastures in the municipalities that make up the referred region, to potentially serve as an aid in future decisions on the sustainable use of these pasture areas; an experiment was carried out based on information from farmers and ranchers, using liming and natural phosphating as a demonstration unit for the use of pasture renovation and recovery technology and finally trained farmers aiming at rational pasture management in a Field Day. For the classification of pastures in the microregion of Tomé-Açu into degraded or non-degraded areas, for the years 2013, 2016 and 2019, orbital imaging was used, a technique widely used in the study of the environment due to its low cost, and availability of quality satellite images, in terms of temporal and spatial resolutions, which allows the investigation of vegetation degradation.

Key – words: Vegetation. Public policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeito de uma pastagem estável e outra instável na condição física e fertilidade do solo.....	19
Figura 2. Representação simplificada do conceito de degradação de pastagens.....	20
Figura 3: Ilustração de obtenção de imagens por sensoriamento remoto.....	22
Figura 4: Pixel e a resolução na imagem digital.....	23
Figura 5. Representação clássica cálculo NDVI. Fonte (NASA/NDVI)	25
Figura 6: Microrregião de Tomé-açu, nordeste paraense	28
Figura 7: classificação dos solos da microrregião de Tomé-açu	29
Figura 8: Fórmula do cálculo do NDVI, na Ferramenta Calculadora de Raster	32
Figura 9: Análise de pastagem da Faz. Vitória por NDVI, junho de 2019	33
Figura 10. Resultados de NDVI para os anos de 2019, 2016 e 2013	37
Figura 11. Atlas digital das pastagens brasileira, dados do município de Concórdia do Pará, ano 2019	39
Figura 12. Mapas de pastagens degradadas anos de 2013, 2016 e 2019	40

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentagens de áreas degradadas na mesorregião de Tomé-Açu 2013	16
Tabela 1. Estádio de degradação (ED) de pastagens segundo parâmetros limitação, indicadores de queda na capacidade de suporte (QCS), e níveis de degradação (nível)	18
Gráfico 2 – Percentagens de áreas degradadas na mesorregião de Tomé-Açu 2016	26
Gráfico 3 – Percentagens de áreas degradadas na mesorregião de Tomé-Açu 2019	27
Tabela 2: Microrregião de Tomé-açu, nordeste paraense	28
Tabela 3: Quadro de imagens de satélites utilizadas na série temporal	30
Tabela 4. Agrupamento qualitativo do coeficiente kappa	35
Tabela 5. Comparação de áreas mapeadas de pastagem em km ² LAPING, Terra Class e da pesquisa de estudo	39
Tabela 6. Tabela 6. Áreas de pastagens e pastagens degradadas em km ² mapeado pela pesquisa na microrregião de Tomé Açu, período de 2013, 2016 e 2019	40
Tabela 7 – Estatística descritiva das variáveis quantitativas e teste de Kolmogorov – Smirnov	43
Tabela 8 – Estatística descritiva das variáveis qualitativas	44-45
Tabela 9 – Análise Inferencial da comparação de médias das variáveis quantitativas com o manejo adequado do pasto	45
Tabela 10 – Análise Inferencial da associação das variáveis qualitativas com o manejo adequado do pasto	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais espécies forrageiras cultivadas no Estado do Pará.	16
Quadro 2: configurações do sensor Operational Land Imager (OLI)	26
Quadro 3: Configurações do sensor sentinel-2 (S-2)	27
Quadro 4: Valores de classificação da cobertura vegetal de pastagem – CVP	34
Quadro 5: Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI e Sentinel 2	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Geral.....	14
1.2. Específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Importância da pecuária bovina a pasto na Região Amazônica	14
2.2. Pastejo e Degradação de Pastagens.....	16
2.3. Geotecnologia no mapeamento de áreas de pastagens	20
3.4.1. Sensoriamento Remoto.....	21
3.4.2. O índice de vegetação NDVI.....	24
2.3.1. Sensor OLI LANDSAT 8.....	25
2.3.2. Sensor Sentinel 2	26
3. MATERIAS E MÉTODOS	27
3.1. Localização da pesquisa.....	27
3.2. Método da pesquisa	29
3.3. Dados Utilizados.....	29
3.4. Processamento Digital	30
3.4.1. Mapeamento dos pontos de controle para identificar pastagens degradadas	30
3.4.2. Composição RGB.....	31
3.4.3. Georreferenciamento das Imagens Multiespectrais.....	31
3.4.4. Validação das classificações.....	31
3.4.5. Classificação NDVI.....	32
3.5. Pesquisa de campo entrevista para avaliar técnicas de manejo de pastagem praticada pelos pecuaristas	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Avaliação das Classificações das pastagens degradadas e não degradadas para o ano de 2013, 2016 e 2019.....	35
5.2 Quantificação e mapeamento das áreas de pastagens degradadas e não degradadas para o ano de 2013, 2016 e 2019.....	37
5.3 Pesquisa de campo avaliação de técnicas de manejo e implantação de pastagem....	42
5. CONCLUSÃO.....	47
6. PRODUTO FINAL	47
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS.....	52

1. INTRODUÇÃO

A microrregião de Tomé Açu está localizada no nordeste paraense, com área territorial de 23.704,470 km² e um rebanho bovino estimado em 321.464 cabeças, distribuídas em cinco municípios: Acará, Concórdia do Pará, Moju, Tailândia e Tomé-Açu. Segundo dados da ADEPARÁ (2019), há um total de 1.605 propriedades, em atividade pecuária, envolvendo agricultor familiar, médios e grandes pecuaristas. As pastagens cultivadas nos municípios, em sua maioria, têm sido utilizadas explorando a fertilidade natural dos solos, o que tem contribuído para a degradação e conseqüentemente a baixa produtividade das pastagens. Dados do programa TerraClass do INPE, para o ano de 2013, indicaram que nos municípios a área ocupada com pastagem era de 35%, e uma taxa de lotação de 0,75 UA por ha (unidade animal por hectare), abaixo da média nacional, que é 1,23 UA por ha (ABIEC, 2015).

A expansão de terras para o desenvolvimento da pecuária, contudo, ocasiona implicações ambientais, tal como o desmatamento das florestas que precisam de uma atenção especial. Mais do que quantificar uma área ocupada por pastagens, é importante conhecer sua localização e sua utilização ao longo do tempo. A constatação de que não houve crescimento na área total de pastagens em um determinado período pode significar, por exemplo, que tenha havido a conversão de algumas delas em áreas de cultivo, aliada a um desmatamento equivalente às áreas convertidas (PARENTE; FERREIRA, 2018).

Segundo Tourrand e Veiga (2003), o problema da redução da produtividade das pastagens na região, deve-se à falta da aplicação de algumas recomendações básicas (na implantação, manejo e no controle de plantas invasoras) que são desenvolvidas nos centros de pesquisas agropecuários na Amazônia e que são aplicadas por alguns fazendeiros, mas que no âmbito da agricultura familiar esbarra no fator econômico, e falta de uma política agrícola direcionada para este segmento, e mesmo no objetivo de muitas famílias que pode não permitir ou ser conciliado com o uso de determinada tecnologia. Esse problema da produtividade das pastagens resulta em uma menor disponibilidade de forragem, que por sua vez reflete na capacidade de suporte de uma pastagem. A redução da capacidade de suporte é um indicador primário de degradação de pastagens (DIAS-FILHO, 2015). Quando ocorre a degradação das pastagens fica economicamente mais caro a recuperação da produtividade daquelas, sendo mais recorrente a abertura de novas áreas para a implantação de pastagens (VEIGA et al., 2004).

Essa preocupação aumenta quando ocorre a queda da produtividade das pastagens e mesmo a degradação delas em estabelecimentos agrícolas familiares. Com poucos recursos, os agricultores muitas vezes não conseguem recuperar suas áreas de pastagens e, quando não há

mais área no estabelecimento agrícola para implantar novas pastagens, acabam por migrar para outras áreas (FEITOSA, 2003).

Em estabelecimentos agrícolas familiares, com atividade pecuária desenvolvida há mais de dez anos, observa-se uma alteração no modo de exploração das pastagens. O tipo de pastejo, que inicialmente era o contínuo, foi sendo modificado aos poucos até constituir o pastejo rotacionado com poucas divisões e período de ocupação longo (CARVALHO, 2007). Isto pode explicar por que os agricultores conseguem apresentar um crescimento do rebanho em seus estabelecimentos, uma vez que um dos objetivos da utilização do pastejo rotacionado é o aumento da taxa de lotação nas pastagens (ANDRADE, 2008).

Segundo SARMENTO et al. (2013), o pastejo rotacionado intensivo, com curtos períodos de ocupação (7 dias) e descanso das pastagens (dependendo da espécie forrageira) e altas taxas de lotação (+ de 2,5 UA/ha), visa o melhor aproveitamento da forragem e o aumento na produção animal, mas para agricultores familiares este tipo de pastejo, de forma intensiva, pode não ser adotado devido à maior necessidade de utilização de insumos. Embora o uso do fogo na implantação das pastagens apresente bons resultados nas condições químicas (imediatas) do solo, o seu uso contínuo reduz rapidamente os nutrientes do solo, seja pelo processo da queima ou por lixiviação (DIAS-FILHO, 2015). Este fato, segundo Medeiros (2004), tem forçado os agricultores a buscar formas de superar esse problema, principalmente quando a atividade pecuária é a atividade agrícola mais importante no estabelecimento.

Outro fator limitante para estabelecimento de pastagem no bioma Amazônico são características físicas, químicas e mineralógicas dos solos influenciam na produção das pastagens. A baixa fertilidade, na maioria dos solos da Amazônia, destaca-se como característica mais importante, sendo a deficiência de fósforo (P) limitante no estabelecimento e na manutenção da longevidade produtiva e sustentabilidade das pastagens. Os solos da Amazônia, em geral, também apresentam baixos níveis de matéria orgânica, que é a responsável pela vida no solo, além de fornecer nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) para as plantas, aumenta a retenção de água no solo, sendo responsável pela capacidade de troca de nutrientes, principalmente cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (k), evitando a perda desses por lixiviação. Os solos argilosos, em geral, fixam o P, sendo necessário aplicar quantidades maiores de adubos fosfatados para aumentar a disponibilidade deste nutriente para as plantas. Uma parte do fósforo aplicado nos solos argilosos é liberada lentamente, favorecendo a sua utilização pelas plantas perenes, como as pastagens (SERRÃO et al., 1982).

O uso inovador baseado em geotecnologias, tornam-se ferramentas fundamentais para o acompanhamento do uso do solo ao longo do tempo. Os sensores orbitais permitem o registro

e análise dos espectros eletromagnéticos, o que possibilita estimar, a produção agrícola a área plantada e até mesmo a degradação ambiental (RUDORFF; MOREIRA; ALVES, 2012), e tem sido apontado na literatura como ferramenta para identificação e mapeamento de pastagens degradadas (ROUSE et al. 1974, ANDRADE et al., 2013 e 2015; FERREIRA, 2015). Além do baixo custo de obtenção e capacidade de analisar grandes áreas, as informações espaciais possibilitam uma visão sinótica da superfície terrestre. Por meio de índices de vegetação normalizada NDVI, é possível determinar a condição fenológica da pastagem, em função da sua variação espectral correlacionada com parâmetros biofísicos. Identificar as pastagens degradadas e quantificá-las, torna-se fundamental para tomada de decisão das políticas agrícolas de uma região.

OBJETIVOS

1.1. Geral

Mapear áreas de pastagens e pastagens degradadas que poderão servir como base para tomada de decisão para futuras políticas públicas, agrícolas e ambientais na microrregião de Tomé-açu.

1.2. Específicos

- Produzir mapas temporais (2013, 2016, 2019), das pastagens degradadas nos municípios que compõem a microrregião de Tomé-Açu, para auxiliar em futuras decisões de uso sustentável dessas áreas de pastagens;
- Pesquisa de campo para avaliar o nível de técnica de manejo de pastagem praticada pelos pecuaristas;
- Capacitar agricultores visando o manejo racional de pastagem em um Dia de Campo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância da pecuária bovina a pasto na Região Amazônica

A pecuária bovina se apresenta como uma das principais atividades econômicas na Amazônia brasileira. Nas últimas décadas, essa atividade expandiu-se fortemente na região, representando 22% do rebanho nacional, algo em torno de 49 milhões de bovinos, (Scot Consultoria 2020). O Estado do Pará detém um rebanho de 21,8 milhões de bovinos, o quinto maior rebanho nacional (ADEPARÁ, 2020), que representa 26% do PIB paraense (FAPESPA, 2019).

A pecuária paraense possui alguns pontos favoráveis para o seu desenvolvimento, tanto pelo lado produtivo quanto mercadológico, isso por alinhar elementos como o clima, água abundante e terras com preços acessíveis aos aspectos logísticos de exportação. Essa configuração tem caracterizado o estado como a fronteira agrícola da Amazônia a ser superada (SEDAP, 2019).

O paradigma da sustentabilidade determina que a expansão da pecuária esteja associada ao menor desmatamento possível, ao mesmo tempo faz uso de tecnologias aplicadas ao aumento da produtividade. Assim, na Região Amazônica, o crescimento dessa atividade deve estar fundamentado na recuperação das áreas antropizadas e no manejo adequado das pastagens ainda produtivas (EMBRAPA, 2019).

Essa pecuária praticada na região amazônica tem importância por garantir papel social e econômico para pequenos agricultores que praticam uma criação de subsistência, fornecendo alimento e renda familiar fixando o homem no campo, e uma fonte de emprego na pecuária patronal, além, de fornecer proteína animal de qualidade consumida nos grandes centros urbano da região (DIAS-FILHO, 2014).

Dessa forma, a pecuária bovina na Amazônia deverá, de forma crescente, aumentar sua importância na economia agrícola nacional e no cenário internacional. Essa crescente importância da pecuária amazônica deverá estar baseada na intensificação racional da produção a pasto, buscando-se produzir mais carne ou leite em menores áreas de pastagem, com técnicas agrônomicas, ambientais, sociais e de bem-estar animal, ou seja, a pecuária a pasto na Amazônia deverá se profissionalizar (DIAS-FILHO, 2017). A base dessa profissionalização deverá ser o melhoramento das pastagens, mediante a reutilização das áreas já abertas, que atualmente se encontram improdutivas, ou com baixa produtividade, reduzindo o desmatamento e tornando a pecuária regional sustentável.

2.2. Pastejo e Degradação de Pastagens

As pastagens, incluindo pastagens nativas e pastagens semeadas (cultivadas), estão entre os maiores ecossistemas do mundo e contribuem para a subsistência de mais de 800 milhões de pessoas. Consideradas como fonte de bens e serviços, como alimentos, habitat de energia e vida selvagem, e também fornecem armazenamento de carbono e água e proteção de bacias hidrográficas para muitos dos principais sistemas fluviais. As pastagens são importantes para a conservação in situ dos recursos genéticos. De um total de 10.000 espécies, apenas 100 a 150 espécies de forragem foram cultivadas, mas muitas outras possuem potencial para uma agricultura sustentável (FAO, 2011). Abaixo segue o quadro de algumas cultivares de espécies forrageiras cultivadas no Estado do Pará (Quadro 1).

Quadro 1: Principais espécies forrageiras cultivadas no Estado do Pará.

Nome	Nome Científico
Marandu	<i>Brachiaria brizantha</i> Horchst. ex A. Rich
Piatã	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã
Xaraes	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Xaraes
Humidicola	<i>Brachiaria humidicola</i> Rendle
Mombaça	<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça
Capim-zuri	<i>Panicum maximum</i> cv. BRS Zuri
Massai	<i>Panicum maximum</i> cv. Massai

Fonte: Fonte: DIAS-FILHO, 2017.

As estimativas da proporção da área terrestre coberta por pastagens representam 26% da superfície terrestre e 70% da área agrícola mundial (FAOStat, 2011). No Pará, ela corresponde a 16 milhões de hectares ou 13% do território total do estado- dados de 2014. Desse quantitativo,

72% compreendem as áreas de pastos limpos, 16% de pastos sujos e 12% as áreas de regeneração com pasto. Somente o pasto limpo expandiu sua área em 39% de 2004 a 2014, e, quando observada a variação de 2012 para 2014, o incremento foi de 12% (TERRACLASS, 2014; FAPESPA, 2017).

A predominância de sistemas produtivos, baseados na utilização de pastagens é o sistema pastoril, onde o animal se alimenta da forragem a pasto (FONSECA; SANTOS, 2016). Este sistema garante um dos menores custos de produção do mundo, um produto de qualidade nutricional elevada (DALEY et al., 2010) e de crescente apelo mercadológico (DIAS – FILHO, 2015). O problema é que grande parte dos solos das pastagens brasileiras são de baixa fertilidade, não atendendo satisfatória e equilibrada mente à demanda dos nutrientes minerais essencial ao desenvolvimento da planta forrageira, (SANTOS; FONSECA, 2016), o que vem causando baixa produtividade e degradação das pastagens. Vale ressaltar que a degradação de pastagem está presente em todo território nacional e atinge pequenas, médias e grandes propriedades rurais.

A baixa produtividade é modelada pela degradação da pastagem (CEZAR et al., 2005). Uma pastagem degradada não produz o suficiente com base na necessidade de consumo diário de animais em produção. A degradação de pastagens tem contribuído para que a pecuária de corte apresente índices zootécnicos muito baixos a décadas (CORSI et al., 1996). Estabelecer critérios de degradação de pastagens pode estar relacionada aos aspectos relativos à região ou ao nível tecnológico da propriedade rural (DIAS - FILHO, 2015). Porém, alguns estágios de degradação são peculiares e podem ser prontamente identificados como o distúrbio fisiológico da espécie dominante, a mudança na composição botânica e a invasão de novas espécies, reduzindo a qualidade e a quantidade da pastagem que podem levar ao desaparecimento da espécie dominante e invasoras, comprometendo as condições de estabilidade do solo ou grau de erosão (NASCIMENTO JUNIOR, QUEIROZ, SANTOS 1994; NASCIMENTO et al., 2006).

Barcelos (1986), apresentou quatro estádios de degradação que variam entre 1 a 4. No grau 1 ocorre a redução de forragem, na qualidade, altura e volume durante a época de crescimento. No grau 2, há a diminuição na área coberta pela vegetação com pequeno número de plantas novas. No grau 3, ocorre a presença de invasoras de folhas largas e o início de processo erosivo pela ação das chuvas. E, maior estado de degradação - grau 4 - apresenta, em alta proporção, as espécies invasoras, o aparecimento de gramíneas nativas e os processos erosivos acelerados.

Spain e Gualdron (1991), propuseram seis estádios de degradação, variando de leve a muito forte, fundamentados em parâmetros visuais limitantes à produtividade das pastagens, como vigor, cobertura do solo, presença de plantas daninhas, cupinzeiros e formigueiros e sinais de erosão. Blanco Rodríguez (2010), fundamentado em estudo conduzido na Amazônia colombiana, sugeriu simplificar a classificação de Spain e Gualdron (1991), propondo três níveis de degradação (leve a moderada, forte e muito forte), usando os mesmos parâmetros do estudo original de Spain e Gualdron.

