



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
UNIVERSIDADE UNB DE PLANALTINA – FUP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS - PPGCA

O Papel dos Povos Indígenas na Pecuária de Baixo Carbono e na Conservação da
Savana de Roraima.

THAISA FERNANDES DE OLIVEIRA

BRASÍLIA, 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
UNIVERSIDADE UNB DE PLANALTINA – FUP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS - PPGCA

Dissertação de Mestrado

**O PAPEL DOS POVOS INDÍGENAS NA PECUÁRIA DE BAIXO CARBONO E
NA CONSERVAÇÃO DA SAVANA DE RORAIMA.**

THAISA FERNANDES DE OLIVEIRA

Orientador: Prof. Dr. José Vicente Elias Bernardi

Dissertação apresentada como requisito para a
obtenção do Título de Mestre em Ciência
Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA, 2022

Thaiza Fernandes de Oliveira.

Título: O PAPEL DOS POVOS INDÍGENAS NA PECUÁRIA DE BAIXO CARBONO
E NA CONSERVAÇÃO DA SAVANA DE RORAIMA.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, como requisito a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Aprovada em 28 de abril de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Vicente Elias Bernardi

Presidente/PPGCA UnB

Dra. Ane Auxiliadora Alencar

Membro Externo / IPAM Amazônia

Dr. Manuel Eduardo Ferreira

Membro Externo / UFG - Universidade Federal de Goiás

Profa. Dra. Erina Vitório Rodrigues

Membro Suplente / PPGCA UnB

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Fernandes de Oliveira , Thaisa

Fp

O Papel dos Povos Indigenas na Pecuária de Baixo Carbono e na Conservação da Savana de Roraima. / Thaisa Fernandes de Oliveira ; orientador José Vicente Elias Bernardi. -- Brasília, 2022.
56 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Brasília, 2022.

1. Sensoriamento Remoto. 2. Lavrado de Roraima. 3. Terras Indigenas .
4. Pecuária Sustentável. I. Elias Bernardi, José Vicente , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós - Graduação em Ciências Ambientais e à Faculdade UnB de Planaltina, pelo trabalho de excelência na formação de seus estudantes.

Aos professores e colegas que enfrentaram o desafio da realidade virtual imposto pela pandemia da Covid – 19.

Aos meus orientadores, Antônio Felipe Couto Junior, *in memoriam*, por toda inspiração na pesquisa científica e José Vicente Elias Bernardi pelo fundamental apoio na realização deste trabalho.

Ao Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, ao Conselho Indígena de Roraima e ao Instituto Internacional de Educação do Brasil, pelas parcerias nas análises desta dissertação.

Aos membros da banca avaliadora por aceitarem o convite para contribuir com este trabalho.

À minha família e aos meus amigos que estiveram ao meu lado, pela motivação e companheirismo no processo da vida acadêmica.

A todos estes, minha gratidão nesta dissertação – produto de um esforço coletivo, que para a minha trajetória pessoal foi transformador.

RESUMO

O lavrado de Roraima, maior área de campos naturais da Amazônia, representa uma das principais áreas de savana com alto endemismo na América do Sul. De toda a área de lavrado em Roraima, 55% estão inseridas nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos. Esse ecossistema revela extrema importância para a conservação da biodiversidade e para as populações tradicionais que promovem a atividade pecuária como uma alternativa de inserção dos povos indígenas na economia local. A pecuária praticada em campos nativos é uma das principais atividades econômicas desenvolvidas pelos indígenas que habitam as áreas de lavrado e tem o potencial de apontar estratégias de uso sustentável para estas áreas dominadas por campos naturais. Diante da relevância socioambiental do lavrado e das ameaças às áreas protegidas no Brasil, avaliar a dinâmica de uso do solo por meio de Sistemas de Informações Geográficas se caracteriza como um importante instrumento de avaliação e gestão de áreas protegidas. O trabalho tem como objetivo geral avaliar como ocorreram as mudanças de uso do solo na região nos últimos 35 anos, e como imagens de alta resolução espacial, podem ser usadas para entender o grau de impacto ambiental da atividade pecuária desenvolvida nas Terras Indígenas, através técnicas de sensoriamento remoto, dentre as quais os índices de vegetação. Na área das duas TIs a vegetação natural se manteve sem grandes perdas nos 35 anos de análise e a classe de uso do solo mais impactada foi a de rios/lagos e campos alagados que apresentaram perda de área em função do aumento de agricultura e pastagem. Análise de correlação entre os índices de vegetação mostrou forte correlação entre MPRI e NDVI, entretanto o NDVI se mostrou mais adequado ao monitoramento das pastagens nativas do lavrado.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Lavrado de Roraima, Populações Tradicionais, Pecuária Sustentável

ABSTRACT

The Lavrado de Roraima, the largest area of natural grasslands in the Amazon, represents one of the main savanna areas with high endemism in South America. Of the entire plowed area in Roraima, 55% are located within in the Raposa Serra do Sol and São Marcos Indigenous Lands. This ecosystem is extremely important for the conservation of biodiversity and for traditional populations that promote livestock activity as an alternative for the insertion of indigenous peoples in the local economy. Cattle ranching practiced in native fields is one of the main economic activities developed by the indigenous people who inhabit the areas of lavrado and has the potential to point out sustainable use strategies for these areas dominated by natural fields. Regarding the social – environmental relevance of environmental of the Lavrado and the threats observed in the Brazilian Indigenous Lands, assessing the dynamics of land use through Geographic Information Systems is characterized as an important instrument for evaluating and managing protected areas. The general objective of this work is to evaluate how land use changes have occurred in the region in the last 35 years, and how high spatial resolution images can be used to understand the degree of environmental impact of livestock activity developed in Indigenous Lands, through techniques of remote sensing, including vegetation indices. In the area of the two Indigenous Lands, the natural vegetation remained without major losses in the 35 years of analysis and the most impacted land use class was that of rivers/lakes and flooded fields, which showed a loss of area due to the increase in agriculture and pasture. Correlation analysis between vegetation indices showed a strong correlation between MPRI and NDVI, however the NDVI proved to be more suitable for monitoring the native pastures of the lavrado.

Keywords: Remote Sensing, Lavrado de Roraima, Traditional Populations, Sustainable Livestock

SUMÁRIO

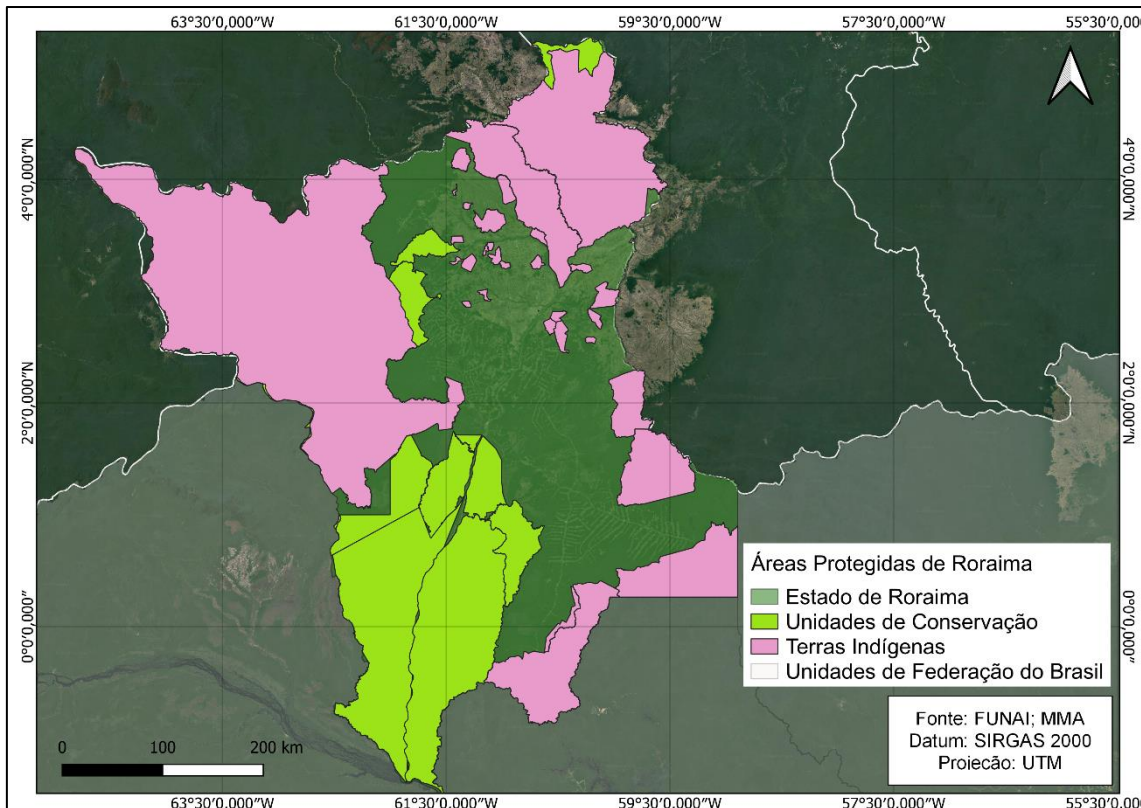
Capítulo I: Introdução Geral	9
Capítulo II: Contextualização das Terras Indígenas e do Lavrado de Roraima	12
Área de Estudo	12
Capítulo III – A Importância dos Povos Indígenas na conservação do Lavrado de Roraima	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
4. CONCLUSÕES	29
Capítulo IV – Utilização de Índices de Vegetação em Imagens de Alta Resolução para Avaliação de Impactos da Pecuária nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos	29
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4. CONCLUSÕES	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
ANEXOS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

Capítulo I: Introdução Geral

Roraima concentra a maior população indígena do Brasil em números proporcionais à população do estado. As Terras Indígenas (TIs), são Áreas Protegidas de grande importância na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e na manutenção de serviços ecossistêmicos da Amazônia (PAZ et al., 2021; CRISOSTOMO, et al., 2015), bioma em que cerca de 55% da vegetação nativa remanescente se encontra em Áreas Protegidas (MAPBIOMAS, 2021).

Grande parte do estado de Roraima é coberto por Áreas Protegidas (53%), sendo que 7% destas são Unidades de Conservação (UCs), e 46% são Terras Indígenas (Ricardo et al., 2011), como apresenta a figura 1. Apesar do papel importante das Áreas Protegidas na conservação e manutenção dos ecossistemas, estas áreas podem estar ameaçadas pela exploração inadequada de recursos naturais e pelos conflitos fundiários (DOURADO, et al., 2016). No lavrado de Roraima, as TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos são as mais representativas em área, compreendendo mais de 50% das savanas de Roraima.

Figura 1: Mapa de Áreas Protegidas do Estado de Roraima



O Artigo 231 da Constituição Federal define direitos originários sobre as terras que tradicionalmente são ocupadas pelos povos indígenas, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar o usufruto dos indígenas se seus bens materiais e imateriais. Na década de 1980 foram homologadas dez Terras Indígenas em Roraima, e outras dez na década seguinte. Atualmente o estado possui trinta e duas Terras Indígenas demarcadas, sendo a TI Raposa Serra do Sol a última a receber esse título (BETHONICO, 2012).