Com base nas diversas variações de degradação agrícola e biológica de ecossistemas de pastagens, observadas em diversas regiões nos diferentes biomas tropicais, Dias Filho (2015), propõe uma classificação alternativa de degradação (Tabela 1). Essa classificação contempla as propostas de estudos anteriores, mantendo ainda a característica de também contemplar parâmetros facilmente observados ou mensurados a campo e que sejam indicadores de perda da capacidade de suporte da pastagem.

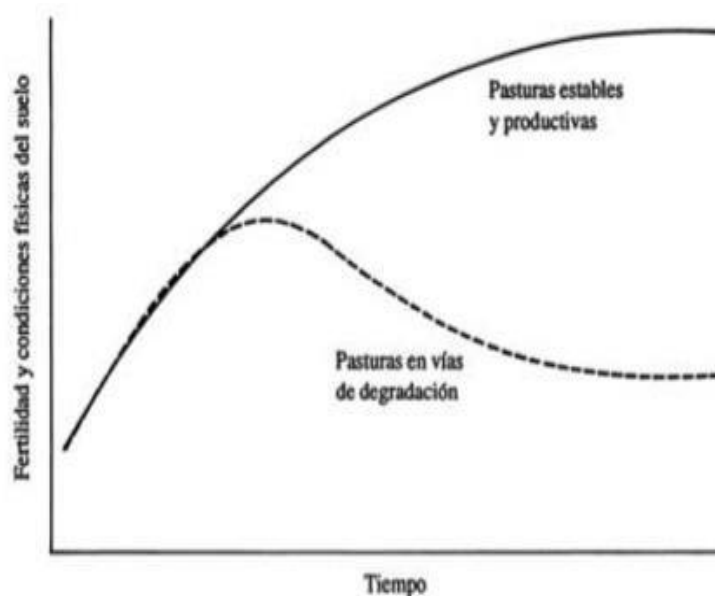
Tabela 1. Estádio de degradação (ED) de pastagens segundo parâmetros limitação, indicadores de queda na capacidade de suporte (QCS), e níveis de degradação (nível).

ED	Parâmetro limitante	QCS (%)	Nível
1	Vigor e solo descoberto	Até 20	Leve
2	Estádio 1 agravado + plantas invasoras	21 - 50	Moderada
3	Estádio 2 agravado ou morte das forrageiras (degradação agrícola)	51 - 80	Forte
4	Solo descoberto + erosão (degradação biológica)	> 80	Muito Forte

Fonte: Adaptado de DIAS-FILHO, 2015.

Uma pastagem degradada está em um processo evolutivo da perda do vigor e de produtividade e o sistema não se recupera naturalmente para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, bem como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais em razão de manejos inadequados (MACEDO; ZIMMER, 1993; MACEDO, 1995; ZIMMER et al., 2012). A figura 1 ilustra esse conceito.

Figura 1. Efeito de uma pastagem estável e outra instável na condição física e fertilidade do solo.



Fonte: SPAIN e GUALDRON, 1988.

Uma pastagem é considerada degradada ou em degradação dentro de uma amplitude de condições biológicas situadas entre dois extremos (DIAS-FILHO, 2006). Em uma ponta, a degradação se caracteriza pela mudança na composição botânica da pastagem, denominada de degradação agrícola, com o aumento de invasoras e diminuição na proporção de capim ou forrageiras. Neste caso, não há necessariamente, deterioração das propriedades físico-químicas do solo, que de acordo com o autor, é devido ao aumento da cobertura arbóreo-arbustiva da invasora. No outro extremo, ocorre a intensa diminuição da vegetação da área pela degradação biológica, provocada por razões de natureza química (perda dos nutrientes e acidificação), física (erosão e compactação) ou biológica (perda de matéria orgânica). Estes processos fazem com que o solo perca a capacidade de sustentar a produção vegetal significativa (Figura 2).

Figura 2. Representação simplificada do conceito de degradação de pastagens.



Fonte: DIAS-FILHO, 2015.

São vários os fatores que podem levar à degradação das pastagens, dentre eles destacam-se: a escolha incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação de manutenção e o manejo inadequado da pastagem, fatores bióticos como ataque de insetos pragas e patógeno, fatores abióticos como o excesso ou falta de chuvas ou drenagem deficiente do solo. A falha em alguns desses fatores pode acelerar o processo de degradação (DIAS-FILHO, 2015; PERON; EVANGELISTA, 2004; KICHEL; MIRANDA; ZIMMER, 1999).

2.3. Geotecnologia no mapeamento de áreas de pastagens

A identificação e o mapeamento avaliativo das condições das pastagens em escalas municipais, regionais e nacionais são etapas fundamentais para a formulação e o fortalecimento de políticas de apoio, bem como para a avaliação do efetivo cumprimento das metas acordadas. O que possibilita dimensionar de forma ampla e eficiente a magnitude do problema e com isso contribuir para o planejamento de ações corretivas e tomadas de decisões do pecuarista sobre a recuperação, o manejo e ou uso dessas terras (ANDRADE, et al., 2017).

A pesquisa com utilização de geotecnologia no mapeamento de pastagens degradadas no Brasil, está associada às técnicas de sensoriamento remoto, que através dos índices de vegetação normalizada NDVI, permite mapear áreas agrícolas e nível de condições fenológicas de vegetação (RUDORFF; MOREIRA; ALVES, 2012). Os valores obtidos com o NDVI são contidos em uma mesma escala de valores, entre - 1 e 1, de modo que quanto mais próximo do

1, maior indício de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior indício de presença de solos descobertos e rochas.

Pesquisas sobre pastagens por meio de sensoriamento remoto têm sido realizadas com o intuito de avaliar processos de degradação, espacialização de áreas plantadas em níveis territoriais, avaliação nutricional, cálculo de índice de área foliar, concentração de nitrogênio foliar, identificação de espécies, ataques de pragas e etc. Percebe-se, assim, ampla gama de possibilidades de estudos a serem realizados e que o mapeamento dos graus de degradação das pastagens por meio de sensoriamento remoto é viável. Diversos autores vêm realizando estudos nesse sentido e com diferentes abordagens e alguns de seus trabalhos serão discutidos a seguir.

Aguiar et al. (2010) utilizou séries temporais do sensor Modis para avaliar pastagens, distinguindo pastagens com plantas invasoras e pastagens em bom estado, porém sem diferenciar pastagens com cupins e solo nú de outras classes de pastagem. Santana et al. (2010) modelaram para a pastagem as mudanças fisionômicas a partir de dados do NDVI-MODIS para a bacia do rio Paracatu.

Andrade et al. (2014) mostraram ser possível o monitoramento das áreas pastagens cultivadas no cerrado goiano a partir de imagens MODIS e da análise histórica entre os anos de 2001 a 2009 com base na aplicação do índice de vegetação EVI.

Risso (2012), avaliando o desempenho do EVI e do NDVI para discriminar áreas de soja das de cana de açúcar, pastagem, cerrado e floresta obtiveram melhor desempenho na discriminação da soja na entressafra enquanto o EVI obteve melhor atuação no período pleno de desenvolvimento da cultura.

Andrade et al. (2017) diferenciou três níveis de degradação em pastagens utilizando uma imagem do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat-5 e posteriormente identificou cerca de 18,4 milhões de hectares em pastagens plantadas no cerrado com algum indicativo de degradação utilizando o NDVI do sensor SPOT Vegetation no bioma Cerrado (ANDRADE, 2017).

Abdon et al. (2018), diferenciou quatro níveis de degradação de pastagens no período de 1990 a 1992, utilizando imagens do sensor Landsat-5, através de cálculos de NDVI e cobertura vegetal de pastagem CVP, no Assentamento Rural Ilha do Coco, município de Nova Xavantina - MT.

3.4.1. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto (SR) é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados – da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou

emitida pela superfície. O termo sensoriamento refere-se à obtenção de dados por meio de sensores instalados em plataforma terrestre, aéreas (balões e aeronaves), e orbitais (satélites artificiais). O termo remoto, que significa distante, é feito à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e o objeto na superfície terrestre (FLORENZANO, 2013), ilustrado na figura 3.

Figura 3: Ilustração de obtenção de imagens por sensoriamento remoto.



Fonte: FLORENZANO, 2013.

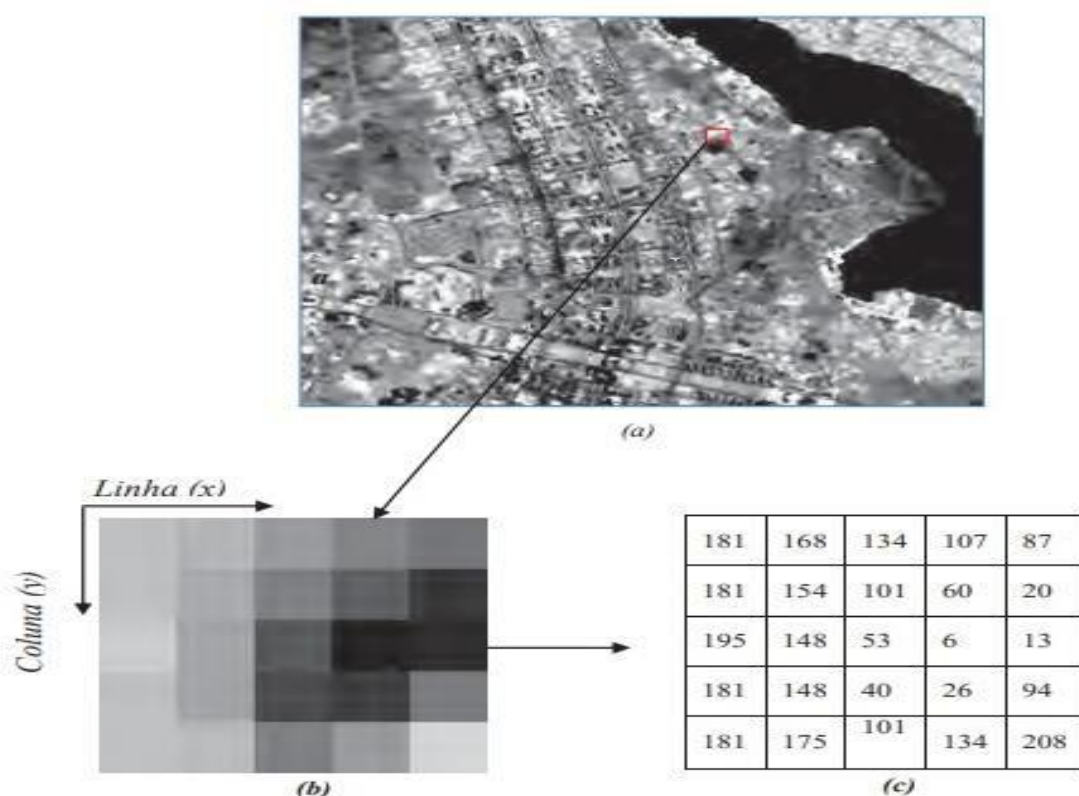
Pelo princípio da conservação da energia, quando a radiação eletromagnética REM incide sobre a superfície de um material, parte dela será refletida por esta superfície, parte será absorvida e parte pode ser transmitida, caso a matéria possua alguma transparência. A soma desses três componentes (Reflectância, Absorbância e Transparência) é sempre igual, em intensidade, à energia incidente (NOVO, 2008).

Os sensores remotos medem as intensidades do espectro eletromagnético e, com essas medidas pode-se obter imagens nas regiões do visível (azul, verde e vermelho) e no intervalo do infravermelho. A intensidade de cada intervalo de radiação eletromagnética refletida é determinada pelo comprimento de onda e sua frequência. As imagens coletadas por sensores remotos possuem algumas características que as diferenciam de outras imagens digitais e que

são necessárias para entender os fundamentos do processamento digital, são elas: a estrutura e a resolução (NOVO, 2008).

A estrutura das imagens de sensoriamento remoto é constituída por um arranjo de elementos sob a forma de matriz, de dimensões “x” linhas por “y” colunas, com cada elemento possuindo um atributo z (nível de cinza). O nome dado a cada célula da matriz é pixel, derivado do inglês “picture element”. O nível de cinza de um pixel, (ou DN, de “digital number”) corresponde sempre à média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel (MENESES; ALMEIDA, 2012), ilustrado na figura 4.

Figura 4: Pixel e a resolução na imagem digital.



Fonte: MENESES e ALMEIDA, 2012.

A resolução é a limitação operacional de um sistema de SR para produzir uma imagem nítida e bem definida. Existem quatro resoluções que permitem diferenciar os produtos ou imagens geradas pelos diferentes sensores a bordo de satélites. Cada sistema sensor tem uma capacidade de definição do tamanho do pixel, que corresponde à menor parcela imageada.

A resolução espacial é a distância mínima entre dois objetos que um sensor pode distinguir no terreno e é expressa em metros (resolução terrestre), ou em radianos (resolução do sensor). Quando um sistema possui uma resolução de 30 metros, significa que objetos distanciados entre si menos que 30 metros não serão, em geral, discriminados pelo sistema.

Assim, quanto menor a dimensão do pixel, maior é a resolução espacial da imagem, ou seja, maior o seu poder de distinguir entre objetos muito próximos (NOVO, 2008).

A resolução espectral se refere ao número ou largura das bandas espectrais que o sensor pode discriminar. Quanto mais estreita for a largura de faixa ou banda em que opera um determinado sensor ou quanto maior o número de bandas nele existente, maior é a resolução espectral (CHUVIECO; SALAS, 1996).

A resolução temporal é o intervalo de tempo em que o satélite analisa uma mesma área do terreno para obter duas imagens consecutivas da mesma região sobre a terra. A periodicidade com que o sistema sensor adquire imagens da mesma porção da superfície terrestre varia de acordo com as características orbitais do satélite como altura, velocidade e inclinação e o ângulo total de abertura do sensor. Enquanto satélites meteorológicos demandam informações em curtos períodos de tempo, os satélites de recursos naturais oferecem maior periodicidade, pois não estão coletando informações de fenômenos tão dinâmicos.

O sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento permitem a elaboração dos índices de vegetação que operam com os níveis de reflectância dentro dos comprimentos de ondas eletromagnéticas das faixas espectrais, permitindo distinguir a vegetação através de seu registro fotossintético por meio de técnicas aplicadas aos níveis orbitais, utilizando sensores multiespectrais e hiperespectrais (DE SANTANA; GALVÍNCIO, 2013).

3.4.2. O índice de vegetação NDVI

O NDVI foi desenvolvido por Rouse et. al (1974) com o objetivo de mensurar quantitativamente as características da vegetação. Os índices de vegetação são indicadores utilizados para medir o vigor e a saúde da vegetação e usualmente são obtidos a partir de informações coletadas por sensores remotos embarcados em satélites, que captam a reflexão da luz solar em várias faixas de comprimentos de onda – as chamadas bandas espectrais. Os índices de vegetação são calculados a partir de combinações entre estas bandas, principalmente entre aquelas situadas nas regiões do vermelho (Red) e do infravermelho próximo (Near Infrared – NIR) (Abdou et al. 1996).

Segundo (NASA/NDVI), a clorofila, que é o pigmento das folhas das plantas, absorve um grande percentual da luz visível (intervalo de 400 a 700 nm) e reflete uma grande parte da radiação na faixa do infravermelho próximo (intervalo de 700 a 1100 nm). O NDVI, um dos índices de vegetação mais utilizados, tem valores no intervalo de $[-1, +1]$ e é calculado a partir

dos valores de reflexão da luz nas bandas Red e NIR, de acordo com a equação 1, e ilustrado na figura 5.

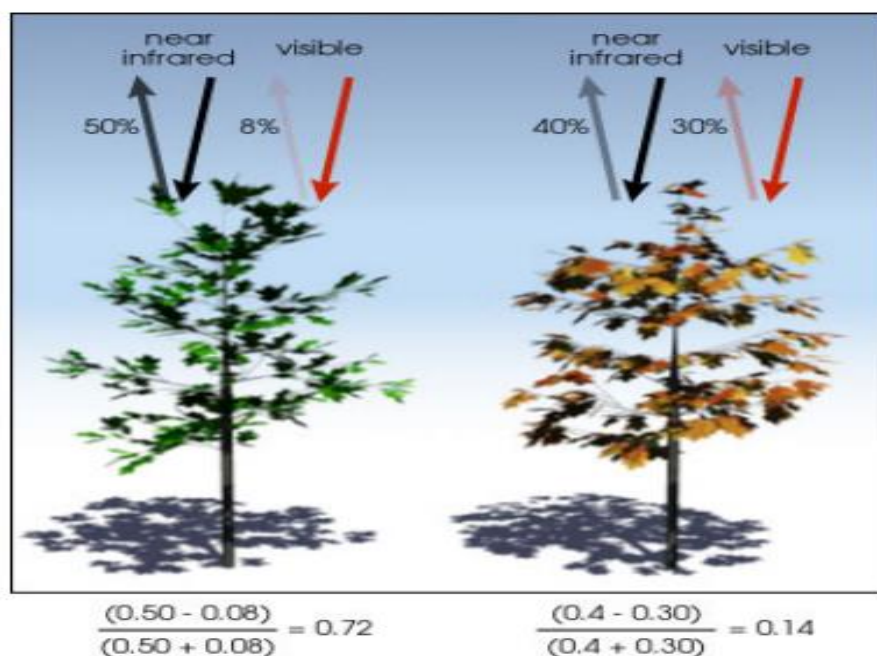
$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

Em que:

NIR = refletância na banda do infravermelho próximo; e

R = refletância na banda do vermelho.

Figura 5. Representação clássica cálculo NDVI. Fonte (NASA/NDVI)



Fonte (NASA/NDVI)

2.3.1. Sensor OLI LANDSAT 8

O satélite Landsat-8, lançado em 2013, aprimorou a capacidade de imagem desta série, apresentando novas faixas espectrais nas faixas de infravermelho, azul e de onda curta (SWIR), além de melhorar a relação sinal/ruído do sensor e a resolução radiométrica das imagens. O sensor Operational Land Imager (OLI) fornece imagens ópticas com 30 m de resolução espacial (Quadro 2), faixa imageada de 185 km, oito bandas espectrais e dezesseis dias de resolução temporal (ZHU; WOODCOCK, 2014; SOTHE et al., 2017).

Quadro 2: configurações do sensor Operational Land Imager (OLI).

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) AZUL COSTEIRO	0.43 - 0.45 μm	30 m	16 dias	170 x 183 km	16 bits
	(B2) AZUL	0.45 - 0.51 μm				
	(B3) VERDE	0.53 - 0.59 μm				
	(B4) VERMELHO	0.64 - 0.67 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.85 - 0.88 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.57 - 1.65 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.11 - 2.29 μm				
	(B8) PANCROMÁTICA	0.50 - 0.68 μm	15 m			
	(B9) CIRRUS	1.36-1.38 μm	30 m			
	(B10) INFRAVERMELHO TERMAL	10.6-11.19 μm	100 m			
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B11) INFRAVERMELHO TERMAL	11.5-12.51 μm	100 m			

Fonte: LANDSAT 8, 2013.

2.3.2. Sensor Sentinel 2

O Sentinel-2 (S-2) é um sensor multiespectral de resolução espacial média produzido pela Agência Espacial Europeia (ESA). O S-2 possui um sensor com 13 bandas espectrais, de alta e média resolução espacial (10, 20 e 60 m) e resolução radiométrica de 12 bits (ESA, 2018), sendo capaz de alcançar alta resolução temporal (10 dias ou então 5 dias com dois satélites) que garante a continuidade dos dados necessários para o monitoramento global da terra (VAN DER MEER et al., 2014). Quadro 3 com características do Sentinel 2.