As principais causas do desmatamento na Amazônia estão associadas à mudança de uso do solo, principalmente pela conversão de floresta em pastagens para a criação de gado, o corte e a queima da floresta para cultivos anuais e a implantação de monoculturas pela agroindústria (ALENCAR et. al, 2004 e ALVES, 2021) Em Roraima, a chegada da agropecuária já reduziu significativamente ambientes florestais e não florestais, principalmente a vegetação savânica, campestre e áreas de ecótonos (URQUIZA et al, 2018). Ademais dos impactos diretos, o desmatamento libera atualmente grandes quantidades de gases do efeito estufa e no longo prazo contribui para o incremento do aquecimento global (FEARNSIDE et al, 2013).

Braga (1998) destaca a relevância da pecuária no processo de colonização em Roraima onde “a pecuária bovina foi a atividade mais remota da exploração do espaço

rural de Roraima, tendo sido iniciada em meados do século XIX, com a introdução de animais da raça miúra de origem espanhola, haja visto a existência de extensas áreas de pastagem nativa”.

No estudo de referencial geográfico e histórico das Savanas de Roraima, Barbosa et. al (2005) apontam que incentivos do Governo Federal a partir da década de 1970 com o estabelecimento de Projetos de Assentamento Dirigido (PAD) e políticas de estímulo à migração externa resultaram em uma densa migração no estado. Esta política carregou pequenos e grandes agricultores, em um combalido processo de planejamento agrícola e ambiental, que resultou (e vem resultando) no forte incremento da área desmatada do estado.

Por outro lado, em meados da década de 1970 a atividade pecuária passou a ser feita por povos indígenas com um manejo tradicional em pastagem nativa, fator que auxiliou no processo demarcatório da Terra Indígena Raposa Serra do Sol. Com o apoio da Diocese de Roraima, foi implantado na região do Lavrado nas TIs, o projeto “Uma vaca para um índio”, onde a pecuária indígena não está baseada no desmatamento nem na introdução de capim. Mas o efeito de sua expansão sobre os recursos naturais tem estimulado a busca de soluções para aumentar sua produtividade e sustentabilidade, como a construção de novos acordos de zoneamento da paisagem, a proteção dos cursos d’águas e a adoção de novas técnicas de manejo (BRAGA, 2005).

A partir de um manejo sustentável tradicional indígena, essa atividade gera, além da segurança alimentar, possibilidades econômicas para os povos indígenas do lavrado dentro da perspectiva de uso do solo com baixo impacto ambiental. O modo tradicional de manejo do gado feito pelas comunidades indígenas das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos é baseado em pastejo extensivo de baixa densidade em pastagens nativas dos campos de lavrado. Nesse contexto, esse trabalho pretende responder os seguintes questionamentos:

- As Terras Indígenas do lavrado de Roraima atuam na conservação dessa ecorregião amazônica?

- A pecuária de baixo impacto em pastagens naturais do lavrado pode ser identificada a partir de índices espectrais de vegetação?

- Considerando que imagens coletadas por drones, com sensor RGB, apresentam um melhor custo benefício, o índice de vegetação MPRI, baseado nas bandas RGB, pode ser

usado para monitorar pastagens naturais assim como o índice de vegetação NDVI, baseado nas faixas espectrais do Vermelho e Infravermelho Próximo?

O trabalho está dividido em 4 capítulos, sendo este uma breve introdução das áreas protegidas de Roraima e principalmente do lavrado, bem como das práticas de pecuária feita por comunidades indígenas das savanas de Roraima. No segundo capítulo desta dissertação pretende-se fazer uma breve caracterização socioambiental das TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos, e do lavrado de Roraima. O terceiro capítulo buscou avaliar a dinâmica de uso e ocupação do solo das terras indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos ao longo de 35 anos. Já o quarto capítulo, utilizou dois índices de vegetação extraídos a partir de imagens de alta resolução espacial para compreender suas características de aplicação e para avaliar dinâmica da pecuária em pastagens nativas nas TIs do estudo.

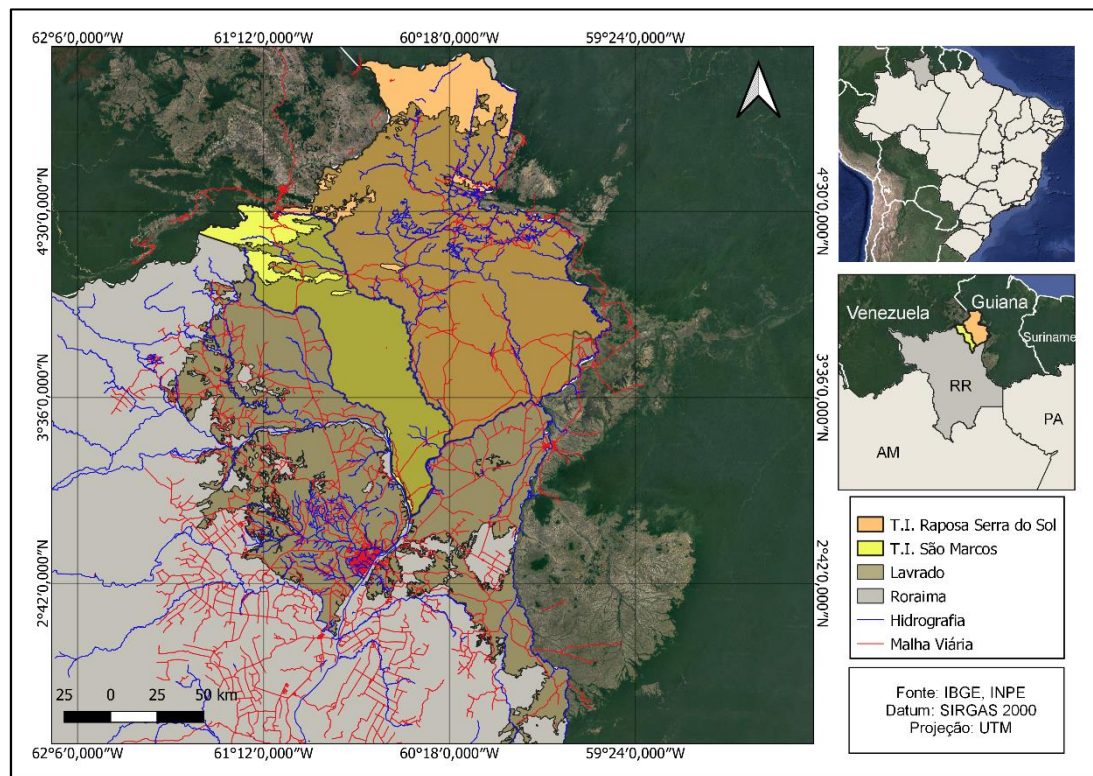
Capítulo II: Contextualização das Terras Indígenas e do Lavrado de Roraima

Neste capítulo pretende-se abordar o histórico das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos, bem como as características socioambientais dessas Áreas Protegidas e do Lavrado de Roraima, termo regionalmente equivalente ao Cerrado, utilizado para denominar a savana de Roraima com vegetação predominantemente campestre e arbóreo-arbustiva.

Área de Estudo

A unidade de análise do trabalho estende-se pelas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos, localizadas no nordeste do estado de Roraima. A Terra Indígena Raposa Serra do Sol, a segunda maior do estado, possui uma população de aproximadamente 26.048 habitantes (ISA, 2019), e compreende uma área de 1.747.464 hectares, que inclui a sobreposição com o Parque Nacional do Monte Roraima. A bacia hidrográfica que a compõe é a do Rio Branco, principal afluente do Rio Negro, importantes rios para abastecimento público e conservação ambiental da região (RICARDO et al., 2011). Também inserida na bacia do Rio Branco, está localizada a Terra Indígena São Marcos, que possui 654.000 hectares de área e uma população de aproximadamente 5.838 habitantes (ISA, 2015).

Figura 2: Localização da Área de Estudo – Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos



A demarcação e homologação da Terra Indígena Raposa Serra do Sol, de 2009, localizada nos municípios de Normandia, Pacaraima e Uiramutã, foi marcada por diversos conflitos com fazendeiros que migraram para a região. A Terra Indígena São Marcos vizinha da anterior, tem em sua área resíduos de fazendas do período colonial e teve sua demarcação e homologação no ano de 1991, através do Decreto N° 312/91. Este território é caracterizado como de ocupação tradicional e permanente indígena, e está localizado nos municípios de Pacaraima e em parte da capital do estado, Boa Vista (BRASIL, 1991).

A atividade pecuária se desenvolve desde 1885 na região realizada por fazendeiros que promoveram a criação de gado nessas áreas em virtude à boa adaptação do gado aos campos naturais do Lavrado (Ricardo et al., 2011). No início da atividade, os indígenas foram expulsos das terras ou incorporados como mão-de-obra análoga à escravidão (BARBOSA, et. al., 1993). A partir de meados de 1970, a criação de gado pelos povos indígenas passa a ter um importante papel no processo de retomada das terras ocupadas pelas fazendas. Com o projeto de criação de gado comunitário intitulado ‘uma vaca para um índio’, implantado a partir de 1979 com apoio da Diocese de Roraima e posteriormente estimulado também pela Funai (BARBOSA, et. al., 1993), a atividade

pecuária passou a ser realizada pelos indígenas, que vêm promovendo a produção de alimento e uma alternativa de inserção dos povos tradicionais na economia local.

O estado de Roraima apresenta grande importância socioambiental com uma relevante presença de oito povos indígenas transfronteiriços e de 40 áreas protegidas federais (32 Terras Indígenas que somam 46.3% da área do Estado e oito Unidades de Conservação Federais, das quais duas são de uso sustentável e seis de proteção integral, que somam 6.6 % do território). Estas áreas formam com outras áreas contíguas da Guiana, Venezuela e Colômbia o mais extenso corredor de áreas protegidas da Amazônia, situado na porção noroeste da região (RICARDO et al., 2011), onde está inserido o Lavrado de Roraima, termo usado regionalmente para a região das savanas de Roraima.