Quadro 3: Configurações do sensor sentinel-2 (S-2).

Resolução	Nr da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nanômetro)	Combinações de Bandas
10 m	B02	Blue (Azul)	490	Cor Verdadeira RGB 04/03/02 Falsa Cor 1 e 2 RGB 08/04/03 e 04/08/03
	B03	Green (Verde)	560	
	B04	Red (Vermelho)	665	
	B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842	
20 m	B05	Red Edge 1	705	SWIR 1 RGB 12/11/8A
	B06	Red Edge 2	740	
	B07	Red Edge 3	783	
	B08A	Red Edge 4	865	
	B11	SWIR 1	1610	
	B12	SWIR 2	2190	
60 m	B01	Aerossol	443	—
	B09	Water Vapor	940	
	B10	Cirrus	1375	

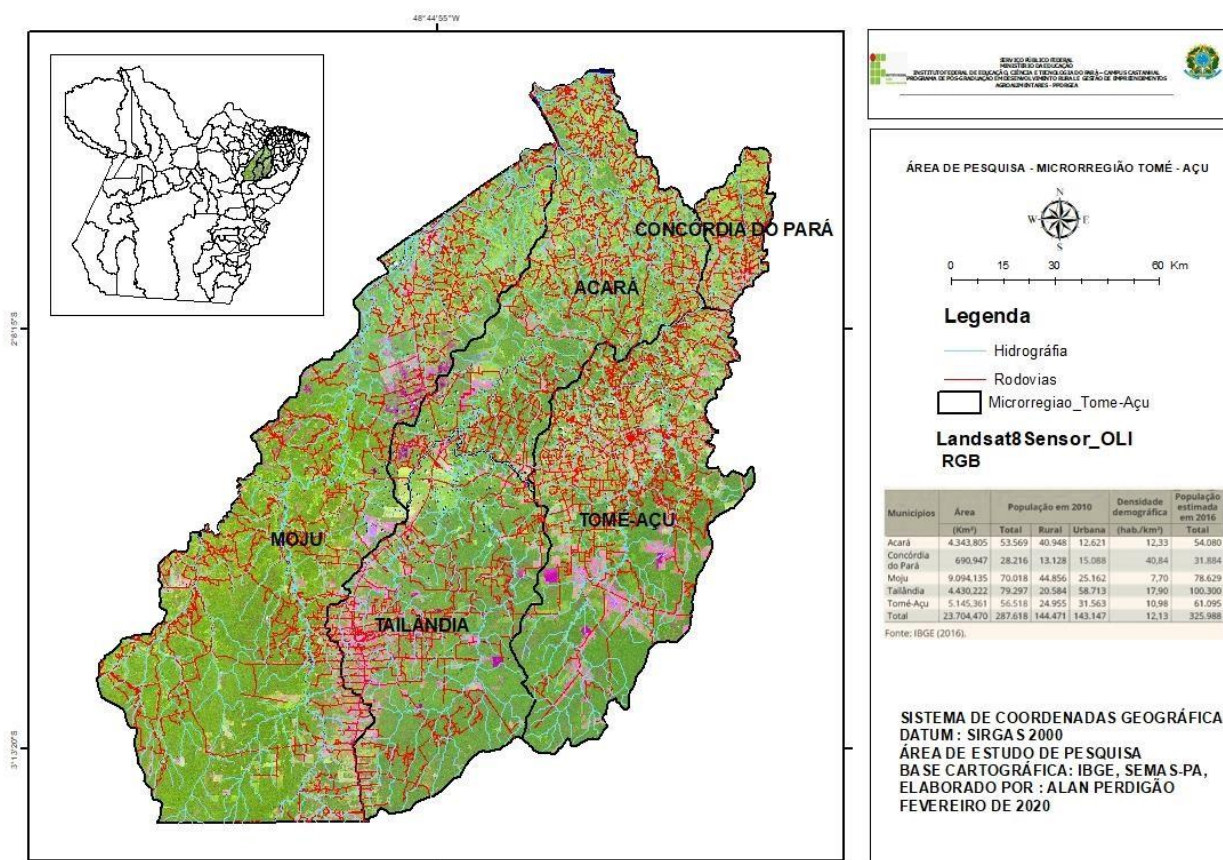
Fonte: Agência Espacial Europeia, 2018.

3. MATERIAS E MÉTODOS

3.1. Localização da pesquisa

A pesquisa foi realizada na microrregião de Tomé Açu, localizado na mesorregião do nordeste paraense composto por cinco municípios: Acará, Concórdia do Pará, Moju, Tailândia e Tomé – Açu, (Figura 6). Para identificar as áreas das pastagens na superfície da área de estudo no intuito de correlacionar com os índices de vegetação normalizada (NDVI), com os atributos químicos do solo, e com avanços de arbustos em áreas de pastagem, para classificá-las em estágio de degradação. A seguir, a tabela 2 apresenta algumas informações relevantes acerca dessas regiões.

Figura 6: Microrregião de Tomé-açu, nordeste paraense.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2020.

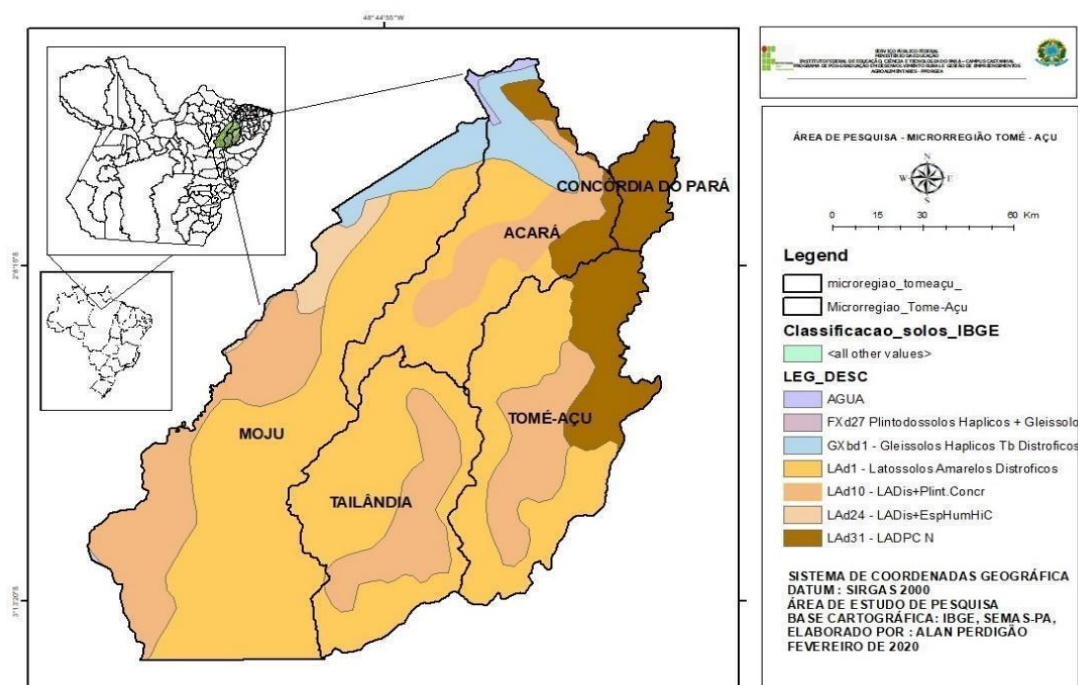
Tabela 2: Microrregião de Tomé-açu, nordeste paraense.

Municípios	Área	População em 2010			Densidade demográfica (hab. Km ²)	População Estimada em 2016
		Total	Rural	Urbana		Total
Acara	4.343,8	53.569	40.948	12.621	12,33	54.080
Concórdia do Pará	690,9	28.216	13.128	15.088	40,84	31.884
Moju	9.094,1	70.018	44.856	25.162	7,70	78.629
Tailândia	4.430,3	79.297	20.955	58.713	17,90	100.300
Tomé Açu	5.145,3	56.518	24.955	31.563	10,98	61.095
Total	23.704,4	287.618	144.471	143.147	12,13	325.988

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2020.

De acordo com a classificação climática de Koppen, o clima da região é do tipo Am e Af, com precipitação variando de em média anual entre 1700 a 3000 mm de chuvas com maior intensidade de novembro a maio (IBGE, 2014). Os solos da microrregião são classificados como Latossolo Amarelo Distrófico, Pintosolo Haplicos, Gleissolos Haplicos (EMBRAPA, 2010) disposto na figura 7.

Figura 7: classificação dos solos da microrregião de Tomé-açu.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2020.

3.2. Método da pesquisa

A pesquisa realizada foi de natureza exploratória, com abordagem qualitativa e quantitativa, pois se buscou informações técnicas para a solução de problemas concreto do meio pecuário, mapeando as áreas de pastagens degradadas, através das técnicas do geoprocessamento. Outra forma metodológica da pesquisa, foi por meio de levantamento bibliográfico e pesquisa de campo, a fim de conhecer as técnicas de manejo e formação de pastagem através de entrevista.

3.3. Dados Utilizados

A série temporal de pastagens degradada estudada compreende aos anos 2013, 2016 e 2019, que corresponde um período de 6 anos são produtos do satélite Landsat 5, sensor TM, Landsat 8 sensor OLI e Sentinel 2 (Tabela 3).

Tabela 03: Quadro de imagens de satélites utilizadas na série temporal.

Satélites	Ano	Bandas	Resolução radiométrica
LANDSAT	2013/2013	3 RED – 4 NIR – 5	8 bits
LANDSAT	2013	3 RED – 4 NIR – 5	8 bits
SENTINEL	2019	4 RED – 8 NIR – 2	10 bits

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2020

As imagens Landsat 5 e 8 foram obtidas no endereço eletrônico <http://earthexplorer.usgs.gov/>. As mesmas foram submetidas por etapas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e técnicas de geoprocessamento necessárias para geração de dados, sendo reprojatadas para o sistema de referência geodésico brasileiro SIRGAS 2000. O arquivo shapefile da microrregião de Tomé Açu foi obtido no site, <http://www.downloads.ibge.gov.br>.

3.4. Processamento Digital

3.4.1. Mapeamento dos pontos de controle para identificar pastagens degradadas

Para uma investigação do comportamento do pixel foram usados dados de campo gerados, e os do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG, disponibilizado no Atlas Digital das Pastagens Brasileiras, que foram coletados no período de 2015 a 2019, além do uso auxiliar de imagens do satélite Sentinel-2, devido à sua melhor resolução espacial, de 10 metros das bandas necessárias para o cálculo do NDVI mediano usado. E para a delimitação da área de estudo a apenas pixels correspondentes à classe de uso do solo.

Os pontos de controle foram feitos a campo com uso de GPS de navegação, no formato de Grau Minuto e Segundo, e DATUM SIRGAS 2000, na visita de campo foi feito uma entrevista com proprietário, preenchido em formulário em Anexo, onde foi anotado o nível de degradação conforme estágio de degradação da pastagem conforme tabela proposta por Dias-Filho (2014), os pontos de controle foram feitos nos municípios de: Acará, Concórdia do Pará e Tomé-Açu, e serviram como apoio na identificação após processamento das imagem.

Os pontos de controle foram descarregados no software Trackmaker, salvos no formato kml, Keyhole Markup Language, e transportados para o software e foram transformados no formato shp Shapfile.

3.4.2. Composição RGB

Após a realização da correção/conversão dos produtos Landsat, realizou-se a composição colorida RGB para a criação de uma imagem multiespectral capaz de permitir a identificação dos alvos terrestres e represente o comportamento espectral dos mesmos. Esse comportamento pode ser definido como o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como assinatura espectral (MORAES, 2002).

Portanto, foram utilizadas a combinações 6, 5, 4 para a imagem Landsat 8 OLI e 5,4,3 para o Landsat 5 TM indicadas para análise de vegetação (BUTLER, 2013; USGS, 2016). E composição 4, 3, 2 para a imagem Sentinel 2.

3.4.3. Georreferenciamento das Imagens Multiespectrais.

Por conseguinte, realizou-se o georreferenciamento das três imagens multiespectrais (anos 2013, 2016 e 2019) através de pontos de controle, que são pontos da superfície terrestre que podem ser perfeitamente identificados tanto no terreno, quanto na imagem de sensoriamento remoto, cujas coordenadas planialtimétricas tenham sido precisamente medidas no terreno (IBGE, 2015).

Os pontos utilizados no georreferenciamento foram obtidos na base do INCRA SIGEF, disponível eletronicamente no site <https://sigef.incra.gov.br/>, e na base do SIAPEC 3, plataforma de gestão de controle sanitário da ADEPARA, onde estão cadastradas as propriedades rurais com atividade pecuária.

3.4.4. Validação das classificações.

O classificador usado foi o Random Forest, um algoritmo baseado em árvores de decisão que é amplamente usado e eficiente em diversas aplicações (TRIPATHI, 2021), com 80 árvores de decisão e para a coleta das amostras de treino, foi analisado o comportamento dos pixels correspondentes aos pontos de campo, de maneira que se pôde estudar os valores de NDVI e SWIR1 para uma pastagem que está degradada ou não. Sendo assim, foram coletados 80 pontos,

40 para pastagem degradada e 40 para não degradada, e desse valor total, 70% foi usada para o treino do classificador e outros 30% para a avaliação da classificação.

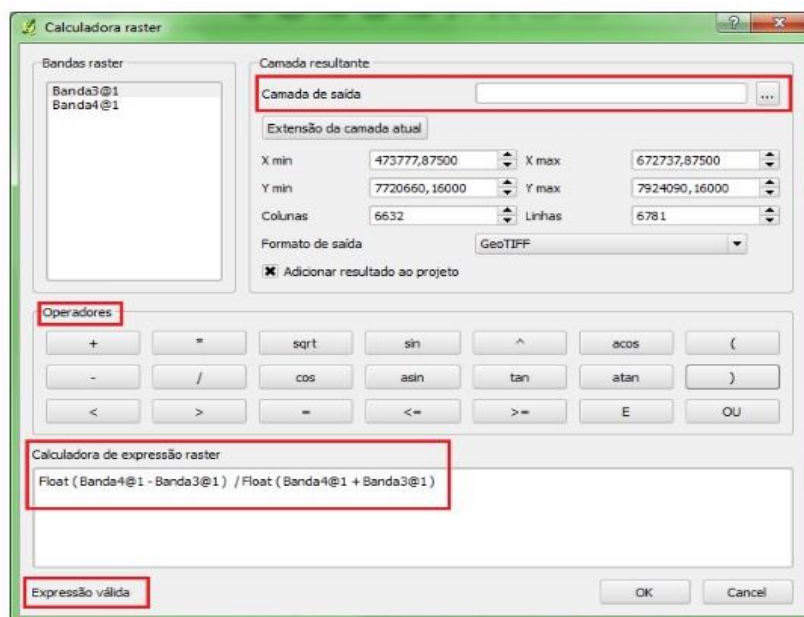
Para se determinar se a classificação foi boa, a Matriz de Confusão, a Acurácia Global e coeficiente Kappa podem ser usados como uma métrica eficiente de avaliação da performance da classificação (HUANG et al., 2018; LEWIS; BROWN, 2001). Para cada ano de estudo foi calculado então o índice Kappa e a Acurácia Global, a partir da Matriz de Confusão, valores estes que se aproximaram de 0,9 e 94% para os 3 anos de estudo, resultados estes considerados satisfatórios.

3.4.5. Classificação NDVI

Nesta pesquisa foram utilizadas imagens captadas pelo sensor OLI Landsat 8, nos pontos orbital: 223/61, 223/62, 224/62 e 224/62, para cálculos do NDVI, ao longo do período de aplicação da pesquisa, que possibilitaram analisar e identificar os padrões de refletância das pastagens degradadas.

O NDVI que é definido pela seguinte equação $NDVI = (\text{Infravermelho Próximo} - \text{Vermelho}) / (\text{Infravermelho Próximo} + \text{Vermelho})$, que para as bandas de Landsat 8 Será $NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4)$. (Figura 8).

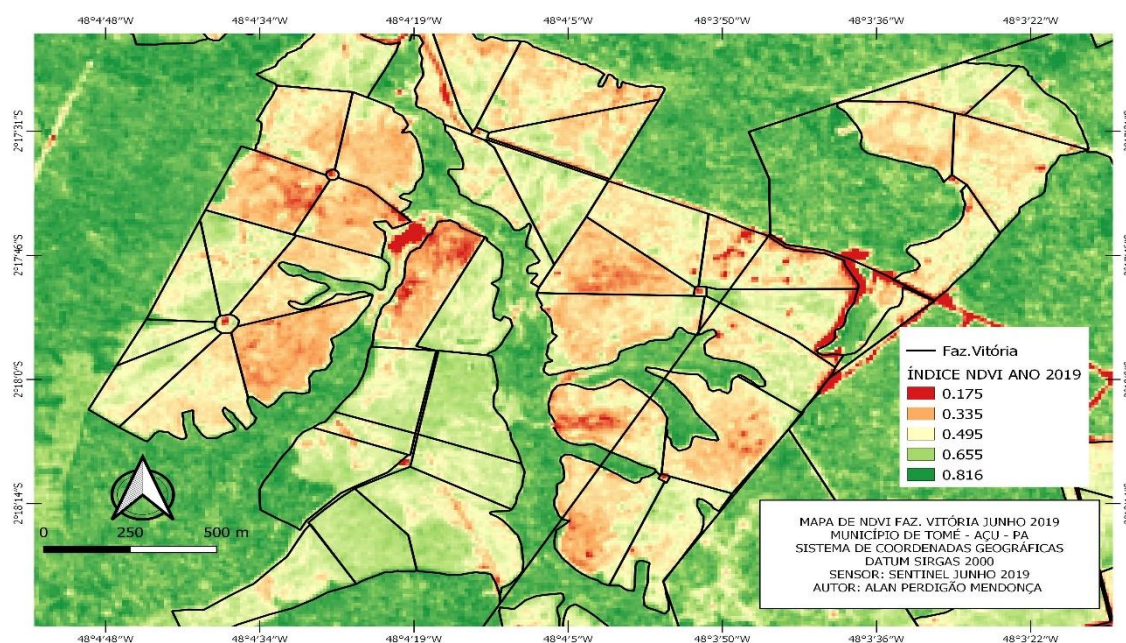
Figura 8: Fórmula do cálculo do NDVI, na Ferramenta Calculadora de Raster.



Fonte: Software Qgis 3.4.

Os valores obtidos com o NDVI foram contidos em uma mesma escala de valores, entre -1 e 1, de modo que quanto mais próximo do 1, maior indício de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior indício de presença de solos descobertos e rochas. O SIG utilizado nas análises desta etapa com imagens do Sensor OLI Landsat 8 e Sentinel, foi o software livre QGIS 3.16 Hannover. (Figura 9).

Figura 9: Análise de pastagem da Faz. Vitória por NDVI, junho de 2019.



Fonte: Elaborado pelo Autor. 2019.

Após gerado índices de NDVI foram feitas as próximas etapas de segmentação da imagem para identificar as áreas de pastagem pelo método proposto por Gao et al. (2006). Segundo estes autores, o cálculo da Cobertura Vegetal de Pastagem, existe uma relação linear entre o NDVI e o CVP, que é obtida por meio da equação:

$$CVP = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) * 100\%$$

Em que,

NDVI = Índice Vegetal por Diferença Normalizada;

NDVI_s = é o menor valor de NDVI encontrado entre os pixels representativos de área com solo exposto; e

NDVI_v = é o maior valor de NDVI encontrado entre os pixels de área de pastagem.

Os valores de CVP são enquadrados em cinco classes de degradação, como podem ser observados na Tabela 4 a seguir:

Quadro 4: Valores de classificação da cobertura vegetal de pastagem – CVP.

1	Não Degradada	$CVP > 90\%$
2	Levemente Degradada	$90 \geq CVP > 75\%$
3	Moderadamente Degradada	$75 \geq CVP > 60\%$
4	Seramente Degradada	$60 \geq CVP > 30\%$
5	Extremamente Degradada	$CVP \leq 30\%$

Fonte: GAO et. al., 2006.

3.5. Pesquisa de campo entrevista para avaliar técnicas de manejo de pastagem praticada pelos pecuaristas

A etapa de pesquisa de campo teve como finalidade avaliar o grau de técnicas agronômicas no cultivo e manejo das pastagens, praticada pelos pecuaristas. Segundo (DIAS FILHO, 2017), O manejo preventivo é a forma mais eficaz para evitar a degradação da pastagem. Assim, quando o manejo da pastagem é feito profissionalmente, desde a sua formação, isto é, quando o produtor faz o controle rotineiro da taxa de lotação (número de animais por área de pasto), analisa anualmente o solo, faz a manutenção periódica da sua fertilidade e controla as plantas daninhas e insetos-praga, pastagem produtiva passa a ser o cenário dominante na propriedade rural.

Foram entrevistados de forma aleatória 11 pecuaristas localizados nos municípios da área de estudo. O questionário foi formulado com 13 perguntas diretas que envolve práticas e manejo de pastagem, após finalização das entrevistas as informações foram tabuladas para análise estatística.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação das Classificações das pastagens degradadas e não degradadas para o ano de 2013, 2016 e 2019.

Para os anos de 2013, 2016 e 2019 utilizando imagem do sensor Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI e Sentinel 2, os resultados do índice Kappa e a Acurácia Global, a partir da Matriz de Confusão, variaram entre os valores 0,86 e 0,95, resultados estes considerados satisfatórios, sendo um índice que retrata o grau de concordância dos dados, gerados, assim, um aspecto de confiabilidade e precisão dos dados classificados (PERROCA e GAIDZINSKI, 2003). O resultado obtido pelo coeficiente kappa, varia no intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1, melhor a qualidade dos dados classificados. Vários são os índices para agrupar esses dados quantitativos para qualitativos, entre eles, pode ser destacado o de Fonseca (2000), conforme destacado na Tabela 5.

Tabela 4. Agrupamento qualitativo do coeficiente kappa.

Índice Kappa	Desempenho
<0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Fonseca (2000).

O Quadro 4 apresenta os resultados das Matrizes de Confusão e dos índices de Kappa gerados para a classificação da imagem para os anos de 2019, 2016 e 2013, os resultados obtidos são classificados como excelente conforme tabela de classificação proposta por Fonseca (2000).

Quadro 5. Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI e Sentinel 2.

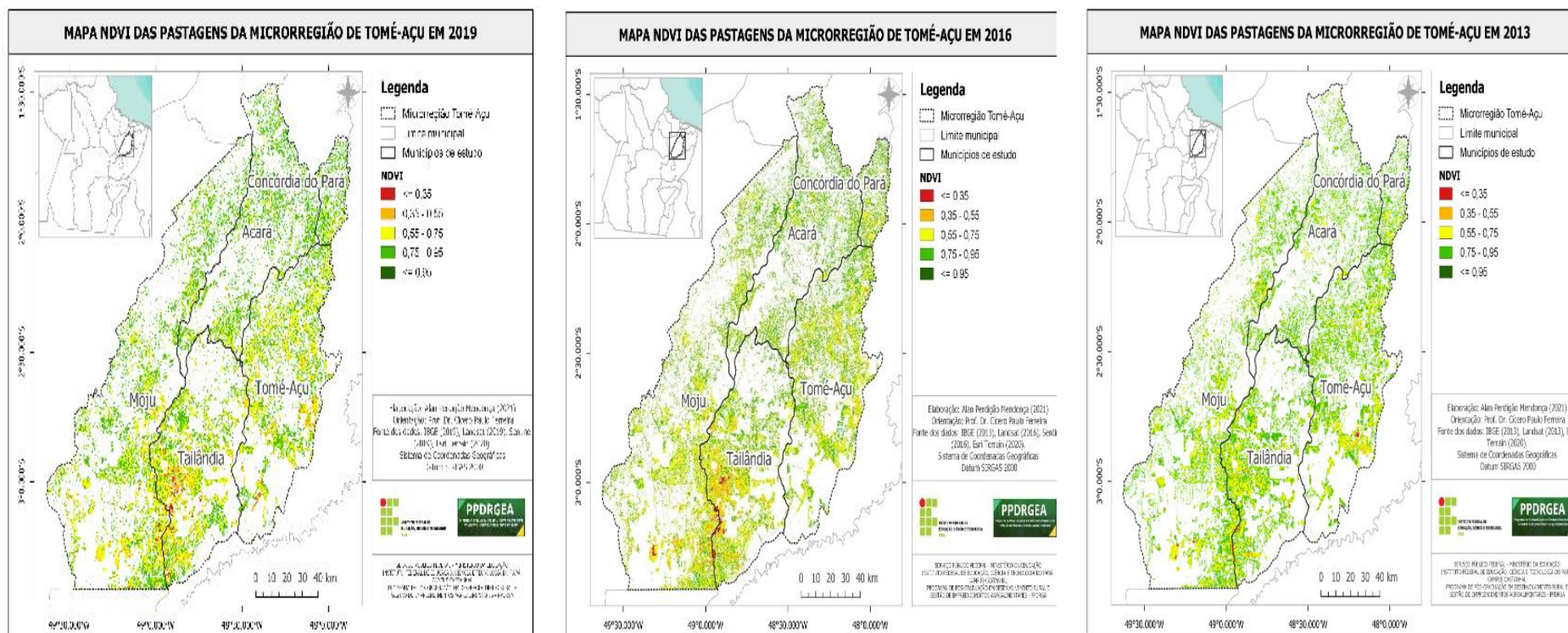
2019			2016			2013		
	não degradado	degradado		não degradado	degradado		não degradado	degradado
não degradado	13	1	não degradado	9	2	não degradado	12	2
degradado	0	17	degradado	0	24	degradado	0	26
Acurácia Global:			Acurácia Global:			Acurácia Global:		
Kappa:			Kappa:			Kappa:		
0.96			0.94			0.95		
0.93			0.86			0.89		
Inspector	Console	Tasks	Inspector	Console	Tasks	Inspector	Console	Tasks
Confusion Matrix	350N	350N	Confusion Matrix	350N	350N	Confusion Matrix	350N	350N
*[[0,0,0],[0,13,1],[0,0,17]]			*[[0,0,0],[0,9,2],[0,0,24]]			*[[0,0,0],[0,12,2],[0,0,26]]		
‣ 0: [0,0,0]			‣ 0: [0,0,0]			‣ 0: [0,0,0]		
‣ 1: [0,13,1]			‣ 1: [0,9,2]			‣ 1: [0,12,2]		
‣ 2: [0,0,17]			‣ 2: [0,0,24]			‣ 2: [0,0,26]		
Overall Accuracy	350N	350N	Overall Accuracy	350N	350N	Overall Accuracy	350N	350N
0.967741935483871			0.9428571428571428			0.95		
Kappa	350N	350N	Kappa	350N	350N	Kappa	350N	350N
0.9344688879492601			0.8605577689243028			0.88636363636362		

Fonte: Autor (2021).

5.2 Quantificação e mapeamento das áreas de pastagens degradadas e não degradadas para o ano de 2013, 2016 e 2019

Com a classificação realizada, converteu-se a informação classificada para um formato vetorial (polígono), pois, a informação encontra-se em formato raster. Esse processo foi realizado no Qgis, na caixa de ferramenta raster, converter raster para polígono, Figura 10.

Figura 10. Resultados de NDVI para os anos de 2019, 2016 e 2013.



Dessa etapa resultou uma coleção de imagens nas quais foi calculado o índice NDVI para todos os rasters. E partindo desse índice, utilizou-se uma análise baseada em percentil, de 25, 50 e 75, obtendo-se assim, dados sobre o valor da mediana do índice para os menores valores (percentil de 25%), medianos (percentil de 50%), e dos maiores valores (percentil de 75%), estas estatísticas foram calculadas com base no uso em pesquisas já realizadas por PARENTE & FERREIRA (2018), que analisou a dinâmica de pastagens com imagens do MODIS.

PARENTE (2017), que investigou o estado de pastagens brasileiras com imagens do Landsat8. A partir desses dados, foram gerados mosaicos com os pixels (de toda a coleção), correspondentes aos percentis dados. Esta etapa resultou em 3 mosaicos diferentes: maiores valores de NDVI; valores medianos de NDVI; e menores valores de NDVI, os quais foram empilhados, gerando uma nova imagem com 3 bandas. Somado à essas 3 bandas, os valores medianos da coleção da banda SWIR1, também foram acoplados, visando ter maior precisão na classificação. Essa nova imagem foi por fim recortada com base na máscara gerada a partir da extração da classe “Pastagem” do Mapbiomas, delimitando-se assim o estudo somente às áreas de pasto já mapeadas pelo Projeto, de cada ano.

As áreas de pastagem foram quantificadas por município nas classes pastagens degradadas e não degradadas, e comparados com resultados já pesquisados pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG, disponibilizado no Atlas Digital das Pastagens Brasileiras. Figura 11. E com dados do INPE, executado pelo Monitoramento do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal – TerraClass Amazônia.

ALMEIDA et al., (2019) em trabalho de mapeamento de pastagem degrada corresponde a uma região de pastagens cultivadas no Vale do Paraíba, no município de Valença, no Estado do Rio de Janeiro. Usou a serie temporal de NDVI do sensor Sentinel e obteve resultado satisfatório com a técnica.

Os resultados das áreas de pastagem mapeada foram organizados na Tabela 6, onde foi organizado por período de ano e comparado com resultados do LAPIG e INPE, sendo que o trabalho de mapeamento do TerraClass foi comparado apenas o resultado de 2014.

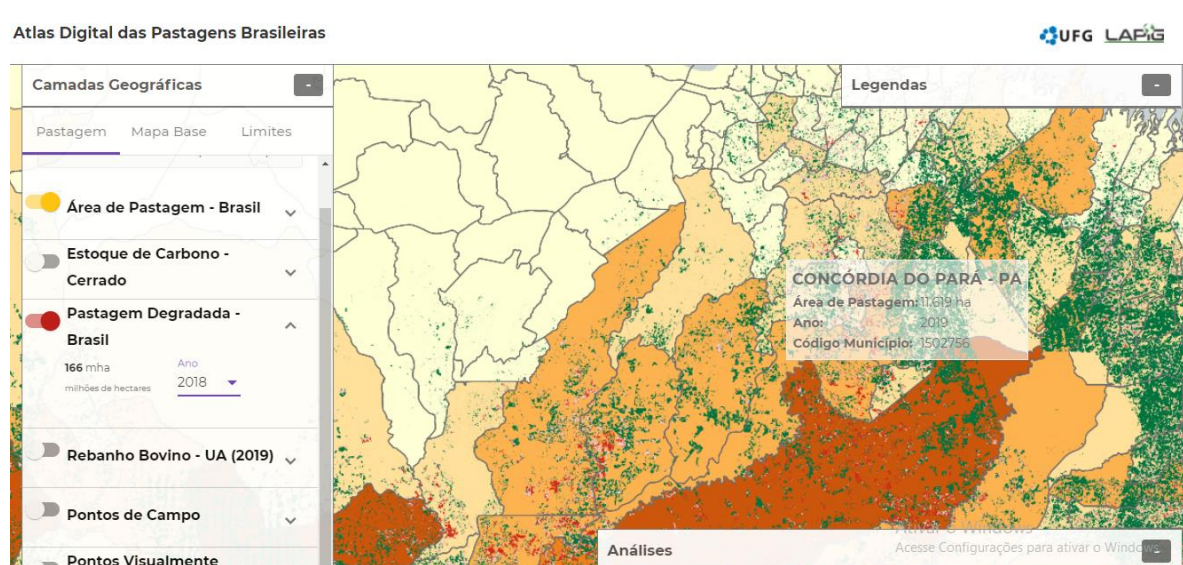
Tabela 5. Comparação de áreas mapeadas de pastagem em km² LAPING, Terra Class e da pesquisa de estudo.

Município	Área de pastagem Km2 Lapig			Área de pastagem pesquisa em Km2			Área pasto sujo /pasto limpo Terra Class	
	2013	2016	2019	2013	2016	2019	2014	
Acará	599,19	406,45	421,27	977,59	1.116,94	1.167,61	857,2	
Concórdia do Pará	155,6	128,19	116,19	246,08	308,6	292,65	228,5	
Moju	1.622,29	1.662,52	1.741,37	2.308,58	2.406,92	2.392,85	1.935,2	
Tailândia	1.357,39	1.309,89	1.299,13	1.568	1.688,64	1.639,92	1.785,6	
Tomé - Açu	1.414,02	1.242,51	1.197,98	1.166,07	1.811,90	1.710,87	1.235,8	

Fonte: do Autor

Os resultados da tabela acima, do mapeamento das áreas de pastagem em Km², observa-se que há uma diferença significativa nas áreas mapeada com pastagem, comparando os resultados do LAPIG com resultados da pesquisa, e com resultados do INPE. Isto se deve a metodologia e sensor utilizado no momento da classificação da área. LEAL e ALMEIDA (2019), em trabalho de quantificação de pastagens degradada no município de São Felix do Xingu, quando comparado com dados do LAPIG, houve uma diferença de área superior a 30 %. Em relação as áreas de pastagem já mapeadas.

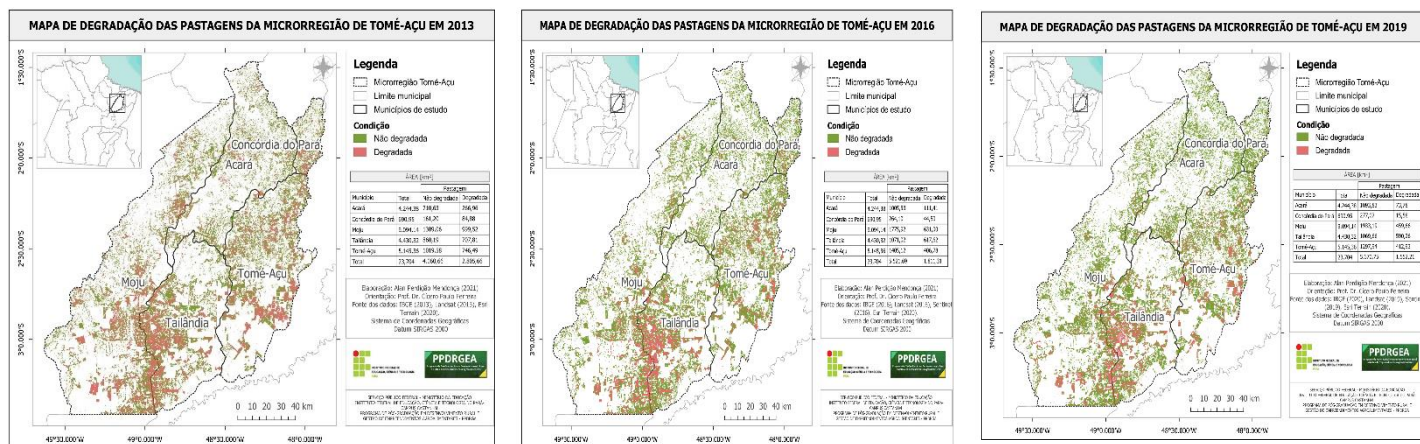
Figura 11. Atlas digital das pastagens brasileira, dados do município de Concórdia do Pará, Ano 2019



As áreas vetorizadas foram quantificadas por município Figura 12. Em seguida foi feito análise de percentual de pastagens degradada em relação as pastagens não degradadas, esta

pesquisa não avaliou se houve substituição de pastagem por culturas agrícolas, ou de agricultura para pastagem, por fim com dados da Adepara foi feito relação de pastagem pelo número de bovinos para avaliar a taxa de lotação de bovinos por hectares.

Figura 12. Mapas de pastagens degradadas anos de 2013, 2016 e 2019.

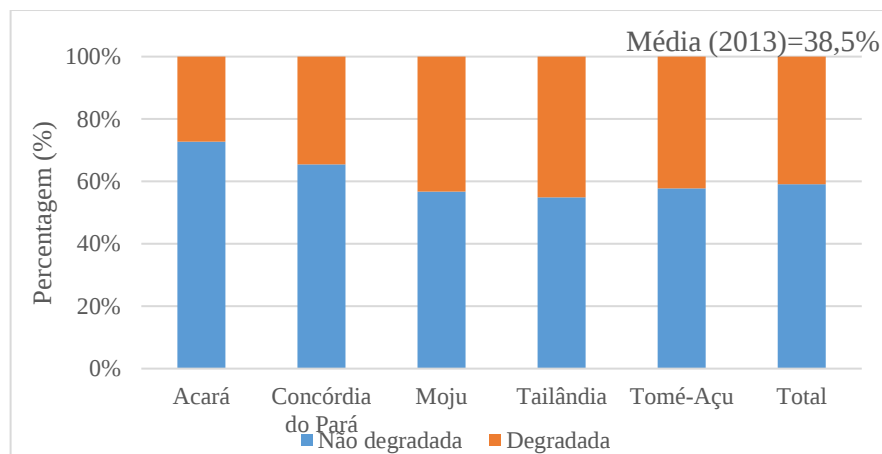


As áreas de pastagens degradadas e não degradada por município no período da pesquisa estão na Tabela 7. Observa-se um aumento nas áreas de pastagem e uma diminuição nas áreas de pastagens degradadas, o que se supõem que há uma preocupação por parte do pecuarista em manter os cuidados de manejo com as pastagens cultivadas. A redução das pastagens degradadas em relação a pastagens não degradadas foi de 38,5 %, 21,9 % e 18,1 %. Gráfico 1,2 e 3.

Tabela 6. Áreas de pastagens e pastagens degradadas em km² mapeado pela pesquisa na microrregião de Tomé Açu, período de 2013, 2016 e 2019.