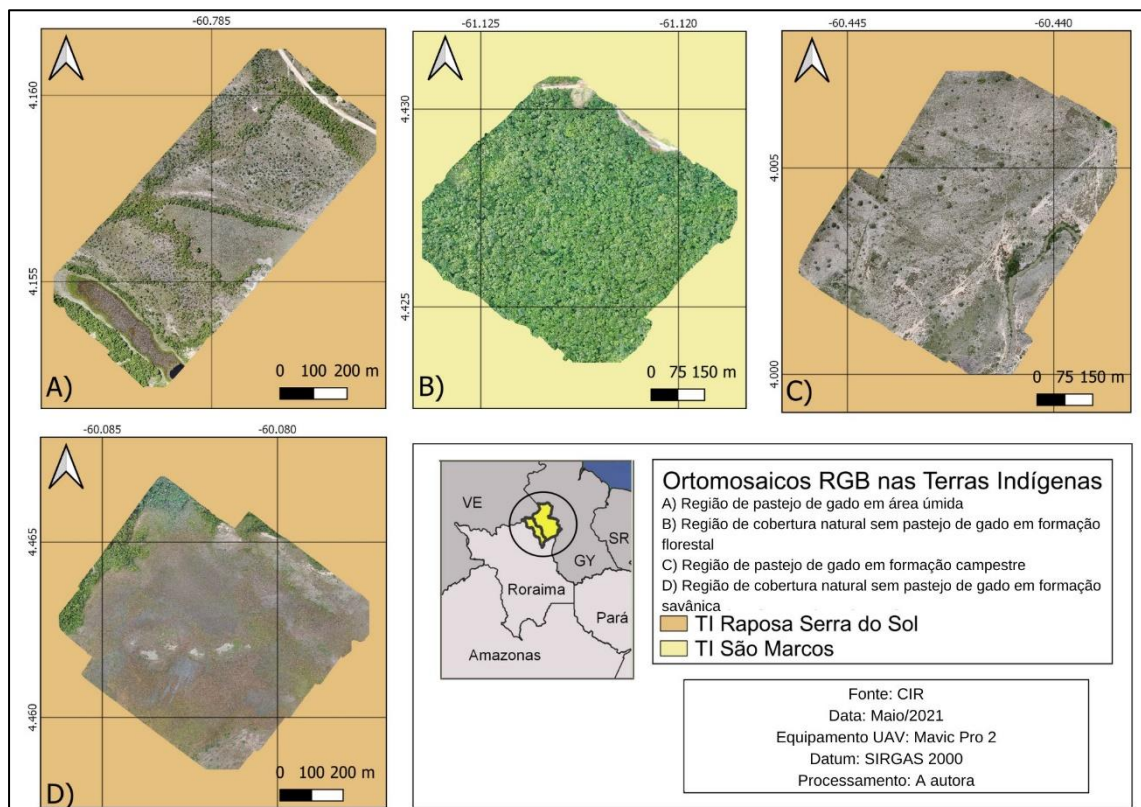
De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é tropical do tipo Aw (tropical úmido sem estação fria), caracterizado por sua temperatura média anual de 26°C e estação seca acentuada com pico entre dezembro e março, sendo os demais meses chuvosos, entre abril e setembro (ALVARES et al., 2013; VELOSO et al., 1975). Na região de Lavrado em Roraima, o clima é definido por estações secas prolongadas, chegando até seis meses, inserida entre dois centros de alta precipitação geográficos: as Guianas, que recebem de forma direta a umidade atlântica transportada pelos ventos alísios de leste a nordeste e a Amazônia Central, região situada na zona de convergência intertropical (CORDEIRO et al, 2008). O regime sazonal de precipitação que define as duas estações, seca e chuvosa, revela um padrão inverso do que se verifica nas áreas meridionais da Amazônia. Essa zona fitoclimática de savana na porção nordeste de Roraima apresenta precipitação entre 1.100 mm e 1.400 mm ao ano, caracterizada por ecótonos, florestas sazonais e áreas de pastagens de baixa e alta altitude (BARBOSA, 1997).

Na região das Terras Indígenas as unidades geológicas mais representativas são a Formação Boa Vista, na porção sul, onde a declividade é predominantemente plana, Grupo Surumu ao Norte da TI São Marcos e na faixa central da TI Raposa Serra do Sol, e a Formação Uaimapué, na porção norte da TI Raposa Serra do Sol, onde o relevo é mais movimentado (REIS et al, 2003). Entre as classes de relevo (CARVALHO et al., 2016), destaca-se as Superfícies Aplainadas (conservadas e degradadas) predominantemente na área plana das Terras Indígenas, e os domínios montanhosos, de colinas e morros, ao norte da TI São Marcos e no centro e norte da TI Raposa Serra do Sol, que apresenta ainda relevo de escarpas, chapadas e platôs no seu extremo norte. Os solos da região do lavrado,

em geral, são ácidos e pobres em nutrientes e matéria orgânica (MIRANDA & ABSY, 2000), assim como os solos encontrados nas savanas do Cerrado na região central do país.

Roraima possui grande diversidade de paisagens e fitofisionomias, como florestas e savanas, o qual compõe a maior área de campos naturais da Amazônia (Ricardo et al., 2011). O Lavrado de Roraima representa uma das principais áreas de savana com alto endemismo na América do Sul, se diferenciando do Cerrado, o qual por sua vez apresenta uma maior variação de altitude e precipitação, resultando em um grande mosaico predominantemente graminoso, arbustivo e arbóreo, com fragmentos florestais, principalmente ao longo de rios, apresentando ainda veredas e buritizais. No Lavrado, a vegetação aberta está adaptada a características climáticas extremas, resistindo a longos períodos de seca, calor intenso e alta incidência solar, e sendo capaz de sobreviver ou ressurgir rapidamente após a passagem do fogo e chegada das primeiras chuvas (BARBOSA et al., 2007).

Figura 3: Fitofisionomias da Vegetação nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos



Barbosa et al (2008) apontam que, por definição fitogeográfica, essa paisagem faz parte da ecorregião das “Savanas das Guianas”, pertencente ao bioma Amazônia, e

embora se assemelhe com a aparência e estrutura física do bioma Cerrado, há especificidades ecológicas e florísticas que distinguem as savanas do extremo norte amazônico, sendo mais pobres em espécies vegetais arbóreas em relação às savanas do Planalto Central brasileiro.

Segundo Miranda & Absy (2000), nas savanas de Roraima podem facilmente ser identificados três estratos: herbáceo, arbustivo e arbóreo. Savanas graminosas, sem *Byrsonima verbascifolia* são dominantes nas Serras do Norte do Estado; entre as savanas arbustivas e arbóreas, as savanas abertas são as mais frequentes em Roraima, e localizam-se em toda a região das savanas e ao Norte, formando um mosaico com as savanas arborizadas. Quatro tipos fisionômicos, com características estruturais bem definidas, foram identificados nas savanas de Roraima: savana graminosa, savana aberta, savana arborizada e savana parque, também conhecida como parque de cerrado (BARBOSA et al, 2004).

Apesar da semelhança com o bioma Cerrado, o Lavrado de Roraima representa uma paisagem única sem correspondente em outras localidades do Brasil. Campos et. al. (2008) afirmam que as Terras Indígenas possuem papel fundamental na preservação do Lavrado, já que muitas fitofisionomias são endêmicas nesta região.

Cerca de mais da metade do ecossistema, é ocupado por 27 Terras Indígenas, sendo a Raposa Serra do Sol e a São Marcos as maiores em área, somando juntas quase metade (55%) de toda a área do Lavrado, incluída a área do Parque Nacional do Monte Roraima (Unidade de Conservação federal), em sobreposição.

Trata-se de uma região altamente diversificada que presta serviços ecossistêmicos e socioambientais de grande relevância para o país (RICARDO et al., 2011), como a produção de água, o controle do clima e a conservação da etnobiodiversidade. Embora mais da metade da região esteja protegida em Terras Indígenas, no Lavrado não existem Unidades de Conservação que englobem uma porção significativa das fitofisionomias de savanas existentes nesta ecorregião amazônica (BARBOSA et. al, 2007).

Capítulo III – A Importância dos Povos Indígenas na conservação do Lavrado de Roraima

1. INTRODUÇÃO

O lavrado de Roraima, que é classificado como pertencente à ecorregião das Savanas das Guianas, é um ecossistema prioritário para a conservação da biodiversidade da Amazônia (MMA, 2007), caracterizado como uma região alto endemismo na América do Sul com uma grande importância para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos (CAMPOS, et al, 2008). Ainda que a região do lavrado não seja protegida por um número expressivo de Unidades de Conservação, as 27 Terras Indígenas encontradas no lavrado fortalecem a conservação desse ecossistema, e representam 58% da área das savanas de Roraima (FONSECA, 2008), sendo as mais representativas em área, as TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos.

O avanço das ações humanas e comerciais no território do lavrado de Roraima aliado ao conhecimento limitado de pesquisas, da cultura e do patrimônio social dessa ecorregião conferem a essa ecorregião um grau de vulnerabilidade de uma forte necessidade de preservação (NASCIMENTO & LINS, 2017).

Nesse contexto, Batista et al (2020) destacam que os povos indígenas do Brasil são responsáveis pela conservação e pela diversidade biológica de nossos ecossistemas, produto da interação e do manejo da natureza em moldes tradicionais. Alejo et. al (2021) buscaram entender a eficiência dos territórios indígenas como soluções naturais para os problemas causados pelas mudanças climáticas na bacia Amazônica ressaltando que os limites das TIs garantem estoques de carbono mais extensos do que seus arredores, uma vez que o desmatamento nessas áreas é menor. Essa diferença tende a aumentar em direção às áreas menos acessíveis, sugerindo que as Terras Indígenas tem um efeito positivo sobre a conservação de florestas neotropicais.

Mais de 75% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil são atribuídas às mudanças de uso e cobertura do solo (WEST *et al*, 2019; SEEG Brasil, 2021), isso se reflete na Amazônia, que além da mudança de uso do solo, libera CO² também pela degradação florestal (COVEY et. al, 2021). Análises de cenários de mudanças no uso e cobertura do solo na Amazônia são etapas necessárias para apoiar decisões que podem evitar a emissão de milhões de toneladas de CO² na atmosfera (BARNI et al, 2020). Estudos mostram ainda que os efeitos das mudanças de uso do solo aumentariam muito a

probabilidade de fogo relacionado à seca, aumentando também as emissões de carbono na Amazônia (FONSECA et al., 2019).

O monitoramento ambiental em Áreas Protegidas relativo aos impactos negativos da dinâmica de ocupação tem sido cada vez mais associado à ciência do sensoriamento remoto devido à eficiência e custo-benefício dos estudos. O avanço tecnológico tem mostrado o potencial das técnicas de sensoriamento remoto para fornecer informações espaciais de linha de base valiosas para apoiar o monitoramento agrícola e para a análise de sistemas de uso do solo em grande escala (BELLON et. al, 2017).

Destaca-se também no monitoramento de uso e ocupação do solo a abordagem estatística da análise de principais componentes (PCA), que auxilia na identificação de similaridades e diferenças entre os componentes combinados e são análises aplicadas em diversos trabalhos que buscam avaliar dinâmicas de uso do solo a partir de ferramentas de sensoriamento remoto (GALVÃO et. al, 2004; WIEDERKEHR, et. al, 2020, BELLON et. al, 2017). A detecção de alterações baseada em PCA captura variações máximas em um número de componentes e são viáveis para aplicação em sensoriamento remoto com objetivo de extrair informações territoriais (ESTORNERLL et. al, 2013).

Diante da importância do lavrado de Roraima, objetivo geral deste capítulo consiste em entender a dinâmica de uso e cobertura do solo na região das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos e como essas áreas atuam na conservação da vegetação natural do lavrado nos últimos trinta e cinco anos. Os objetivos específicos compreendem a quantificação das áreas das classes de uso do solo nas duas TIs do estudo, em hectares e em porcentagem, a partir dos dados do projeto Mapbiomas (2021) e a realização da análise de principais componentes das classes de uso e ocupação do solo para observar com maior detalhe a variação estatística destas áreas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada tem como base o uso de sensoriamento remoto e ferramentas de SIG, instrumentos cada vez mais importantes na avaliação de impactos ambientais.

2.1. Dinâmica de Uso e Cobertura do Solo das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos

Para avaliar a dinâmica de uso e cobertura do solo nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos foram utilizados os dados gerados pelo Projeto de Mapeamento Anual da

Cobertura e Uso do Solo do Brasil, o Mapbiomas Coleção 6, disponíveis na plataforma Google Earth Engine. O mapeamento realizado pelo Mapbiomas é baseado na coleção de imagens Landsat, com resolução espacial de 30 metros, utilizando a metodologia de classificação Random Forest pixel por pixel, a partir do processamento em nuvem.

Foram utilizados mapas obtidos em formato *raster* (pixel de 30 metros) para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020 convertidas em formato vetorial. As imagens foram processadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (*software* QGis 3.14), indicando a conservação e a perda de vegetação nativa, bem como os tipos de cobertura presentes na área de estudo ao longo da série temporal de 35 anos a partir das métricas espaço-temporais das classes de uso e cobertura calculadas em hectares e porcentagem. Os

Destaca-se que os dados do Mapbiomas apresentam desafios por serem dados independentes anualmente, portanto não indicam mudanças perenes e dificultam a análise dos impactos de sazonalidade.

A partir da análise estatística multivariada, foi utilizada a análise de componentes principais (PCA) com o objetivo de observar a flutuação do aumento e diminuição das classes de uso e cobertura do solo, para avaliar o comportamento estatístico do agrupamento das classes entre os anos analisados.

A análise de componentes principais foi aplicada sobre o conjunto de áreas em hectares das classes encontradas nas duas TIs para manter a variação presente do conjunto das classes de uso e cobertura do solo, utilizando o *software* Statistica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas 1 e 2 mostram o quantitativo de áreas em hectares e em porcentagem, respectivamente, na região das duas Terras Indígenas, já a tabela 8, em anexo, apresenta o quantitativo absoluto em hectares das áreas totais do lavrado em cada classe de uso do solo.

As classes naturais representam mais de 97% da área total das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos em todo o período analisado, revelando o papel fundamental dessas Áreas Protegidas na conservação do lavrado de Roraima, uma vez que mais de 50% do ecossistema se encontra dentro destas duas Terras Indígenas.

Os resultados mostram que mesmo com a produção pecuária feita pelas comunidades indígenas ao longo de mais de 40 anos, não houve alteração significativa

nas áreas de florestas e savanas entre 1985 e 2020, com apenas o aumento de 1% da classe de formação campestre para o mesmo período na área das TIs, como mostra a tabela 2.

Tabela 1: distribuição absoluta em hectares das classes de uso e ocupação do solo nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos entre 1985 e 2020

	1885	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Floresta	377.585,1	383.696,5	379.123,5	383.734,3	379.302,8	377.242,0	378.806,5	379.624,0
Savânica	10.976,6	10.782,0	9.925,8	11.515,2	9.663,3	9.338,6	11.222,2	12.673,9
Campestre	1.940.023,5	1.950.791,3	1.947.432,8	1.958.439,5	1.956.383,1	1.951.911,3	1.969.082,3	1.965.989,9
Campos Alagados	4.609,1	4.525,5	4.617,3	4.611,1	4.615,2	4.624,7	4.547,0	4.546,2
Pastagem	13.576,3	10.487,3	14.994,4	9.838,4	18.591,4	20.931,1	15.507,5	11.460,7
Agricultura	-	0,53	171,7	10,9	1.095,1	4.947,5	2.325,4	2.092,5
Área Urbanizada	29,4	71,8	111,4	132,0	142,7	179,3	187,6	198,9
Rio, Lago	43.565,7	30.011,1	33.992,0	22.086,9	20.569,2	21.185,7	8.669,2	13.774,5

Tabela 2: distribuição em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos entre 1985 e 2020

	1885	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Floresta	15,7%	15,9%	15,7%	15,9%	15,79%	15,7%	15,8%	15,8%
Savânica	0,45%	0,44%	0,41%	0,47%	0,40%	0,38%	0,46%	0,52%
Campestre	80,7%	81,2%	81%	81,5%	81,4%	81,2%	81,9%	81,8%
Campos Alagados	0,19%	0,18%	0,19%	0,19%	0,19%	0,19%	0,18%	0,18%
Pastagem	0,56%	0,43%	0,62%	0,40%	0,77%	0,87%	0,64%	0,47%
Agricultura	-	0,0002%	0,007%	0,0004%	0,04%	0,20%	0,09%	0,08%
Área Urbanizada	0,001%	0,002%	0,004%	0,005%	0,005%	0,007%	0,007%	0,008%
Rio, Lago	1,81%	1,24%	1,41%	0,91%	0,85%	0,88%	0,36%	0,57%

Para todos os anos da análise, a pastagem representa menos de 1% da área das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos, com os maiores percentuais entre 2005 e 2010, representando cerca de 18.000 e cerca de 20.000 hectares, respectivamente.

Quando comparado às áreas fora das TIs, houve um grande aumento das pastagens, com cerca de 25.078 hectares em 2005 e em 2010 cerca de 45.389,8 hectares, já no ano de 2020, a classe de pastagem apresentou uma expansão cerca de 465% maior em relação ao ano de 1985.

O quantitativo de áreas de pastagem em todo o Lavrado pode apresentar subnotificação, uma vez que dentro das TIs são utilizadas pastagens naturais (formação campestre) e o manejo da pastagem é feito sem introdução de espécies exóticas. Apesar das imagens Landsat com resolução de 30 metros utilizadas na classificação apresentarem limitações, a acurácia do mapeamento da coleção 6 do Mapbiomas no nível 2 para o bioma Amazônia é de 96,6% e para o bioma Cerrado com características de vegetação semelhantes ao lavrado a acurácia do mapeamento é de 74,9% demonstrando os desafios do mapeamento desse tipo de cobertura. Já para a classe de pastagem na Amazônia, a acurácia é de 93,2% e no Cerrado de 94,7%.

As figuras 4 e 5 apresentam os mapas de uso e cobertura do solo das TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos e do lavrado de Roraima, nos anos de 1985 e 2020, respectivamente, mostrando a distribuição espacial das classes presentes nessas áreas, sendo a formação campestre a mais representativa dessa região de savana na Amazônia.

Figura 4: Mapa de Uso e Cobertura do Solo nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos em 1985

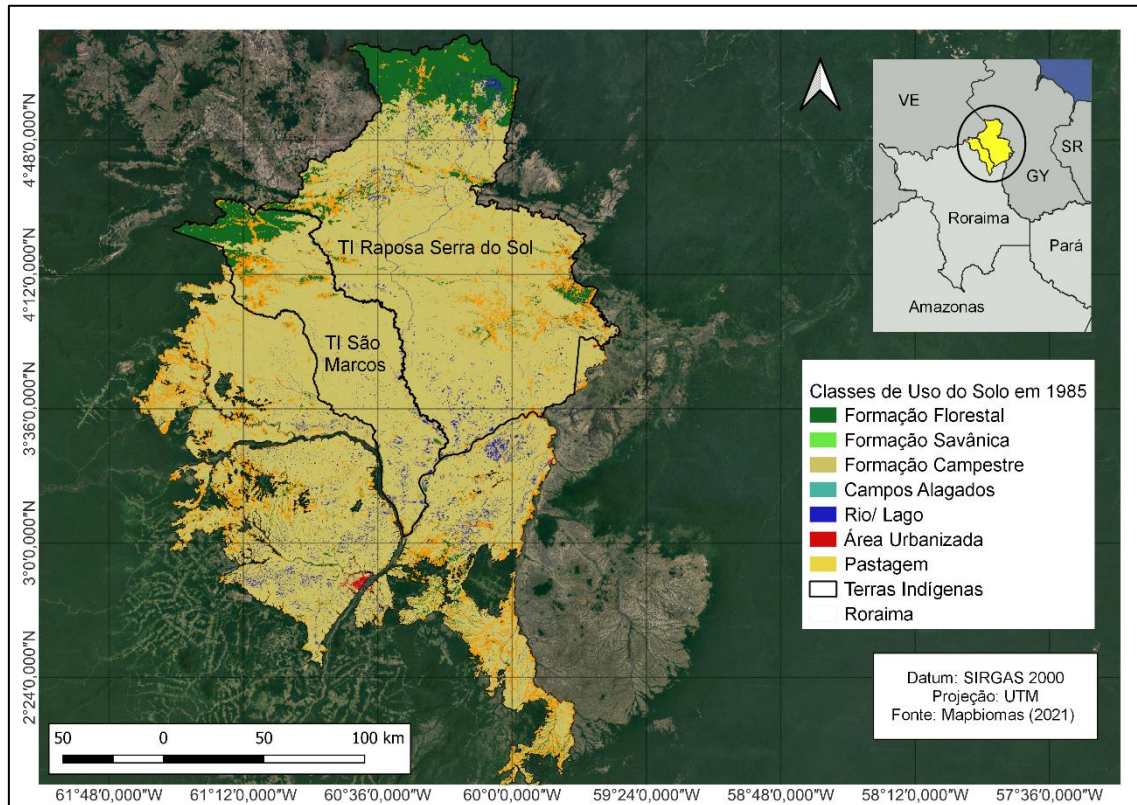
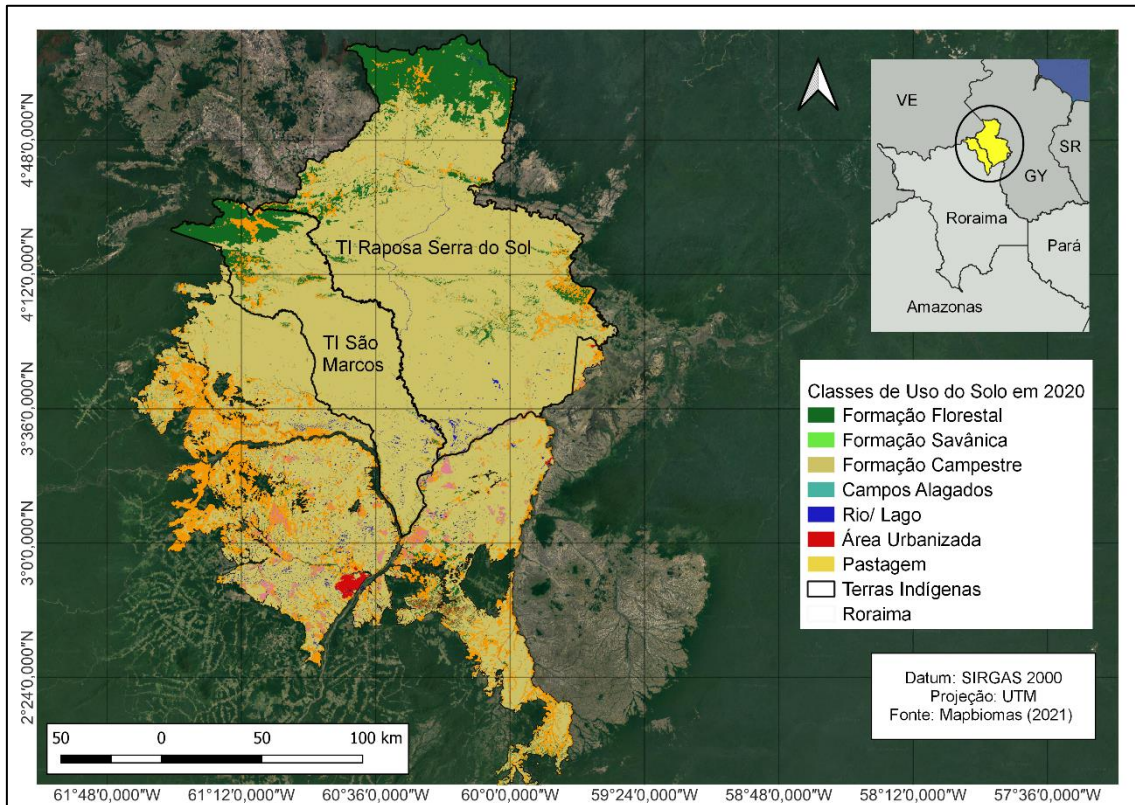


Figura 5: Mapa de Uso e Cobertura do Solo nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos em 2020



Nota de observação: as classes de formação savânica e campos alagados são pouco representativas visualmente no mapa, embora estejam presentes na área de estudo e nos cálculos das tabelas 1 e 2.