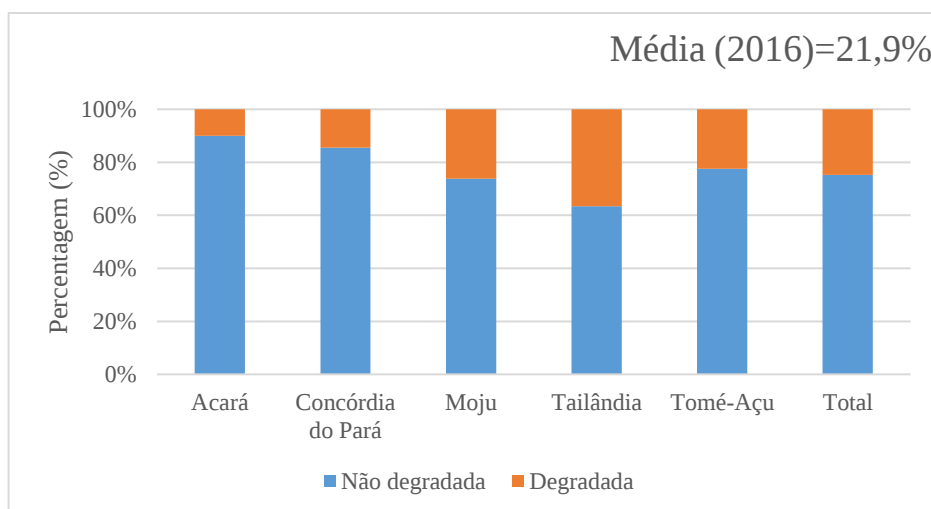
Tomé-Açu 2013				Tomé-Açu 2016				Tomé-Açu 2019			
	Não degradada	Degradada	Total		Não degradada	Degradada	Total		Não degradada	Degradada	Total
Acará	710.63	266.96	977.59	Acará	1005.53	111.41	1116.94	Acará	1093.83	73.78	1167.61
Concórdia do Pará	161.20	84.88	246.08	Concórdia do Pará	264.10	44.50	308.60	Concórdia do Pará	277.07	15.58	292.65
Moju	1309.06	999.52	2308.58	Moju	1775.92	631.00	2406.92	Moju	1933.19	459.66	2392.85
Tailândia	860.19	707.81	1568.00	Tailândia	1071.02	617.62	1688.64	Tailândia	1069.66	590.26	1659.92
Tomé-Açu	1019.58	746.49	1766.07	Tomé-Açu	1405.12	406.78	1811.90	Tomé-Açu	1297.94	412.93	1710.87
Total	4060.66	2805.66	6866.32	Total	5521.69	1811.31	7333.00	Total	5671.69	1552.21	7223.90

Gráfico 1 – Percentagens de áreas degradadas na mesorregião de Tomé-Açu 2013.



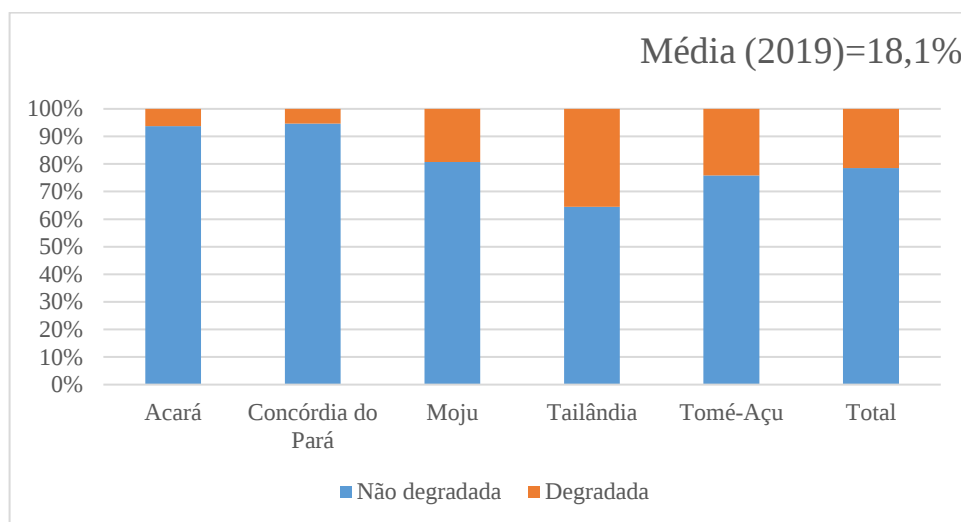
O gráfico 1, apresenta média da ocupação de solo com pastagens degradadas e não degradadas, observa-se que para o ano de 2013, o município de Acará e Concórdia do Pará tinham a menor área de pastagens degradada e Moju, Tailândia e Tomé Açu possuíam maiores áreas com pastagens degradada. Segundo Dias-Filho (2015), a degradação de pastagem está presente nas pequenas, médias e grandes propriedades, e quanto maior a área cultivada maior a probabilidade de degradação se não houver um manejo racional das pastagem.

Gráfico 2 – Percentagens de áreas degradadas na mesorregião de Tomé-Açu 2016.



O gráfico 2, apresenta média de ocupação de área com pastagem e pastagens degradada, há uma diminuição de 16,6 %, da área de pastagens degradada em relação o ano de 2013. Observa-se que o município de Tailândia é o município com maior percentual de pastagens degradada em relação a área total de pastagem.

Gráfico 3 – Percentagens de áreas degradadas na mesorregião de Tomé-Açu 2019.



O gráfico 3, apresenta média de ocupação de área com pastagem e pastagens degradada, há uma diminuição de 3,8 %, da área de pastagens degradada em relação o ano de 2016. Onde é possível concluir que nos últimos anos houve implantação de novas áreas de pastagem ou recuperação de pastagens que estavam classificadas como pastagens degradadas.

5.3 Pesquisa de campo avaliação de técnicas de manejo e implantação de pastagem.

A pesquisa de campo foi feita entrevista para avaliar o nível de conhecimento e técnicas utilizadas no manejo de pastagem, os dados foram analisados com a utilização dos aplicativos: R versão 3.6.0, ferramentas de análise VBA do Excel e SPSS versão 20.0.

Desse modo, para a análise univariada foi usada estatística descritiva através de tabelas de frequência, gráficos, medidas de posição e dispersão. Ainda na univariada, foi utilizado teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade das variáveis quantitativas contínuas. Essas variáveis apresentaram distribuição normal.

Na Análise Bivariada foram utilizados os testes t de Student e Qui-quadrado de Pearson (X^2), este para associar as variáveis qualitativas explicativas e aquele para quantitativas (ARMITAGE; BERRY; MATHEWS, 2002; PESTANA; GAGEIRO, 2003) com a variável resposta do estudo.

Conforme a Tabela 7, as variáveis quantitativas do estudo apresentaram uma distribuição aproximadamente normal, p-valor>0,05. O tamanho mínimo e máximo da propriedade foram de, respectivamente, 22 a 850ha, com média de 252,4ha e desvio padrão de 314,3ha. Em relação a área de pastagem, a média foi de 121,8 há ($\pm 180,4$ ha), mínimo, de 6ha e máxima, de 550ha.

Quando se faz a proporção da área de pastagem em relação ao tamanho da propriedade, tem-se em média 42,8% com desvio padrão de 16,9%, a propriedade menos ocupada foi de 17,9% e mais ocupada de 73,3%.

Tabela 7 – Estatística descritiva das variáveis quantitativas e teste de Kolmogorov-Smirnov.

Variáveis	N	Mín	Máx	MD	ME	DP	P-valor
Tamanho da propriedade (ha)	11	22	850	65,0	252,4	314,3	0,209
Área de pastagem (ha)	11	6	550	35,0	121,8	180,4	0,081
Proporção da área de pastagem (%)	11	17,9	73,3	36,4	42,8	16,9	0,812
Quantidade de bovinos	11	5	800	35,0	163,5	261,9	0,068
Divisão de pasto	9	2,0	32,0	4,0	9,2	10,5	0,302

Min=mínimo; Máx=máximo; ME=média; DP=desvio padrão; P-valor=nível descritivo do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Ainda na Tabela 7, teve fazendeiro com 5 (mínimo) a 800 (máximo) bois por propriedade. Em média teve-se 163,5 bois por propriedade com desvio padrão de 261,9 bois. Da amostra de tamanho 11, apenas 9 disseram fazer a divisão de pasto. Destes, a menor quantidade de divisão foi 2 e maior de 32. A média foi de 9,2 com desvio padrão de 10,5.

Pela Tabela 9, 18,2% consideram ruim a situação do pasto. Tal situação é justificada por adubação no plantio (27,3%), divisão do pasto (27,3%) e manejo do pasto (27,3%). As principais atividades são pecuária (72,7%) e agricultura (63,6%). Tem-se que 54,5% fazem o uso de foto na limpeza do pasto. As principais dificuldades apontadas foram a área (36,4%) e recurso financeiro (36,4%).

Por outro lado, tem-se que 54,5% não receberam assistência técnica, Tabela 8. O estudo apontou que 18,2% das propriedades não fazem o manejo do pasto. Dos fazem, os mais frequentes foram adubação (18,2%) e pastejo rotacionado (18,2%). Há divisão do pasto em 81,8% das propriedades e 81,8% conhecem as técnicas de recuperação de pasto. Dentre estas técnicas destaca-se a adubação. Tem-se que 27,3% das propriedades fizeram abertura de novas áreas ultimamente.

Tabela 8 – Estatística descritiva das variáveis qualitativas.

Variáveis	N	%
Situação do pasto		
Ruim	2	18,2
Razoável	4	36,3
Boa	5	45,5
O que levou o pasto a chegar nessa situação*		
adubação no plantio	3	27,3
divisão de pasto	3	27,3
Manejo	3	27,3
assistência técnica	1	9,1
morte do capim	1	9,1
pastejo rotacionado	1	109,2
Atividade principal*		
Pecuária	8	72,7
agricultura	7	63,6
pimenta do reino	1	9,1
Uso do fogo na limpeza do pasto		
Não	5	45,5
Sim	6	54,5
Dificuldade em criar bovinos*		
Área	4	36,4
recurso financeiro	4	36,4
falta de pasto	2	18,2
investimento	1	9,1
recurso financeiro	1	109,2
Teve assistência técnica		
Não	6	54,5
Sim	5	45,5
Tipo assistência (N=5)		
Particular	5	100,0
Necessidade de recursos bancário para recuperar sua pastagem		
Sim	11	100,0
Maneja atualmente seu pasto		
não faz	2	18,2
adubação	2	18,2
pastejo rotacionado	2	18,2
herbicida	1	9,1
limpeza e adubação	1	9,1
pastejo contínuo	1	9,1
pasto rotacionado	1	9,1
repouso	1	9,1
rotacionado	1	9,1
tirando de uma divisão para outra	1	118,3
Há divisão de pasto		
Não	2	18,2

Sim	9	81,8
Conhecimento as técnicas de recuperação de pasto		
Não	2	18,2
Sim	9	81,8
Técnicas conhecidas (N=9)		
adubação	5	55,6
herbicida	1	11,1
Ignorado	3	33,3
Fez abertura de novas áreas ultimamente		
Não	8	72,7
Sim	3	27,3

*Múltipla resposta (percentual acima de 100%).

Quando se compara o manejo adequado ou não em relação as variáveis quantitativas, Tabela 9, não houve diferença estatística, $p\text{-valor} > 0,05$. Embora não havendo diferença significativa, quem faz o manejo adequado tem uma média maior no tamanho da propriedade, $292,4 \pm 3661,0$ (sim) contra $145,7 \pm 145,7$ (não). Também apresentam maior média de área de pastagem, $154,4 \pm 204,9$ (sim) contra $35,0 \pm 15,0$ (não). O mesmo ocorre com a proporção da área de pastagem, $47,7 \pm 16,6$ (sim) contra $29,5 \pm 10,1$ (não). Em relação a quantidade de bovinos, a maior média são das propriedades que fazem o manejo adequado, $214,4 \pm 295,1$ (sim) contra $27,7 \pm 13,6$ (não).

Tabela 9 – Análise Inferencial da comparação de médias das variáveis quantitativas com o manejo adequado do pasto.

Variáveis	Manejo adequado				P-valor
	Sim		Não		
	ME	± DP	ME	± DP	
Tamanho da propriedade (ha)	292,4	361,0	145,7	118,7	0,338
Área de pastagem (ha)	154,4	204,9	35,0	15,0	0,145
Proporção da área de pastagem (%)	47,7	16,6	29,5	10,1	0,115
Quantidade de bovinos	214,4	295,1	27,7	13,6	0,117
Divisão de pasto	10,1	10,9	2,00	-	-

ME=média; DP=desvio padrão; P-valor=nível descritivo do teste t de Student.

Na tabela 10, os valores tabulados do resultado da pesquisa em relação ao manejo adequado da pastagem e manejo não adequado, segundo DIAS-FILHO 2015, os manejos inadequados têm relação significativa na degradação de pastagem, das variáveis que apresentaram significância com os manejos adequados foram: atividade principal, manejo de pastagem e conhecimento de técnica de manejo de pastagem.

Tabela 10 – Análise Inferencial da associação das variáveis qualitativas com o manejo adequado do pasto.

Variáveis	Manejo adequado				P-valor
	Sim		Não		
	N	%	N	%	
Situação do pasto					
Ruim	1	50,0%	1	50,0%	0,048*
Razoável	2	50,0%	2	50,0%	
Boa	5	100,0%	0	0,0%	
Atividade principal					
Pecuária	7	87,5%	1	12,5%	0,039*
Agricultura	4	57,1%	3	42,9%	
pimenta do reino	1	100,0%	0	0,0%	
Uso do fogo na limpeza do pasto					
Sim	4	66,7%	2	33,3%	0,576**
Não	4	80,0%	1	20,0%	
Dificuldade em criar bovinos					
Área	4	100,0%	0	0,0%	0,610*
Falta de pasto	2	100,0%	0	0,0%	
Investimento/recurso financeiro	3	60,0%	2	40,0%	
Teve assistência técnica					
Sim	5	100,0%	0	0,0%	0,121**
Não	3	50,0%	3	50,0%	
Há divisão de pasto					
Sim	0	0,0%	5	100,0%	0,273**
Não	2	33,3%	4	66,7%	
Conhecimento das técnicas de recuperação de pasto					
Sim	8	88,9%	1	11,1%	0,027**
Não	0	0,0%	2	100,0%	
Fez abertura de novas áreas ultimamente					
Sim	3	100,0%	0	0,0%	0,339**
Não	5	62,5%	3	37,5%	

*Teste de associação linear. **Teste de Fisher.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa servirão para acrescentar conhecimento sobre as áreas de pastagem degradada da região, contribuindo para sanar o problema levantado nesta pesquisa.

A identificação das áreas de pastagens degradadas servirá como suporte para órgão de assistência técnica (Emater e Secretaria municipal de Agricultura), desenvolver assistência técnica voltada a questão de pastagem.

Na pesquisa de campo foi possível verificar que a degradação da pastagem está presente em pequena, média e grande propriedade.

A assistência técnica voltada para pastagem é muito carente ou não está presente pelos órgãos oficiais, há uma assistência técnica feita pelas empresas de produtos de insumos agropecuários.

No contexto desta pesquisa, as áreas de pastagem nas propriedades rurais na maioria ocupam mais da metade da área dos imóveis.

-

As propriedades que adotam técnicas de manejo de pastagem têm uma melhor taxa de lotação, tem um melhor aproveitamento da área.

6. PRODUTO FINAL

Como produto da pesquisa de uso do NDVI no mapeamento de pastagens degradada na microrregião de Tomé Açu, foi criado um atlas de pastagem (Anexo) para consulta de futuras políticas públicas e ambiental voltada ao sistema de exploração pecuário da região, e servirá como base para estudos de zoneamento agrícola local. Um dia de campo para transferência de conhecimento de técnicas de manejo e recuperação de pastagens degradadas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARÁ, Disponível em: <<https://siapec3.adepara.pa.gov.br/siapec3/index.wsp?wi.redirect=04DVL5MHMO8QRRU7W35I>>. Acessado em 20/12/2019.

AGÊNCIA ESPACIAL EUROPEIA (ESA). Introduzindo o Sentinel-2. [2018]. Disponível em: <https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel2/Introducing_Sentinel-2>. Acessado em: 20/12/2019.

ARMITAGE P.; BERRY, G.; MATTHEWS, J.N.S. Statistical methods in medical research. 3rd. ed. London (GB): Blackwell Scientific Publications; 2002.

AGUIAR, D. A.; ADAMI, M.; SILVA, W. F.; RUDORFF, B. F. T.; MELLO, M. P.; DA SILVA, J. D. S. V. MODIS time series to assess pasture land. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International. IEEE, 2010. p. 2123-2126.

ANDRADE, C. M. S. de. Pastejo rotacionado: tecnologia para aumentar a produtividade de leite e a longevidade das pastagens. – Acre. CPAFAC-EMBRAPA, 2008. Disponível em: <http://www.cpafac.embrapa.br/prodleite/pdf/pastejo_mauricio.pdf>. Acessado em 03/01/2020.

ANDRADE, R.G.; RODRIGUES, C.A.G.; SANCHES, I.D.; TORRESAN, F.E.; QUARTAROLI, C.F. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. Engenharia na Agricultura, v.21, p.234-243, 2017.

BARATA, M.A antiga produção e exportação do Pará: estudo histórico- econômico. Belém, PA. typ. da Livraria Gillet & Tavares, 1915.

BARCELLOS, A. D. O.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. Produtividade animal em pastagens renovadas em solo arenoso de cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997. Juiz de Fora, Anais. Juiz de Fora: SBZ, v.4, p.207-209, 1997.

BAYAD, Mohamed et al. Time series of remote sensing and water deficit to predict the occurrence of soil water repellency in New Zealand pastures. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 169, p. 292-300, 2020.

BLANCO RODRÍGUEZ, J. C. Caracterización de estados de degradación de pasturas definidos a partir de índices de vegetación. Florencia, Colombia: Universidad nacional de Colômbia, 2010.

BUTLER, K. **Band Combinations for Landsat 8**. 2013. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/?rmedium=redirect&rsource=blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8>. Acesso em: 20 Outubro de 2021.

CARVALHO, A. J. R. Rede de estabelecimentos de referência sobre manejo de pastagens: a experiência do assentamento Belo Horizonte – PA. 2007. 91f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Pará, Marabá, 2007.

CEZAR, I. V.; QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. de S.; CASSALES, F. L. G.; COSTA, F. P. Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Campo Grande, MS; Embrapa Gado de Corte, 2005. 40p.

CHUVIECO, E.; SALAS, J. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS.

International Journal of Geographical Information Science, v. 10, n. 3, p. 333-345, 1996.

COIMBRA, O. A saga dos primeiros construtores de Belém. Belém, PA, Imprensa oficial do Estado, 2002.

CRAVO, M. S. Recomendação de adubação e calagem para o Estado do Pará. Embrapa, 2010.

DALEY, C. A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P. S.; NADER, G. A.; LARSON, S. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, v. 9, n. 10, 2010. Disponível em: <<http://www.nutritionj.com/content/9/1/10>>. Acessado em: 25/02/2020.

DE SANTANA, S. H. C.; GALVÍNCIO, J. D. Aplicação do SARVI em fragmentos de mata no município de Recife-PE como alternativa de análises ambientais em áreas urbanas. In: Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2013, Foz do Iguaçu. Anais. São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 1121-1128.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: o que é e como evitar /Moacyr Bernardino DiasFilho. — Brasília, DF: Embrapa, 2017.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

DIAS-FILHO, M. B. Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia, Embrapa, 2019.

DO VALLE JÚNIOR, Renato Farias et al. Diagnosis of degraded pastures using an improved NDVI-based remote sensing approach: An application to the Environmental Protection Area of Uberaba River Basin (Minas Gerais, Brazil). **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 14, p. 20-33, 2019.

EMBRAPA GADO DE CORTE. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/qualidade-dacarne/carne-bovina/producao-de-carne-bovina/pastagem>>. Acessado em: 25/02/2020.

FALESI, I. C. Ecossistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira. Belém, EMBRAPACPATU, 1976. (EMBRAPA-CPATU, Boletim Técnico, 1).

FAPESPA. Disponível em: <http://www.fapespa.pa.gov.br/anuario_estatistico/eco.html>. Acessado em: 23/02/2020.

FEITOSA, T. C. Análise da sustentabilidade na produção familiar no sudeste paraense: o caso dos produtores de leite do município de Rio Maria. 2003. 173f. Dissertação (Mestrado em Agricultras Amazônicas) – Universidade Federal do Pará, 2003.

FLOREZANO, TEREZA GALLOTTI. Iniciação em Sensoriamento Remoto 3 ed. Ampl. Atual. São Paulo. Oficina de Texto 2013

GAO, Q. et al. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. *Journal of geographical sciences*, v.16, n.2, p.165- 173, 2006.

GORELICK, Noel et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

HUANG, Bo; ZHAO, Bei; SONG, Yimeng. Urban land-use mapping using a deep convolutional neural network with high spatial resolution multispectral remote sensing imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 214, p. 73-86, 2018.

Hosmer, David W.; Lemeshow, Stanley (2000). *Applied Logistic Regression*. New York: Wiley.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de dados agregados. Tabela 3939: efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/23j6IRc>>. Acessado em 05/01/2020.

LABORATÓRIO, DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E. GEOPROCESSAMENTO—LAPIG. Atlas Digital das Pastagens Brasileiras. Universidade Federal de Goiás (UFG). LEWIS, H. G.; BROWN, M. A generalized confusion matrix for assessing area estimates from remotely sensed data. **International journal of remote sensing**, v. 22, n. 16, p. 3223-3235, 2001.

MAPBIOMAS. Coleção 6. Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. 2021.

MENESES, P. R., & ALMEIDA, T. D. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: UNB/CNPq, 2012.

MOLIN, José Paulo, et al. *Agricultura de Precisão*, 1 ed. Oficina de Texto, São Paulo, 2015.

MORAES, E.C. Fundamentos de sensoriamento remoto. In: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA (Brasil). **Sensoriamento remoto**. Curso Astronáutica e ciências do espaço. Ed. 2008. São José dos Campos, SP: INPE, 2002. Cap. 1. Disponível em: http://www.cdcc.usp.br/cda/oba/aeb/sensoriamento_remoto_alta_resolucao_2008.pdf. Acesso em: 20 de Outubro de 2021.

NOVO, E. M. L. de M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 3. ed. rev. e amp. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. xv, 363 p.

NUMATA, Izaya et al. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote sensing of Environment**, v. 109, n. 3, p. 314-327, 2007.

PARENTE, Leandro et al. Monitoring the brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the landsat 8 spectral and temporal domains. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 62, p. 135-143, 2017.

PARENTE, Leandro; FERREIRA, Laerte. Assessing the spatial and occupation dynamics of the Brazilian pasturelands based on the automated classification of MODIS images from 2000 to 2016. **Remote Sensing**, v. 10, n. 4, p. 606, 2018.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 3, p. 655–661, 2004.

Projeto TerraClass INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial). 2018. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php>. Acessado em 15/01/2020.

PESTANA, M.H.; GAGEIRO, J.N. *Análise de dados para ciência sociais: a complementaridade do SPSS*. 3.ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2003.

RUDORF, B.; MOREIRA, M.; ALVES, M. Sensoriamento remoto aplicado à agricultura INPE. Disponível em : <http://www.dsr.inpe.br/DSR/educacao/uso-escolar-sensoriamentoremoto/material-didatico-2018/arquivos/10-sensoriamento-remoto-aplicado-a-agricultura.pdf> .Acessado em 20/02/2020.

SCOTCONSULTORIA.BEBEDOUROSP. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/48277/rebanho-bovino-brasileiro-porregiao.htm>>. Acessado em: 22/02/2020.

SERRÃO, E. A. S. et al. Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta do trópico úmido brasileiro. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1978. 73p.

SERRÃO, E.; FALESI, I. Seletividade aparente de bovinos em pastos de capim-braquiária sob períodos de diferimento. Pastagens do Trópico Úmido Brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 8., 1997, Piracicaba. [Anais...]. Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 71. (Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia).

SPAIN, J. M.; GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. In: VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT. Memórias. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Veracruz, México 1988. CIAT. p. 269-283.

TOURRAND, J. F.; VEIGA, J. B. da. Viabilidade de sistemas agropecuários na agricultura familiar na Amazônia. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 468p.

TRIPATHI, Ankita et al. A multi class random forest (MCRF) model for classification of small plant peptides. **International Journal of Information Management Data Insights**, v. 1, n. 2, p. 100029, 2021.

VAN DER MEER, F. D.; VAN DER WERFF, H. M. A.; VAN RUITENBEEK, F. J. A. Potential of ESA's Sentinel-2 for geological applications. *Remote sensing of environment*, v. 148, p. 124-133, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.03.022>>.

VEIGA, J. B. et al. *Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia*. – Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004.

ANEXOS

ANEXO A - QUESTIONÁRIO 1

Data: ____/____/____

Nome do lote: _____

Proprietário: _____

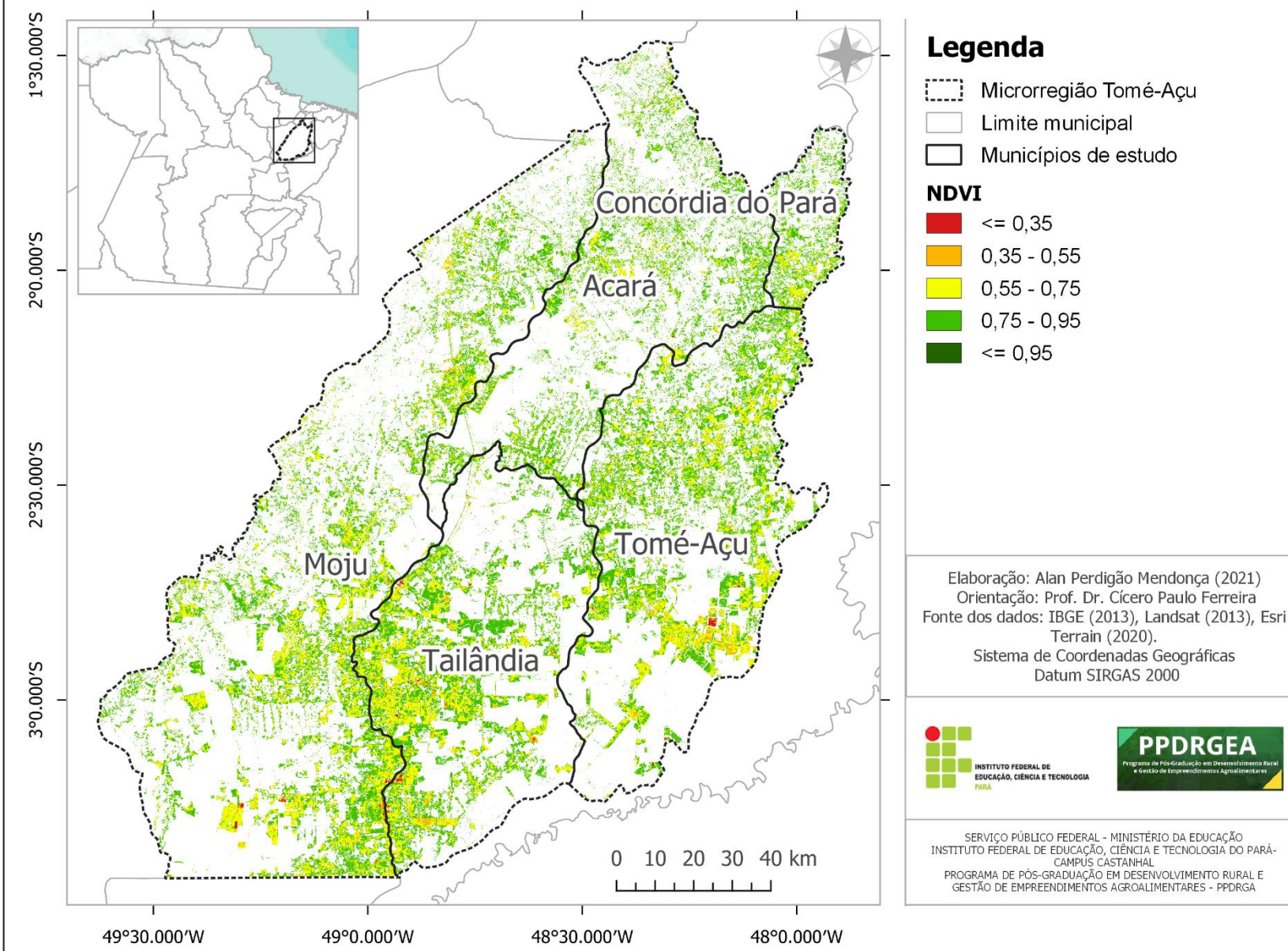
Entrevistado: _____

Tamanho do lote (ha): _____

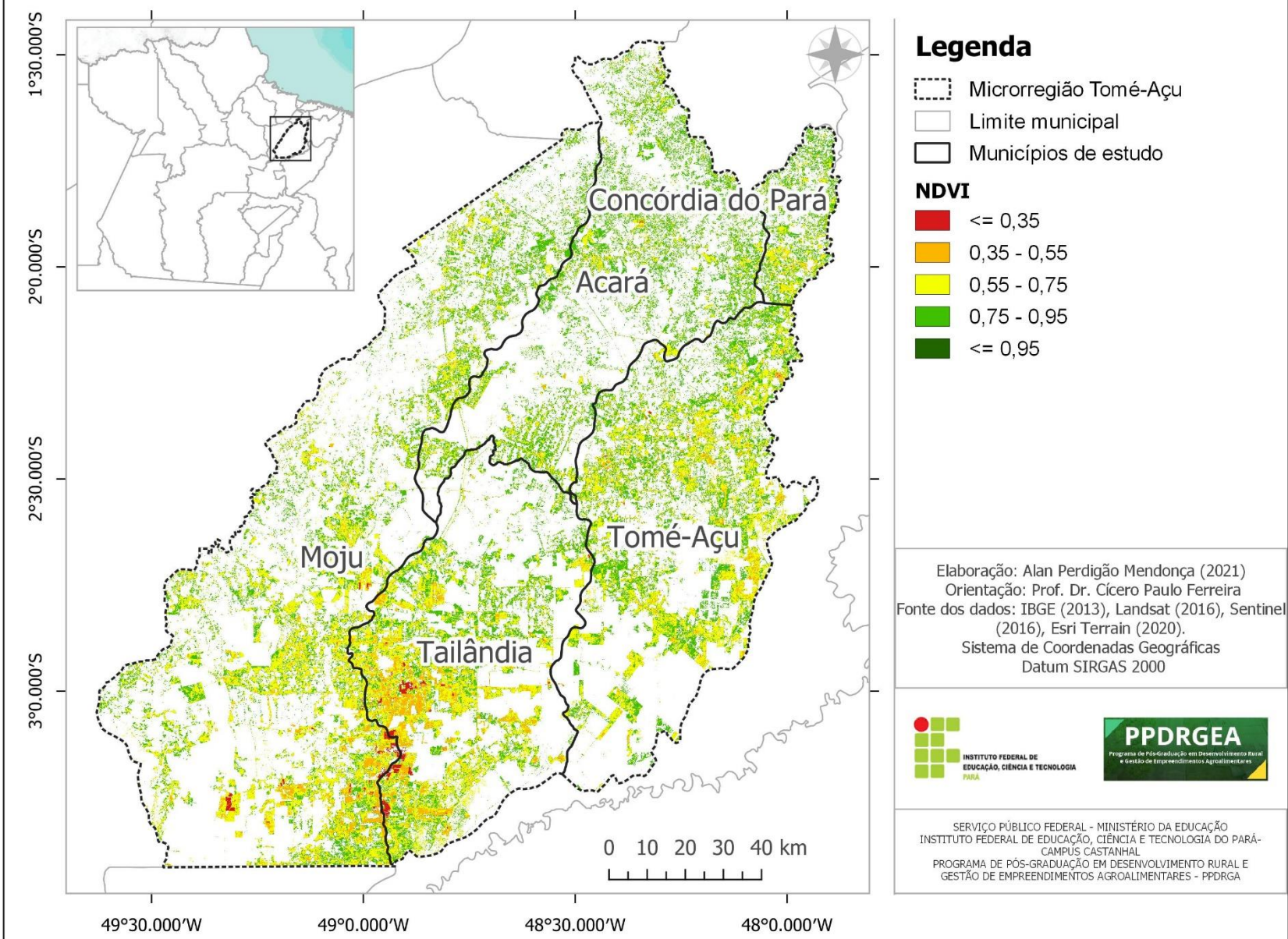
Município: _____

1. Como está dividido a propriedade? Ex. roça, perenes, mata, capoeira, juquira, pasto.
2. Como está a condição de seu pasto nesse ano?
3. O que o Sr. fez para chegar nessa situação? 4. Qual a quantidade de bovinos que possui?
5. Qual atividade principal?
6. Utiliza fogo na pastagem como forma de limpeza?
7. Quais as dificuldades que o Sr. ver para criar gado?
9. Tem assistência técnica? Particular ou Emater?
10. Há necessidade de recursos bancário para recuperar sua pastagem?
11. Como maneja atualmente seu pasto?
12. há divisão de pasto?
13. Conhece alguma técnica de recuperação de pastagem? Qual dificuldade em fazer?
14. Faz abertura de novas áreas, (floresta em regeneração) para plantio de pastagem?

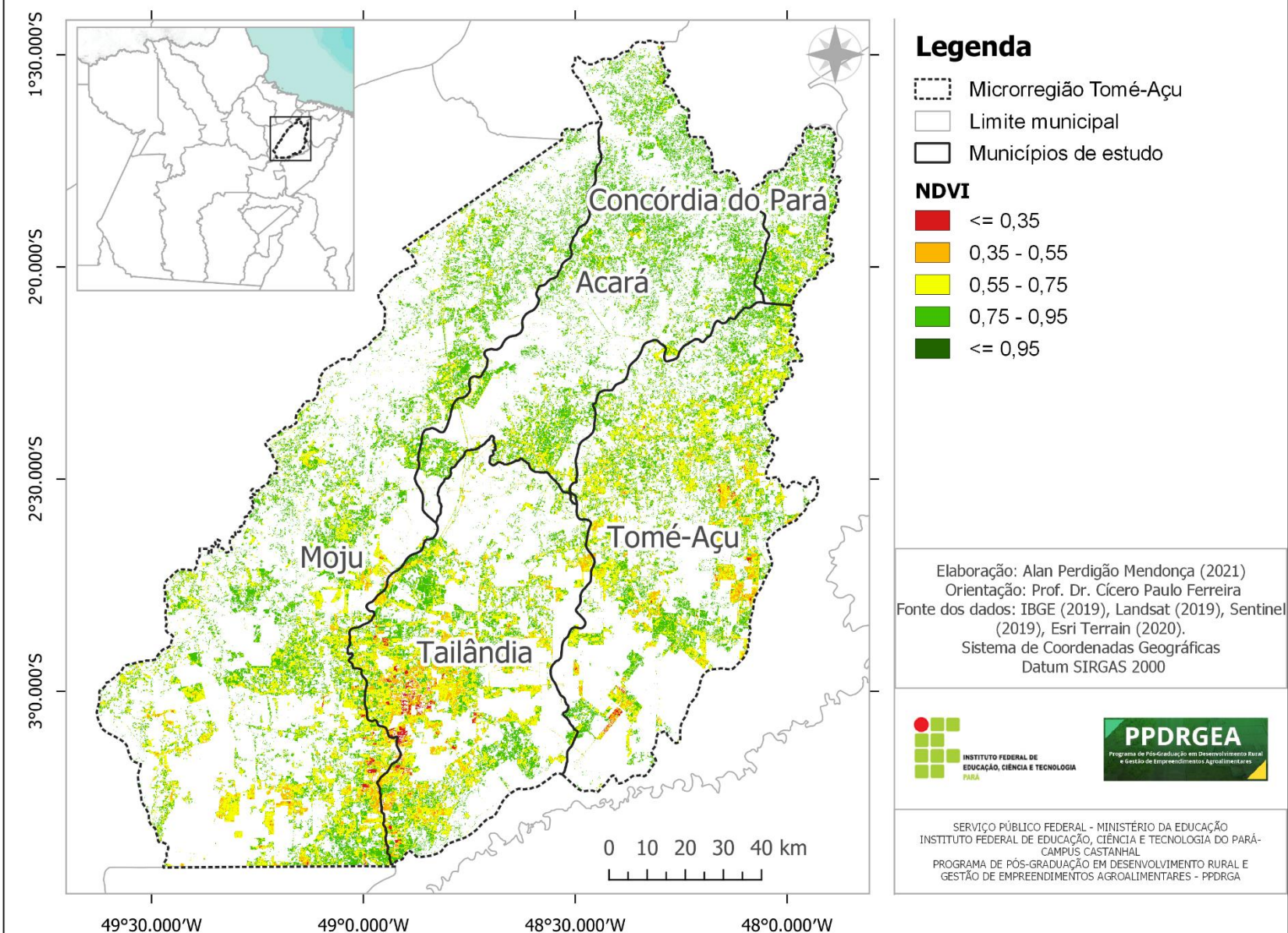
MAPA NDVI DAS PASTAGENS DA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2013