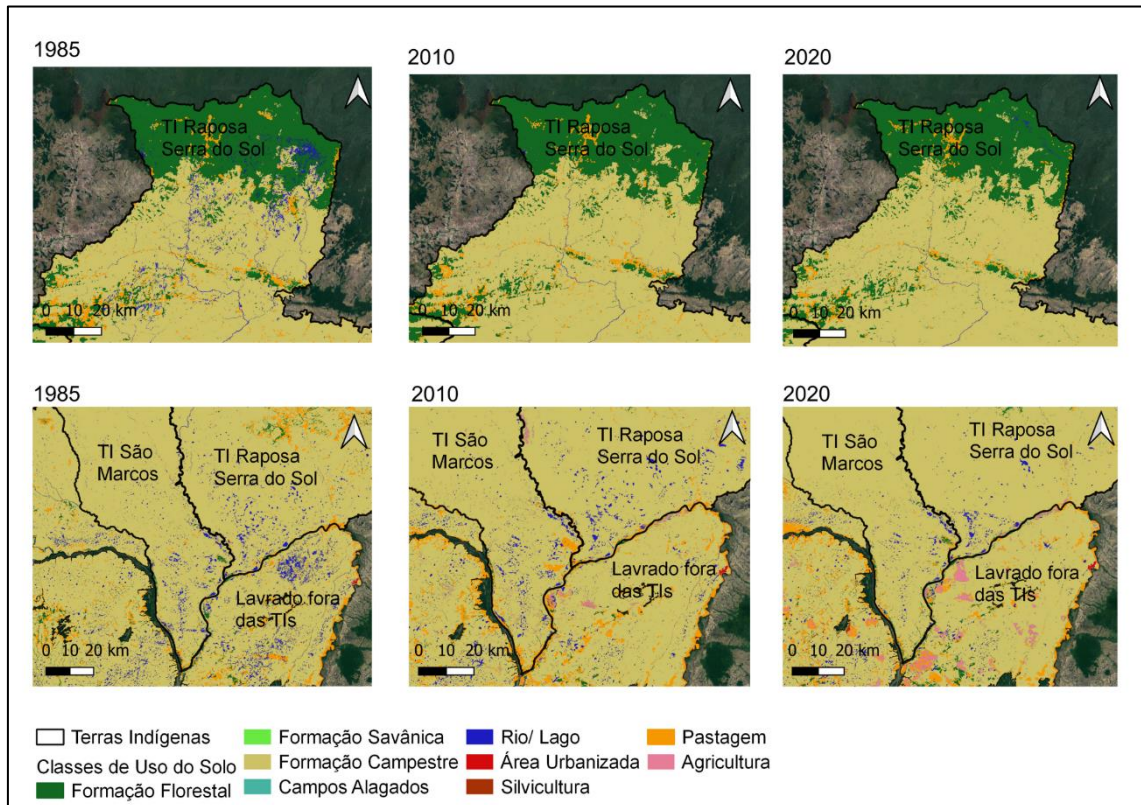
Na figura 5 nota-se ainda o incremento das áreas de pastagem e agricultura na região de lavrado fora do limite das TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos, em 2020, demonstrando o avanço de atividades antrópicas potencialmente impactantes.

Observando os cálculos de área das TIs na tabela 1 e de todo o lavrado na tabela 8 (em anexo) destaca-se a classe de rios e lagos apresentando a maior perda de área ao longo da série histórica, com uma diminuição de cerca de 29.791,2 hectares nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos, e nas áreas fora das TIs, uma diminuição de cerca de 18.986,3 hectares, comparando 1985 e 2020.

Dados da Embrapa Roraima mostram que em 2018 foram plantados no Lavrado de Roraima 38.200 hectares de soja com projeções de crescimento desse cultivo na região para os próximos anos devido às características topográficas que favorecem a mecanização, entretanto essa cultura exige uma grande demanda hídrica (SMIDERLE et. al, 2019).

Mais da metade da classe de campos alagados da ecorregião do lavrado se encontram nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos, apresentando uma perda de 62,9 hectares em relação a 1985 nas duas Terras Indígenas e de 294,3 hectares no lavrado fora das TIs.

Figura 6: Mapas de Uso e Cobertura do Solo em Regiões do Lavrado e das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos



A figura 6 apresenta áreas aproximadas das principais regiões classificadas pelo Mappiomas como rios e lagos, além de apresentar o avanço das classes de agricultura e pastagem no limite sul das duas TIs, mostrando a expansão da agropecuária na região de lavrado e destacando a importância de incorporação de práticas de manejo conservacionistas que promovam a preservação do lavrado de Roraima.

Além do crescimento do agronegócio na região, projetos políticos, como o Projeto de Decreto Legislativo 28/2019 com objetivo de diminuição da área da Terra Indígena São Marcos, (Câmara dos Deputados de Roraima, 2020) e o Projeto de Lei 191/2020, que regulamenta exploração de minérios e potencial hidroelétrico em Terras Indígenas, resultando em invasões de garimpeiros à TI Raposa Serra do Sol (Fiocruz, 2020), são,

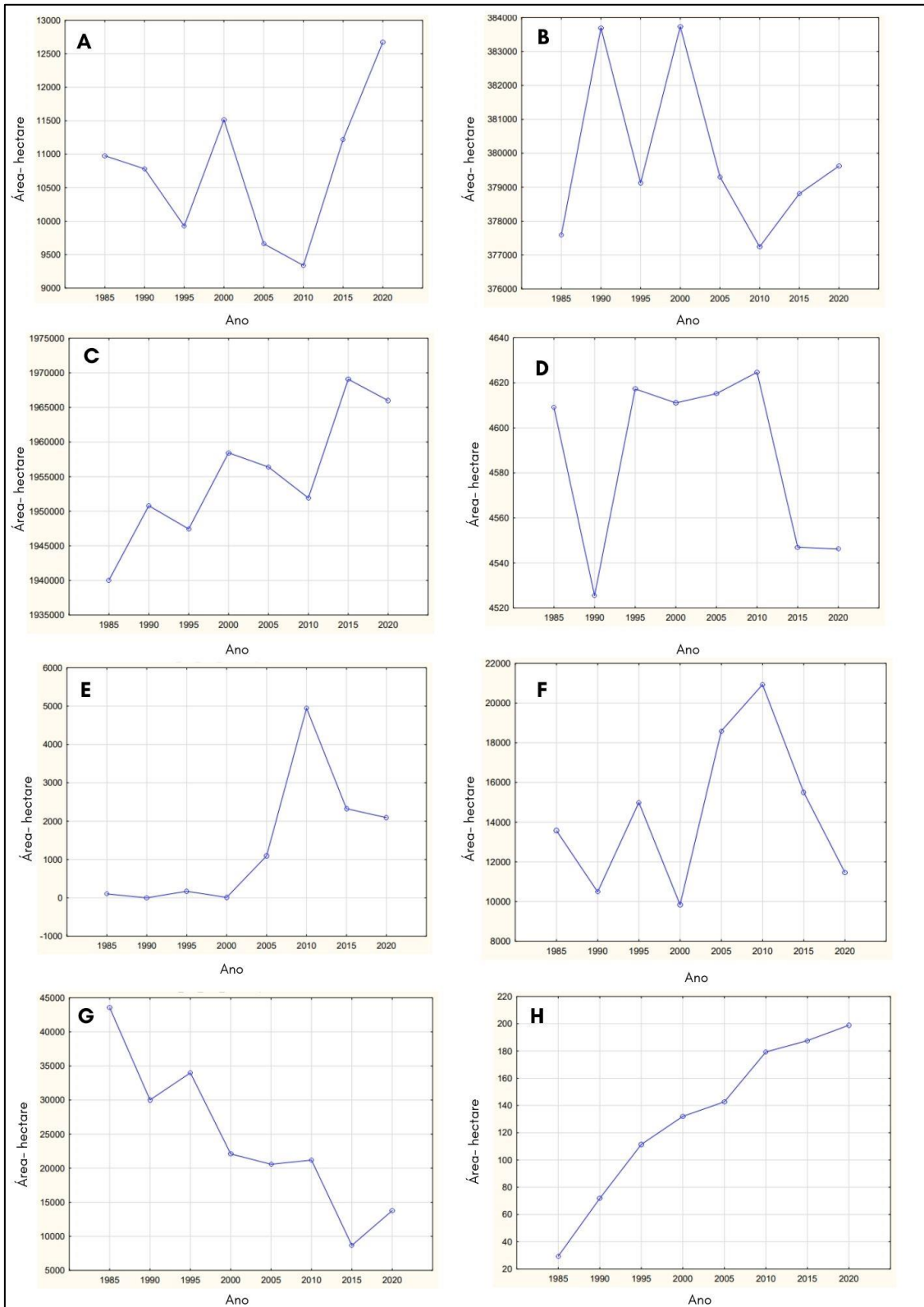
entre outras ações, ameaças com potencial de comprometer ainda mais a conservação do lavrado.

A figura 7 apresenta os gráficos de área da série temporal para cada classe de uso e cobertura do solo presente nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos. O gráfico A mostra que as áreas de formação savânica estão em constante aumento a partir de 2010. Já a classe de formação florestal, apresentada no gráfico B mostra uma redução mais expressiva de áreas principalmente entre 1990 e 1995 e no intervalo de 2000 e 2005, quando ocorre o aumento da classe de pastagem, porém a partir de 2010 as áreas de floresta voltam a aumentar, podendo esse aumento estar associado à demarcação da TI Raposa Serra do Sol em 2009, garantindo menores taxas de desmatamento.

O gráfico D mostra a dinâmica da classe de campos alagados, que apresenta uma diminuição de área a partir de 2010, mesmo período em que áreas de pastagem e agricultura apresentam maior área (gráficos E e F). O gráfico G mostra que a dinâmica das áreas de rios e lagos apresentam uma redução nos 35 anos de análise, mas a partir de 2015 as áreas de rios e lagos apontam um crescimento de aproximadamente 5 mil hectares. Essa diminuição pode estar associada ao aumento das áreas de agricultura e pastagem, à processos erosivos, uso de fogo e aumento de áreas urbanizadas. É válido ressaltar que essas classes relacionadas à presença de água mapeadas pelo Mapbiomas são muito dependentes da sazonalidade, por isso variam muito de um ano para outro.

As áreas de formação campestre (gráfico C) apresentaram crescimento de maneira geral, se comparado os anos de 1985 e 2020, bem como a classe de área urbanizada (gráfico H) apresentou crescimento constante em área, saindo de 29 hectares em 1985 para aproximadamente 200 hectares em 2020.

Figura 7: Gráficos da Série Temporal da Dinâmica de Uso do Solo nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos.



A: Formação savânica; B: Formação florestal; C: Formação campestre; D: Campos alagados; E: Agricultura; F: Pastagem; G: Rios/lagos; H: Área urbanizada.

Apesar da conservação das áreas de vegetação natural, é importante ressaltar que houve diminuição das áreas de rios e lagos ao longo dos 35 anos;

A Análise de Componentes Principais descrita na tabela 3, indica a projeção da variância nos fatores 1 e 2, que explicam 40,7% e 35,2%, respectivamente, com valores negativos em classes de cobertura natural em relação as classes de uso antrópico, demonstrando que as perdas ocorridas nas classes de formação florestal, savânica, campestre e em campos alagados se dão em função do aumento das classes de área urbanizada, agricultura e pastagem.

Tabela 3: Análise de Componentes Principais do Uso do Solo nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos

Variável	Fator 1	Fator 2
Floresta	-0,901884	-0,160039
Savana	-0,841851	-0,151234
Campestre	-0,577594	0,175768
Campos Alagados	0,767727	-0,276157
Pastagem	0,666200	0,685311
Agricultura	0,206609	0,957846
Urbano	-0,279898	0,835123
Rios/Lagos	0,497614	-0,761277
Expl.Var	3,257600	2,819736
Prp.Total	0,407200	0,352467

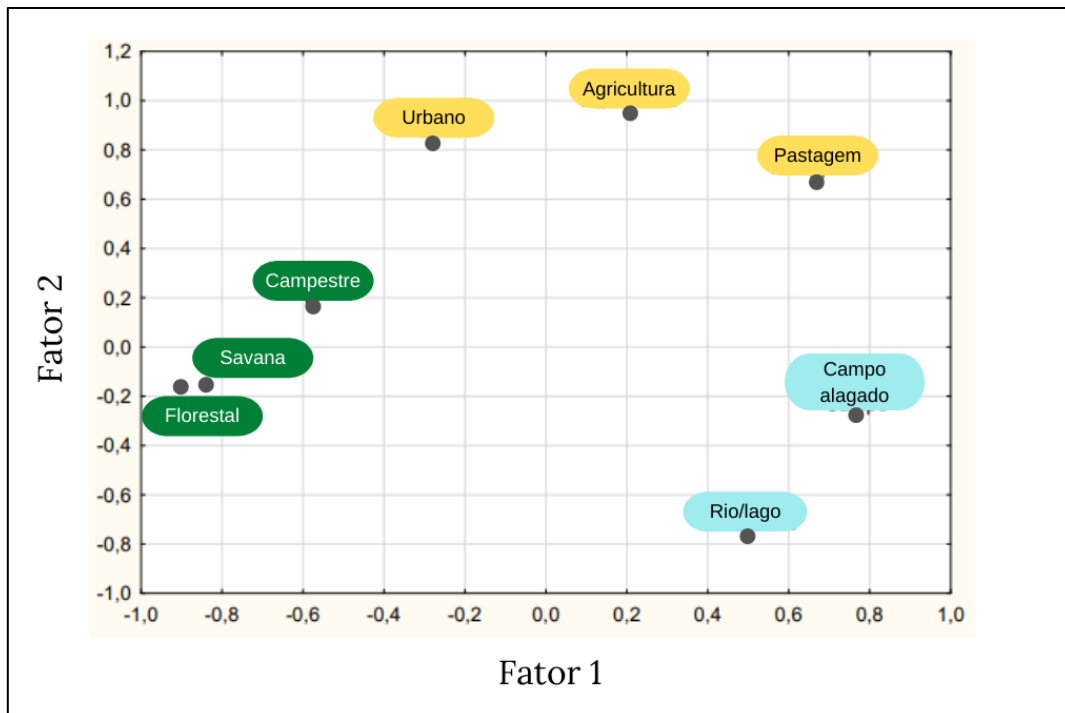
Elaboração: A autora

No fator 1 os maiores valores correspondem as áreas naturais de uso e ocupação do solo, já no fator 2 há predominância das classes antrópicas que explicam 35,2% da variabilidade de uso do solo que ocorreram nas duas TIs. A classe de rios e lagos também aparece com altos valores no fator 2, porém negativos, tendo uma relação inversamente proporcional ao uso antrópico reforçando que a ação antrópica influencia fortemente na diminuição destas áreas.

O agrupamento das classes é representado no gráfico da figura 8. As classes de vegetação natural são agrupadas por proximidade; o mesmo ocorre nas classes de uso antrópico e entre as classes relacionadas à presença de água, mostrando 3 compartimentos que exercem entre eles uma influência na variação de áreas.

Os resultados alertam para a necessidade de proteção das áreas de veredas e igarapés, vegetações associadas a áreas úmidas, que tiveram impacto proveniente da pastagem e agricultura mesmo dentro das Terras Indígenas, como indica os componentes da PCA, no fator 2.

Figura 8: Análise de Componentes Principais do Uso do Solo nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos



A figura 8 mostra o agrupamento de 3 principais clusters. Os valores negativos no fator 1 ocorrem em formação florestal, campestre, savânica e área urbanizada, apesar da classe de área urbanizada estar negativa no fator 1 (-0,279898), ela tem mais representatividade no fator 2, com um valor de 0,835123.

Já no fator 2 acontece uma correlação contrária ao fator 1, onde os valores negativos ocorrem em rios/lagos, campos alagados, formação savânica e florestal. Agricultura e pastagem são as únicas classes que permanecem positivas nos dois fatores de distribuição da análise de componentes principais, com maiores valores no fator 2, isso reforça a relação inversamente proporcional com as classes naturais.

4. CONCLUSÕES

A dinâmica de uso e ocupação do solo nas TIs mostrou que áreas de formação savânica, formação florestal e formação campestre se mantiveram sem perdas expressivas nos 35 anos de análise, porém a classe de rios e lagos e campos alagados tiveram uma diminuição ao passo que áreas de agricultura, pastagem e área urbanizada aumentaram, a análise de componentes principais explicou essa relação entre classes de uso natural e antrópico nas TIs.

A PCA, usada para avaliar a variabilidade das perdas e ganhos das classes nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos indicou que a distribuição espacial das classes naturais, fortemente explicadas pelo fator 1, são inversamente proporcionais as classes de uso antrópico explicadas pelo fator 2, sendo as classes de agricultura e pastagem as classes que exercem mais influência sobre a perda de áreas naturais, principalmente na diminuição da classe de rios e lagos, indicando possíveis impactos relacionados ao assoreamento destas áreas.

Capítulo IV – Utilização de Índices de Vegetação em Imagens de Alta Resolução para Avaliação de Impactos da Pecuária nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos

1. INTRODUÇÃO

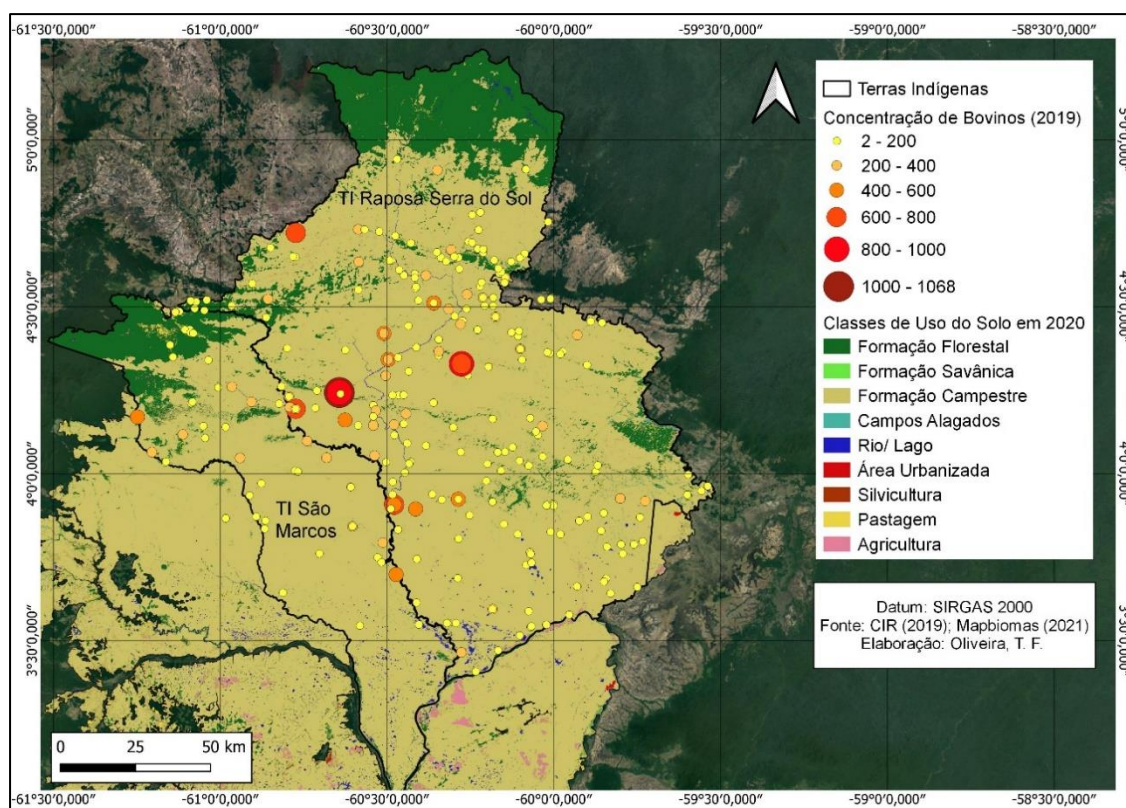
A temática da produção pecuária no bioma Amazônia se caracteriza como uma atividade que gera intensos impactos ambientais principalmente associados ao desmatamento e agravamento de ameaças climáticas (MELADO, 2007; ASSIS & ZAMPIERI, 2021). Nas últimas décadas, grandes áreas da floresta Amazônica vêm sendo intensamente modificadas pela agropecuária (ZANCHI et al., 2009; MAPBIOMAS, 2021; GARCIA, et al., 2017).

O Lavrado de Roraima é uma das regiões do estado fortemente afetada por desmatamentos, incêndios florestais e extração seletiva de madeira ligados à expansão da agricultura e pastagem (BARNI *et al.*, 2016). Costa et al. (2010) destacam que características de sazonalidade e fertilidade do solo da região estão entre os principais fatores limitantes para o aumento da produtividade pecuária nas pastagens nativas do Lavrado de Roraima, onde o uso do fogo é o principal tipo de manejo associado.

As Terras Indígenas e demais Áreas Protegidas tem uma função importante na conservação dos estoques de carbono e promoção da redução de gases do efeito estufa nas áreas de savana (BARNI *et al.*, 2016). Existem cerca de 73 milhões de toneladas de carbono armazenados em toda Amazônia, no qual 58% deste total se encontram em Áreas Protegidas, estima-se ainda que dentro dessas áreas ocorrem baixas taxas de emissão de carbono, revelando a importância dos territórios indígenas e áreas protegidas no combate ao desmatamento e manutenção do clima (RAISG, 2019).

Boas práticas de manejo em sistemas de pecuária são cada vez mais necessários para aliar a produção animal à conservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos. Conhecimentos tradicionais dos povos indígenas sobre a criação de gado são pouco explorados na literatura no que diz respeito ao etnodesenvolvimento, soberania alimentar e autonomia desses povos (SILVA, 2012). Nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos, inseridas no Lavrado de Roraima, a prática do pastoreio está associada ao aproveitamento da pastagem nativa do Lavrado que apesar de ser bem representativo em toda a área das TIs, possui baixa concentração de gado (figura 9). Estabelecendo um manejo tradicional sem supressão da vegetação, buscando incorporar projetos de Pecuária Ecológica de rebanho comunitário, a prática da pecuária propicia o etnodesenvolvimento das comunidades com menores quantitativos de emissões de CO² (SILVA, 2012).