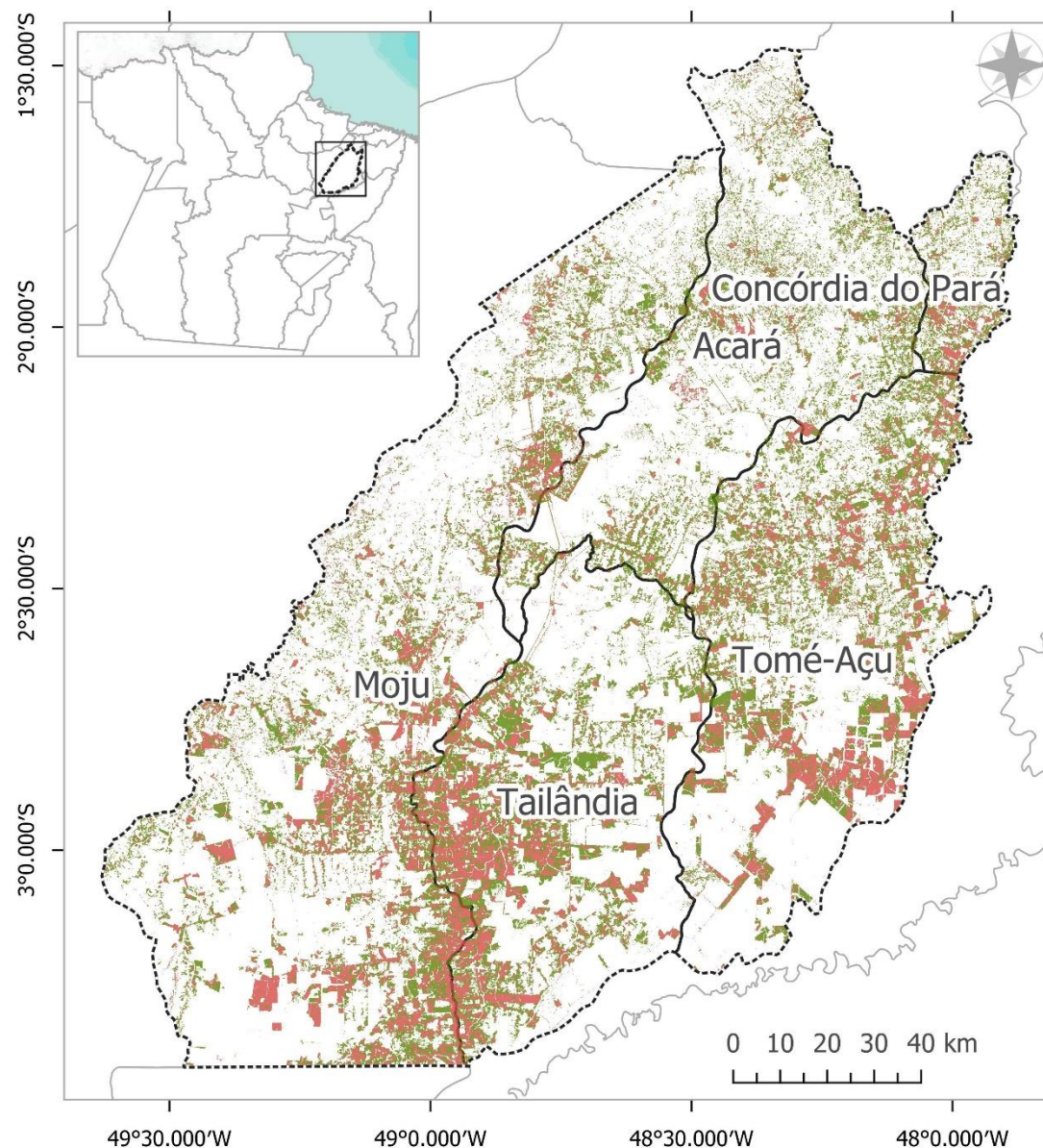
MAPA NDVI DAS PASTAGENS DA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2016



MAPA NDVI DAS PASTAGENS DA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2019



MAPA DE DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS DA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2013



Legenda

- Microrregião Tomé-Açu
- Limite municipal
- Municípios de estudo

Condição

- Não degradada
- Degradada

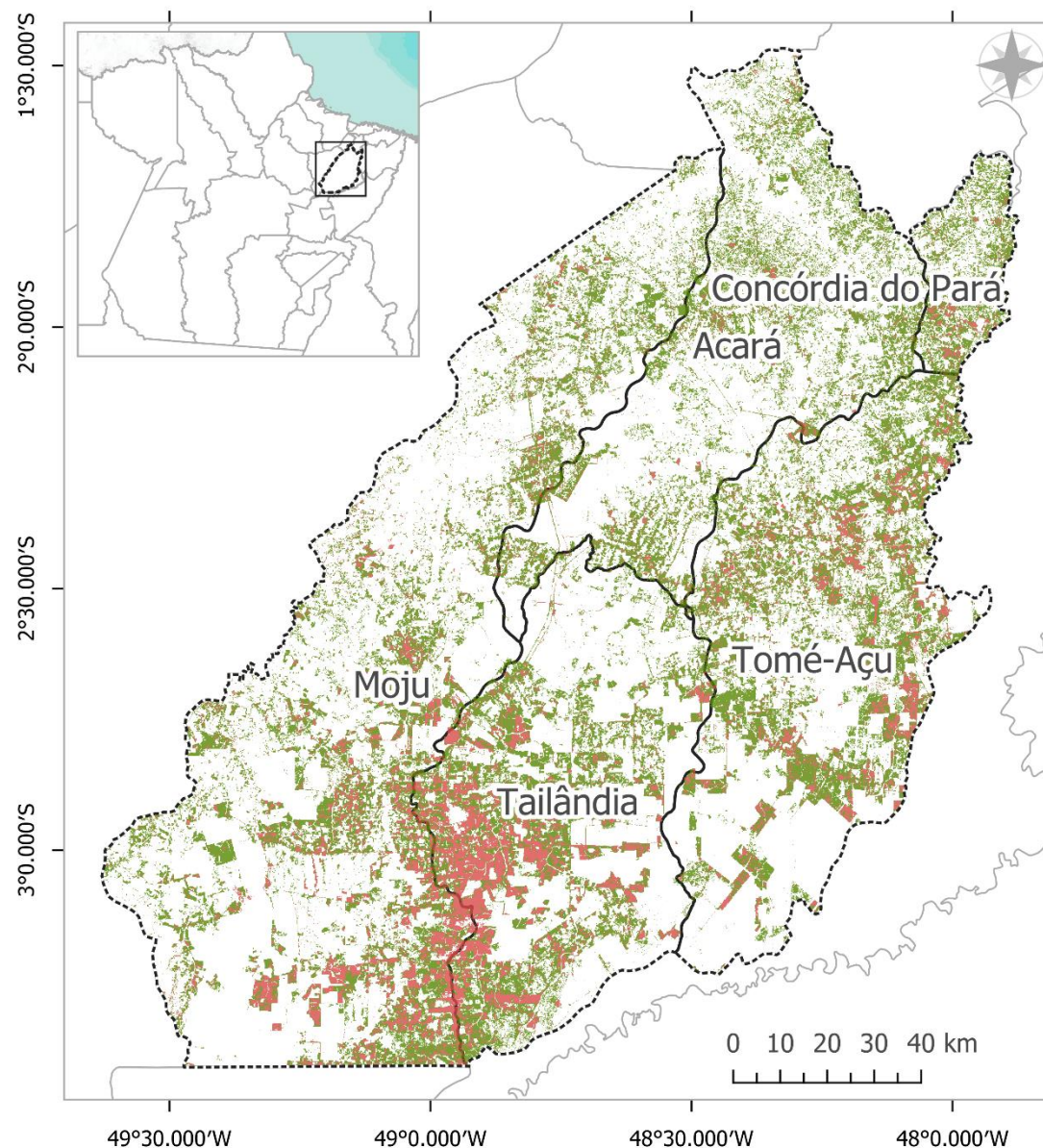
ÁREA [km ²]			
Município	Total	Pastagem	
		Não degradada	Degradada
Acará	4.244,38	710,63	266,96
Concórdia do Pará	690,95	161,20	84,88
Moju	9.094,14	1309,06	999,52
Tailândia	4.430,32	860,19	707,81
Tomé-Açu	5.145,36	1019,58	746,49
Total	23,704	4.060,66	2.805,66

Elaboração: Alan Perdigão Mendonça (2021)
 Orientação: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira
 Fonte dos dados: IBGE (2013), Landsat (2013), Esri
 Terrain (2020).
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum SIRGAS 2000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ -
 CAMPUS CASTANHAL
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E
 GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES - PPDRGA

MAPA DE DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS DA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2016



Legenda

- Microrregião Tomé-Açu
- Limite municipal
- Municípios de estudo

Condição

- Não degradada
- Degradada

ÁREA [km²]

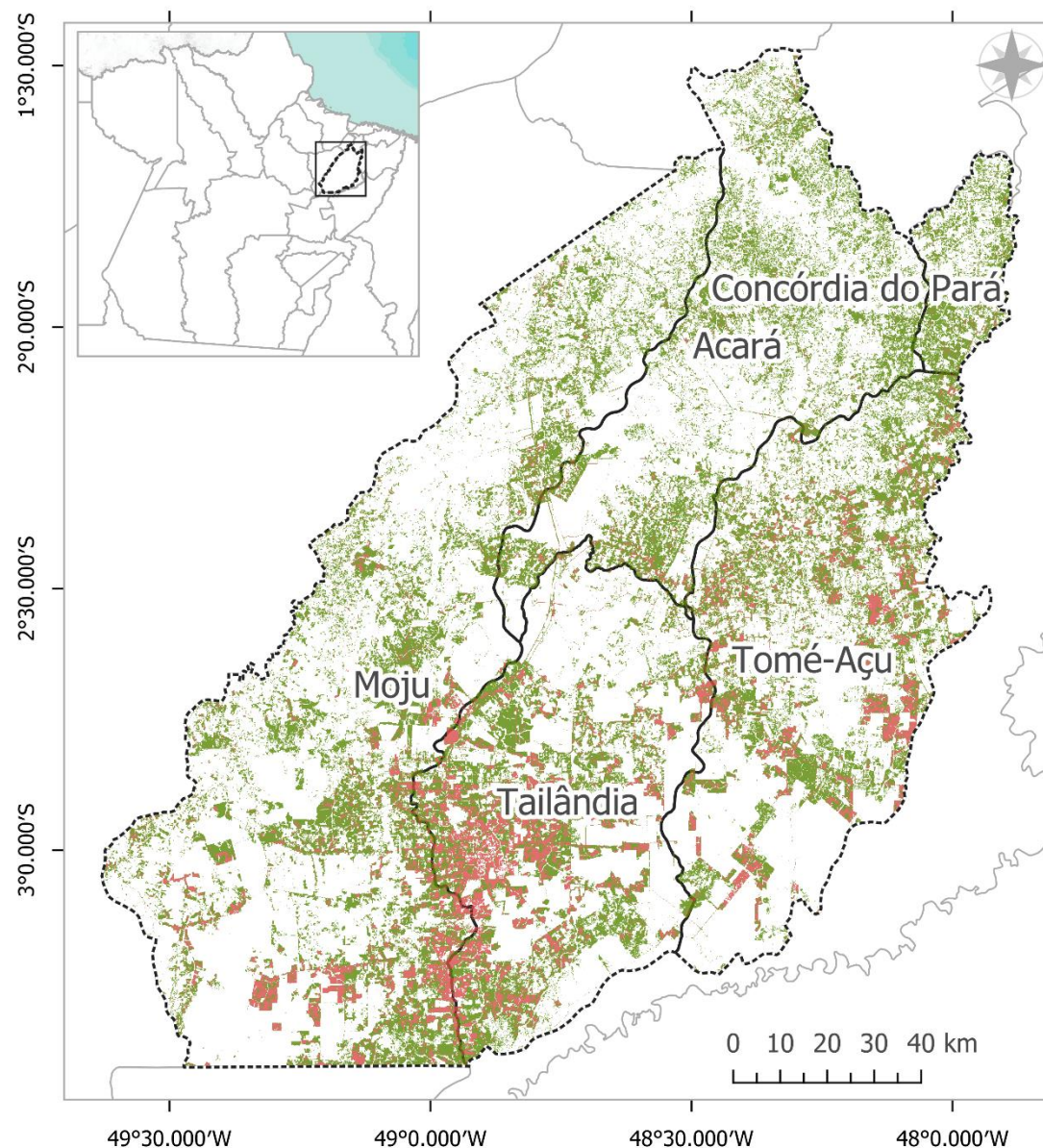
Município	Total	Pastagem	
		Não degradada	Degradada
Acará	4.244,38	1005,53	111,41
Concórdia do Pará	690,95	264,10	44,50
Moju	9.094,14	1775,92	631,00
Tailândia	4.430,32	1071,02	617,62
Tomé-Açu	5.145,36	1405,12	406,78
Total	23,704	5.521,69	1.811,31

Elaboração: Alan Perdigão Mendonça (2021)
 Orientação: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira
 Fonte dos dados: IBGE (2016), Landsat (2016), Sentinel
 (2016), Esri Terrain (2020).
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum SIRGAS 2000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ -
 CAMPUS CASTANHAL
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E
 GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES - PPDRGA

MAPA DE DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS DA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2019



Legenda

- Microrregião Tomé-Açu
- Limite municipal
- Municípios de estudo

Condição

- Não degradada
- Degradada

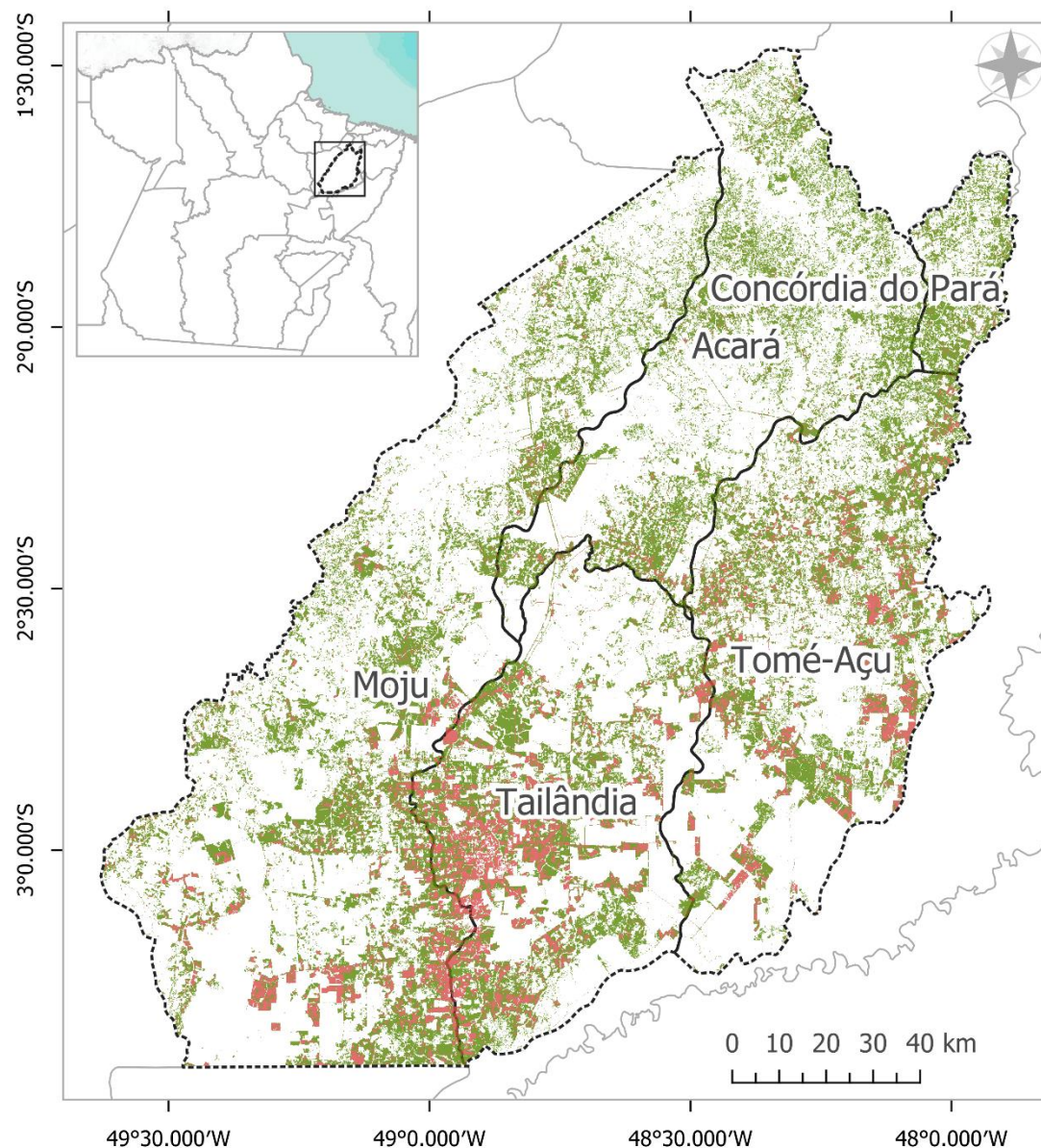
ÁREA [km ²]			
Município	Total	Pastagem	
		Não degradada	Degradada
Acará	4.244,38	1093,83	73,78
Concórdia do Pará	690,95	277,07	15,58
Moju	9.094,14	1933,19	459,66
Tailândia	4.430,32	1069,66	590,26
Tomé-Açu	5.145,36	1297,94	412,93
Total	23,704	5.670,75	1.552,21

Elaboração: Alan Perdigão Mendonça (2021)
 Orientação: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira
 Fonte dos dados: IBGE (2020), Landsat (2019), Sentinel (2019), Esri Terrain (2020).
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum SIRGAS 2000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ - CAMPUS CASTANHAL
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES - PPDRGA

MAPA DE DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS DA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2019