Figura 9: Concentração de Gado nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos em 2019.



Entre os objetivos da Agenda 2030, estabelecidos no Acordo de Paris (2015) pelos países inseridos na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, está o de assegurar sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas que ampliem a produtividade, conservando ecossistemas e a capacidade de adaptação às mudanças do clima, sendo metas assumidas também pelo Brasil.

O uso sustentável de recursos naturais e iniciativas produtivas indígenas representa um dos eixos da PNGATI – Política Nacional de Gestão Ambiental e Territorial de Terras Indígenas (Decreto Nº 7.747/2012), que tem entre seus objetivos promover a sustentabilidade ambiental das iniciativas de criação de animais de médio e grande porte. Lucio *et. al* (2014) destacam que sistemas de pecuária são variados e se diferem em função do seu grau de intensidade, do tipo de pastoreio utilizado (pastagens naturais versus plantadas) e do manejo do fogo associado.

Monitorar alterações em áreas protegidas através de observações remotas pode ser uma boa estratégia de manejo das áreas de vegetação nativa e daquelas áreas destinadas ao uso tradicional. Segundo Ramos et al. (2020) a utilização de sensoriamento remoto e ferramentas do geoprocessamento possibilitam identificar, espacializar e dimensionar as

mudanças antrópicas causadas na natureza, possibilitando o mapeamento do uso da terra e da vegetação, bem como impactos ambientais, colaborando com o monitoramento e planejamento de atividades que oferecem potencial de degradação ao meio ambiente. O mapeamento do uso da terra e da vegetação natural pode subsidiar ações que visam ao estabelecimento de práticas de desenvolvimento sustentável e à implementação de políticas de conservação e uso sustentável da biodiversidade (ABREU E COUTINHO, 2014).

Imagens de satélite com alta resolução espacial auxiliam no monitoramento das dinâmicas que ocorrem no ambiente de maneira mais precisa. A exemplo desse avanço, se destacam as imagens da constelação de nanossatélites Planet com resolução espacial de 3 a 5 metros e resolução temporal de um dia. As imagens do sensor Planet são obtidas com bandas RGB e infravermelho próximo, sendo amplamente utilizadas para aplicação de índices de vegetação em estudos agrícolas (DOS REIS, et. al, 2020; JUNIOR, 2018). Além do monitoramento da vegetação por meio de imagens de satélite, o uso de fotografias aéreas coletadas por RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), ou drones, permite caracterizar o ambiente com dados de alta resolução espacial, destacando os diferentes tipos de vegetação presentes nas savanas tropicais, e apoiar a análise da dinâmica de ecossistemas (DA COSTA, et al, 2021; SILVA, et al, 2021). O sensoriamento remoto feito a partir de RPAS, tem se destacado pelo bom custo-benefício, alinhando maior resolução espacial e temporal das imagens, com uma logística facilitada para o registro de amostras (BATISTOTI, et. al, 2019).

Os índices de vegetação (IVs), obtidos a partir de produtos do sensoriamento remoto, realçam o comportamento espectral da vegetação correlacionando-se os seus resultados com os aspectos biofísicos, tais como biomassa, Índice de Área Foliar (IAF), vigor da vegetação, cobertura do solo, atividade fotossintética, dentre outros. Esses índices normalmente são utilizados para caracterizar a presença de vegetação fotossinteticamente ativa na superfície bem como sua distribuição espaço-temporal a qual é inerente às condições climáticas e aos ciclos fenológicos anuais (ABREU e COUTINHO, 2014).

Entre os índices mais utilizados para caracterizar a vegetação está o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), amplamente utilizado em diversos trabalhos para monitoramento de pastagens (Andrade, et. al. 2017; Bueren, et. al, 2015). Aires

(2018) destaca o NDVI como um dos índices mais utilizados como indicador das alterações na cobertura vegetal, principalmente por apresentar alta sensibilidade, tanto para a vegetação esparsa quanto para a vegetação mais densa. Comparações entre os índices de vegetação NDVI e MPRI (Modified Photochemical Reflectance Index) tem demonstrado que o MPRI, calculado através de bandas espectrais no visível (RGB), é em geral bastante eficiente para auxiliar na caracterização da vegetação (SAMPAIO et. al, 2020; BARBOSA et al, 2019).

Considerando que pastagens bem manejadas, nativas ou cultivadas têm elevada capacidade de sequestro e estoque de carbono (SEGNINI et. al, 2007), o objetivo geral deste capítulo consiste em comparar diferentes índices de vegetação extraídos a partir de imagens de satélite de alta resolução espacial e imagens de aerolevanteamento com RPA (drone) para avaliar áreas de pastagem nativa em relação à conservação da vegetação, nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos. Os objetivos específicos compreendem a coleta e processamento das imagens utilizadas, a elaboração dos IVs e a análise estatística de correlação e análise de variância (ANOVA) dos IVs.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dois índices de vegetação em áreas com e sem pastejo de gado dentro das TIs. O índice MPRI foi testado para avaliar seu desempenho como um índice que substitua o NDVI em análises de vegetação utilizando apenas bandas espectrais do visível (RGB), uma vez que nem todo imageamento feito a partir de drones possui um sensor multiespectral com bandas na região do infravermelho próximo, como é o caso das imagens usadas para o cálculo do NDVI, buscando assim uma alternativa com maior custo benefício para uso de imagens coletadas por RPAs (drones).

Para indicar a vegetação fotossinteticamente ativa através de bandas RGB com o objetivo de testar um índice de maior custo benefício para aplicação em imagens de drone, foi utilizado o índice de vegetação MPRI desenvolvido por Yang et al. (2008), que busca destacar a resposta espectral da vegetação na região do espectro visível, bandas verde e vermelho, podendo ser comparado ao NDVI (SAMPAIO et. al, 2020). Equação 1. O índice normalizado MPRI se mostrou eficiente na utilização da luz para capturar diferenças da vegetação e a cobertura do solo, a partir da interação entre a banda do verde e vermelho, independente ao uso de uma banda do infravermelho (SAMPAIO et al., 2020).

$$\text{Equação 1: MPRI} = (R \text{ green} - R \text{ red}) / (R \text{ green} + R \text{ red}).$$

Onde, $R\lambda$ é o valor digital da reflectância no comprimento de onda das bandas do verde (green) e vermelho (red).

Para geração do índice MPRI, foram processadas imagens aéreas coletadas no início do período chuvoso na região do Lavrado, em maio de 2021. As imagens foram obtidas com drone multi-rotor Mavic 2 Pro, embarcado com sensor RGB, em 6 pontos específicos, buscando-se contemplar com imagens de alta resolução espacial três tipos de vegetação, em áreas com e sem a presença de pastejo: formação florestal, formação campestre e áreas úmidas. Os planos de voo foram feitos na plataforma *Dronedeploy*, com aproximadamente 40 hectares por ponto, altura de voo fixada em 120 metros, sobreposição longitudinal de 70% e sobreposição lateral de 65%. O GSD - Ground Sample Distance (distância entre amostras no chão) associado à dimensão do pixel variou entre 3,22 e 4,57 centímetros.

O processamento das imagens foi realizado também na plataforma *Dronedeploy* passando pelas etapas de geração de nuvem de pontos e geração automática do ortomosaico. A partir dos ortomosaicos gerados na etapa de processamento das imagens, foram extraídas as bandas do vermelho e do verde através da calculadora *raster* do software livre *QGIS 3.14.1*, onde também foi aplicada a equação de geração do MPRI.

O NDVI - Normalized Difference Vegetation Index, proposto por Rouse et al. (1973), é um índice de vegetação por diferença normalizada, das bandas do vermelho e infravermelho próximo de uma imagem multi-espectral, segundo a Equação 2:

$$\text{Equação 2: NDVI} = (R \text{ Nir} - R \text{ red}) / (R \text{ Nir} + R \text{ red})$$

onde, $R\lambda$ é o valor da reflectância no comprimento de onda das bandas do vermelho (red) e infravermelho próximo (Nir).

Para o cálculo do NDVI, foram utilizadas imagens do satélite Planet Scope, compostas por 4 bandas espectrais com resolução espacial de 3 a 5 metros referentes ao mês de junho de 2021, obtidas com filtro de nuvens ajustado em 0%. As bandas variam na faixa de 780–860 nm para o Infravermelho próximo e de 590–670 nm para a banda do vermelho.

A seleção das áreas foi associada aos mesmos 6 pontos do levantamento aéreo com RPA (drone), no mesmo período do ano, entre maio e junho. A equação de NDVI foi feita também no *software* Qgis 3.14.0.

Cada índice de vegetação gerado a partir das imagens coletadas com RPA e satélite tiveram os valores dos pixels extraídos através da ferramenta “reporta camada raster de valor único” no *software* Qgis 3.14.1., para a modelagem de regressão não linear.

De posse desses produtos, foi realizada a correlação entre os índices MPRI e NDVI, em função das três classes de vegetação (formação campestre, formação florestal e área úmida) em áreas com pastejo e áreas sem pastejo para obtenção dos valores de R^2 dos testes estatísticos.

A análise de regressão é uma maneira comum em que o teste empírico é usado para desenvolver uma relação matemática que estima uma variável em função de outra. Foram feitos testes de correlação por Regressão Linear e Não Linear utilizando o *software* Statistic com objetivo de verificar a correlação existente entre as variáveis NDVI e MPRI. Foi utilizado o Modelo Exponencial de Regressão Não Linear, que obteve o melhor ajuste. A variável de dependência testada foi o MPRI (Y) e a variável independente (X) usada foi o NDVI.