Legenda

- Microrregião Tomé-Açu
- Limite municipal
- Municípios de estudo

Condição

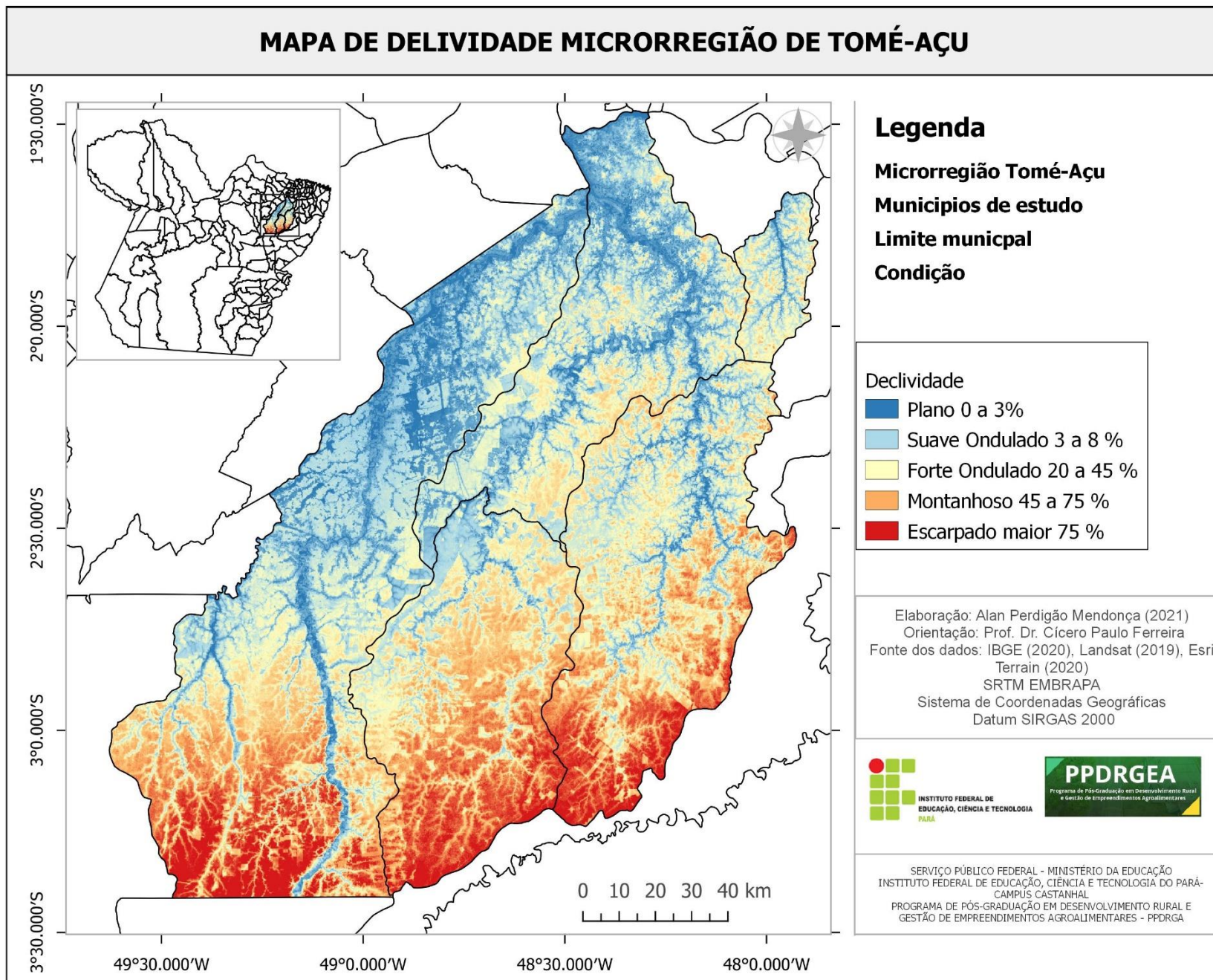
- Não degradada
- Degradada

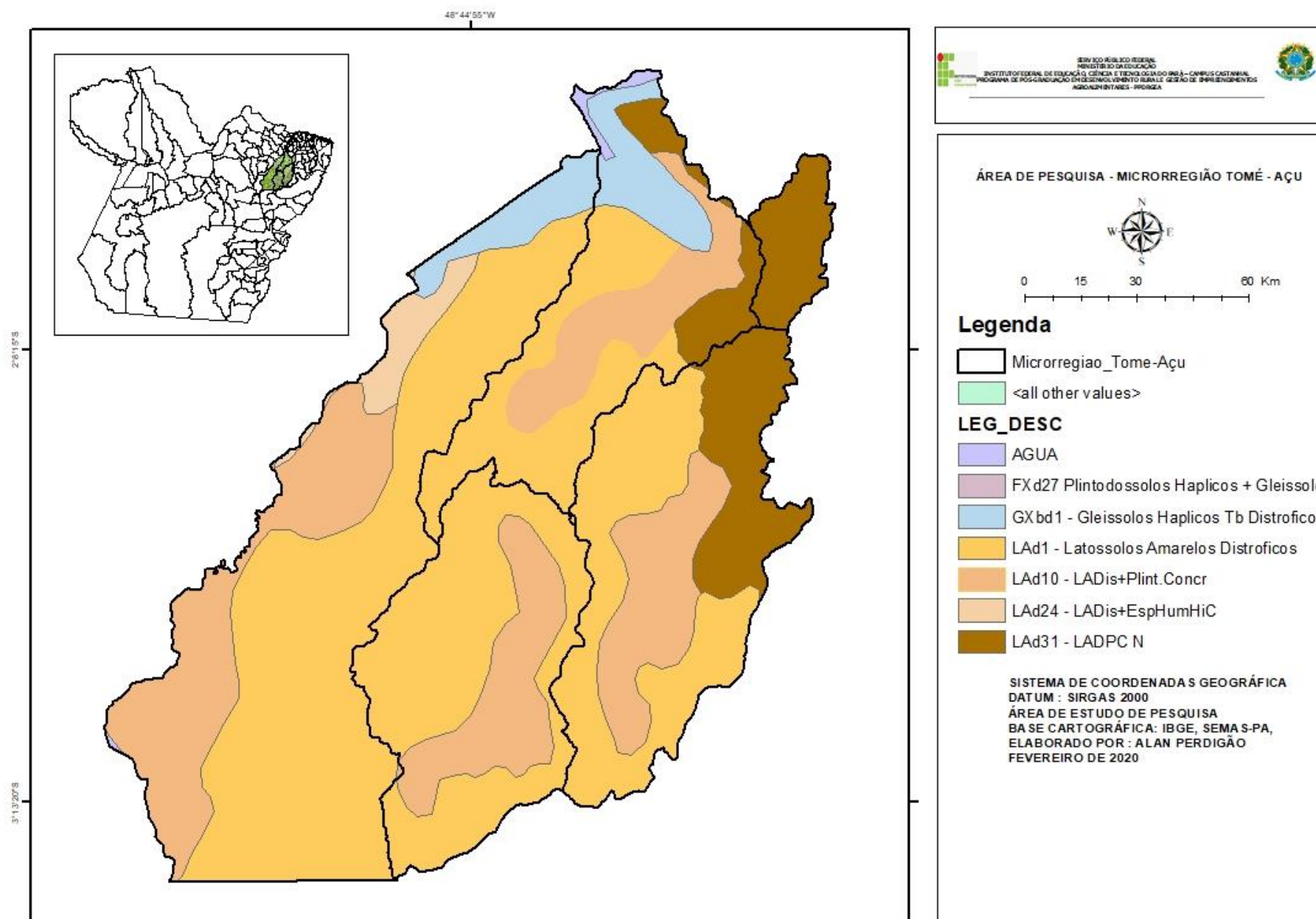
ÁREA [km ²]			
Município	Total	Pastagem	
		Não degradada	Degradada
Acará	4.244,38	1093,83	73,78
Concórdia do Pará	690,95	277,07	15,58
Moju	9.094,14	1933,19	459,66
Tailândia	4.430,32	1069,66	590,26
Tomé-Açu	5.145,36	1297,94	412,93
Total	23,704	5.670,75	1.552,21

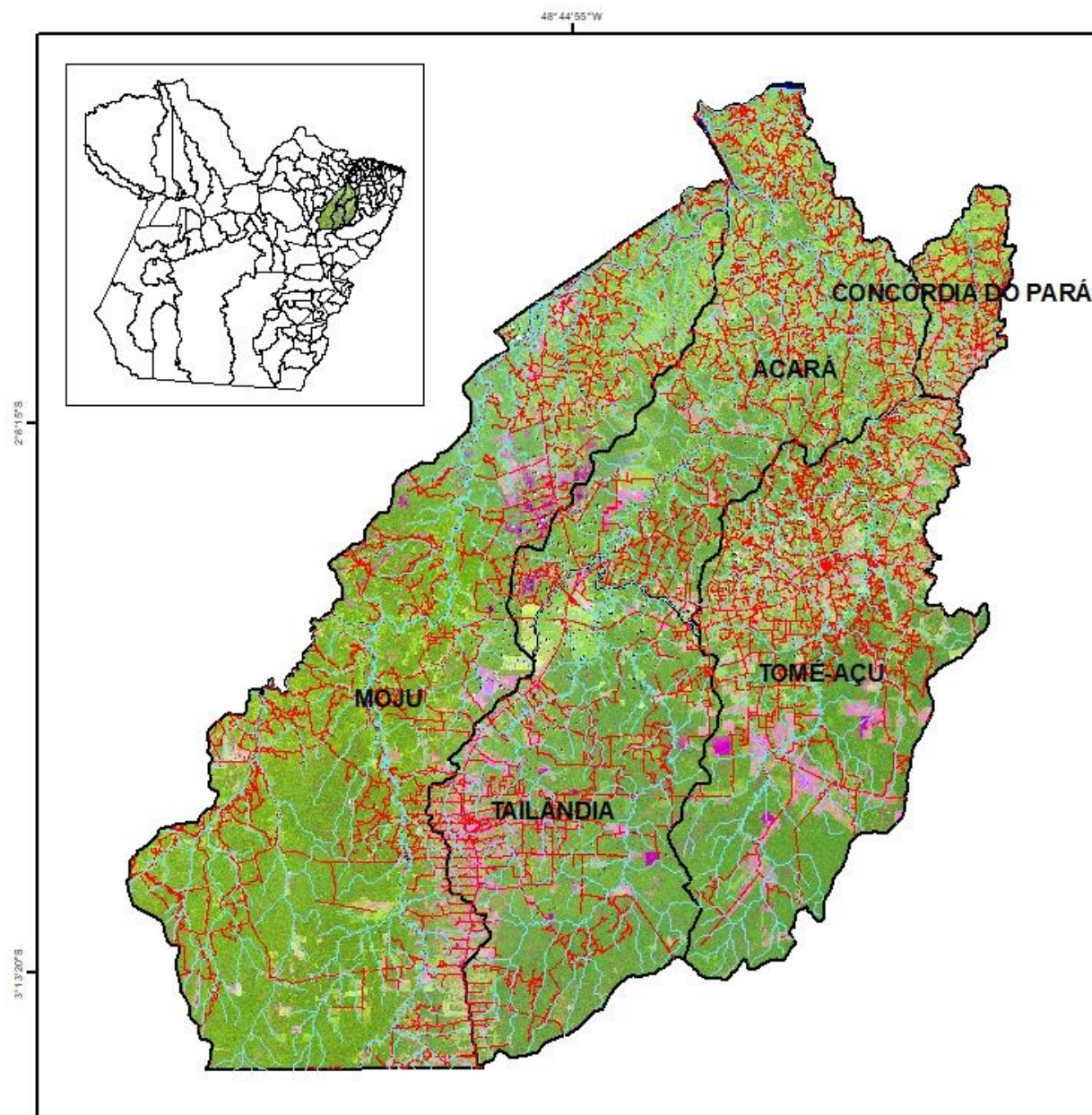
Elaboração: Alan Perdigão Mendonça (2021)
 Orientação: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira
 Fonte dos dados: IBGE (2020), Landsat (2019), Sentinel (2019), Esri Terrain (2020).
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum SIRGAS 2000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ - CAMPUS CASTANHAL
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES - PPDRGA







ÁREA DE PESQUISA - MICRORREGIÃO TOMÉ - AÇU



Legenda

- Hidrografia
- Rodovias
- Microrregião Tomé-Açu

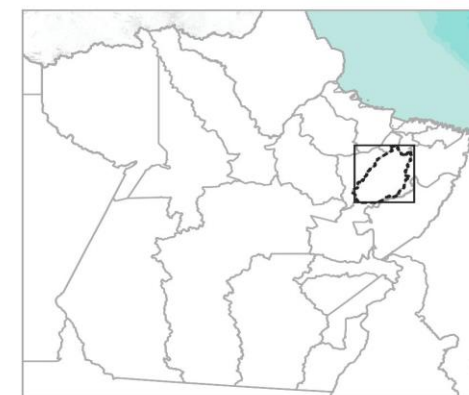
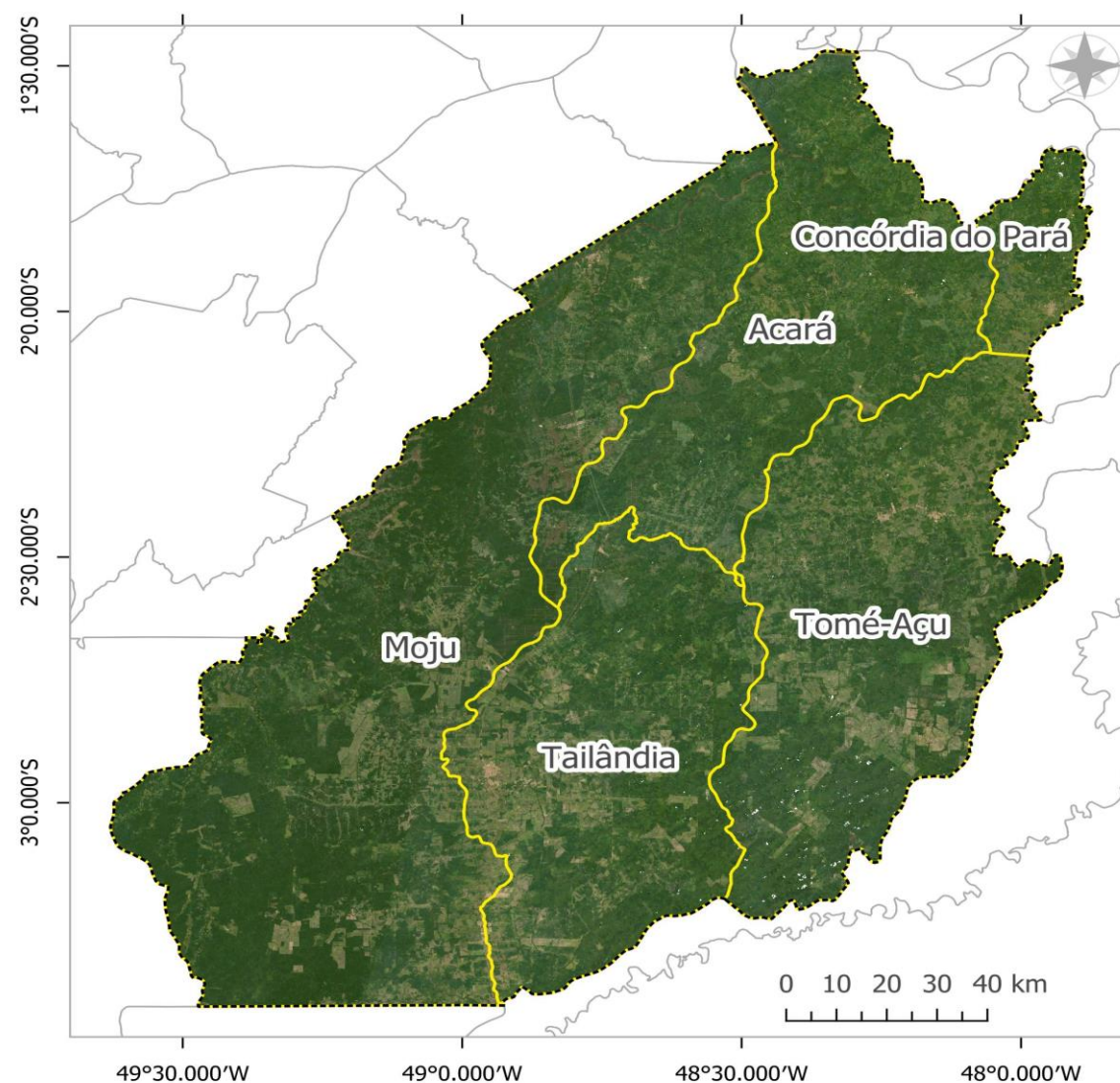
Landsat8 Sensor_OLI RGB

Municípios	Área (Km²)	População em 2010			Densidade demográfica (hab./km²)	População estimada em 2016
		Total	Rural	Urbana		
Acará	4.343,805	53.569	40.948	12.621	12,33	54.080
Concórdia do Pará	690,947	28.216	13.128	15.088	40,84	31.884
Moju	9.094,135	70.018	44.856	25.162	7,70	78.629
Tailândia	4.430,222	79.297	20.584	58.713	17,90	100.300
Tomé-Açu	5.145,361	56.518	24.955	31.563	10,98	61.095
Total	23.704,470	287.618	144.471	143.147	12,13	325.988

Fonte: IBGE (2016).

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICA
DATUM : SIRGAS 2000
ÁREA DE ESTUDO DE PESQUISA
BASE CARTOGRÁFICA: IBGE, SEMA S-PA,
ELABORADO POR : ALAN PERDIGÃO
FEVEREIRO DE 2020

MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2013



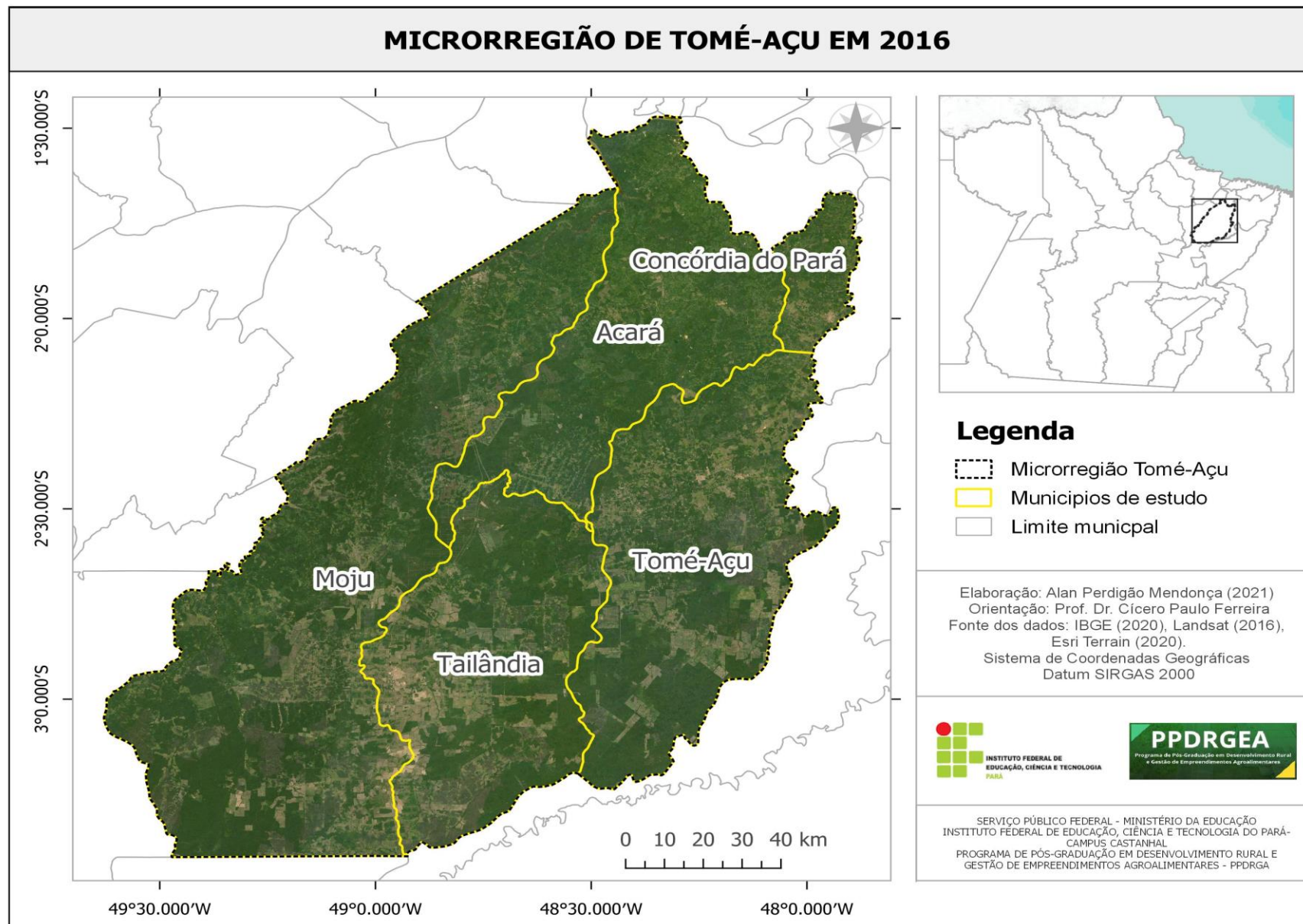
Legenda

- Microrregião Tomé-Açu
- Municípios de estudo
- Limite municipal

Elaboração: Alan Perdigão Mendonça (2021)
 Orientação: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira
 Fonte dos dados: IBGE (2020), Landsat (2013),
 Esri Terrain (2020).
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum SIRGAS 2000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ
 CAMPUS CASTANHAL
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E
 GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES - PPDRGA



MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU EM 2019