Foi realizada também uma análise de variância (ANOVA) por distribuição paramétrica das variáveis, para avaliar a existência de diferenças estatisticamente significativas nos valores médios dos índices de vegetação, entre as diferentes classes de vegetação, seguido pelo teste de Tukey para comparação das interações entre as médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

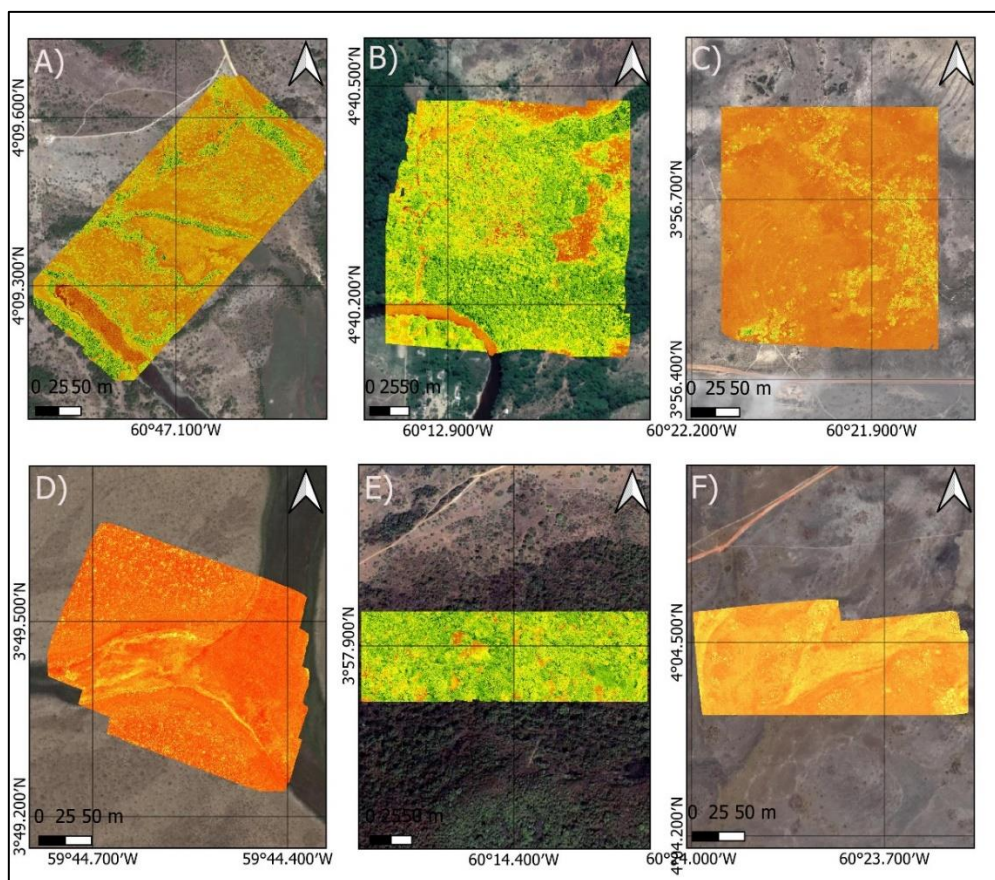
3.1. Correlação Entre os Índices NDVI e MPRI

Os índices de vegetação MPRI e NDVI para as 6 áreas do estudo podem ser observados nas figuras 10 e 11. A análise visual do comportamento dos alvos pelo índice MPRI demonstra semelhança com o índice NDVI em áreas de vegetação mais densa, enquanto na formação campestre e em área úmida, o índice MPRI não realça a coloração

verde dos alvos fotossinteticamente ativos, atribuindo valores menores em geral, se comparado ao NDVI.

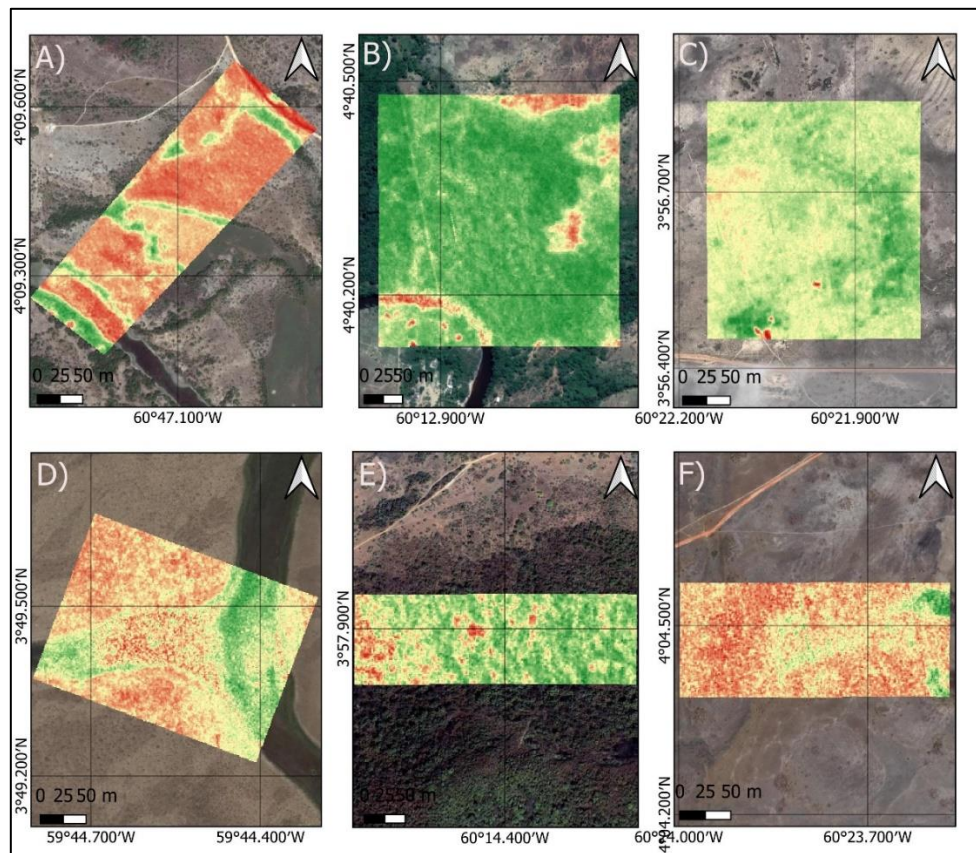
Os valores de R^2 indicam a correlação variando entre -1 e 1 , onde resultados próximos a 0 indicam baixa correlação e resultados próximos a 1 ou -1 indicam maior correlação entre as variáveis. Os valores indicados na tabela 4 mostram os valores de correlação entre os índices MPRI e NDVI, indicados pelo R^2 , com uma variação entre $0,792$ e $0,960$. Outros trabalhos correlacionando o MPRI e o NDVI como indicadores de vigor vegetativo indicaram uma alta correlação acima de 80% (LINHARES et. al, 2013).

Figura 10: Índice MPRI em Áreas Com e Sem Pastejo do Gado nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos



A) Área úmida em região de pastejo; B) Fragmento florestal em região de pastejo; C) Formação campestre em região de pastejo; D) Área úmida em região sem pastejo; E) Fragmento florestal em região sem pastejo; F) Formação campestre em região sem pastejo.

Figura 11: Índice NDVI em Áreas Com e Sem Pastejo do Gado nas TIs Raposa Serra do Sol e São Marcos



A) Área úmida em região de pastejo; B) Fragmento florestal em região de pastejo; C) Formação campestre em região de pastejo; D) Área úmida em região sem pastejo; E) Fragmento florestal em região sem pastejo; F) Formação campestre em região sem pastejo.

Amplamente utilizados na agricultura de precisão Yamaguchi, et. al (2021) testaram índices RGB e índices multiespectrais para estimar Índice de Área Foliar na agricultura, revelando uma relação exponencial de regressão para NDVI e MPRI, com um alto potencial de uso de índices de vegetação RGB superior aos métodos práticos, tendo um valor de R^2 em 0,963 para diversos índices RGB na determinação de IAF.

Lussem et. al. (2018) utilizaram índices de vegetação baseados em imagens RGB para avaliar o rendimento de forragem em pastagem e alcançaram resultados satisfatórios no desempenho do MPRI e outros índices da mesma natureza para o monitoramento de biomassa em pastagens com imagens de alta resolução espacial, com um valor de R^2 de 0,62 para o MPRI. Os autores identificaram ainda um efeito de saturação dos índices de

vegetação calculados a partir de imagem RGB em níveis mais altos de biomassa, e tendem por isso superestimar a produção real da matéria seca.

Tabela 4: Regressão Não Linear entre MPRI e NDVI

Modelo Exponencial ($y=c+\exp(b_0+b_1*x_1+b_2*x_2 \dots)$)			
Variável Dependente: MPRI /Variável Independente: NDVI			
	Quadrados Mínimos	R²	Variância Explicada
P1G - Área úmida	55.400.225.560	0.947	89.834%
P6S - Área úmida	14.362.571.123	0.942	88.764%
P7G - Campestre	41.335.824.890	0.931	86.686%
P8S - Campestre	20.774.810.750	0.792	88.444%
P3G - Florestal	14.020.404.420	0.919	84.566%
P9S - Florestal	50.740.890.027	0.960	92.303%

Elaboração: A autora

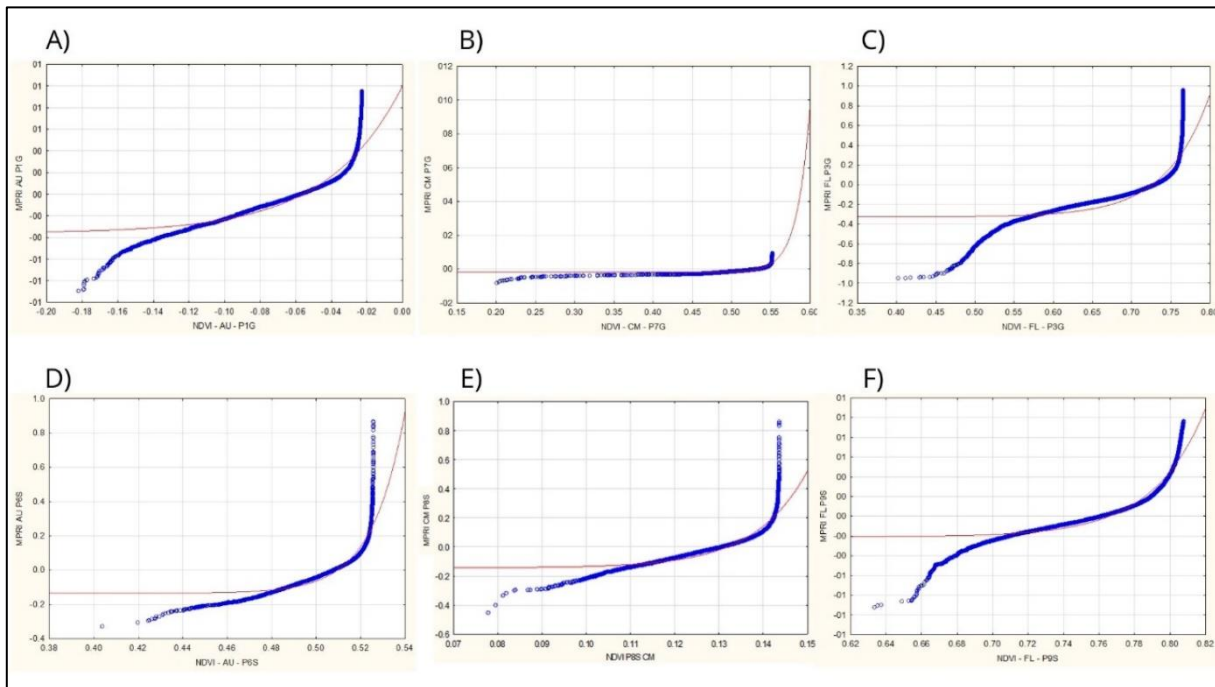
Apesar do MPRI apresentar valores expressivamente menores que o NDVI, o teste de correlação para os índices de vegetação obtidos através de bandas RGB e multiespectrais indica uma forte correlação entre os índices apresentando um coeficiente de correlação semelhante para os diferentes tipos de vegetação analisados: formação florestal, formação campestre e área úmida (tabela 4).

O comportamento do MPRI em relação ao NDVI para os 6 pontos analisados resultou em uma tendência exponencial com uma relação do tipo: $Y=c+\exp(b_0+b_1*x_1+b_2*x_2 \dots)$ na regressão não linear. Esse comportamento indica uma saturação dos valores de MPRI enquanto o NDVI permanece constante, e essa saturação pode resultar na superestimação das medidas.

Os gráficos apresentados na figura 12 mostram uma correlação positiva entre o MPRI e o NDVI com característica exponencial do MPRI em relação ao NDVI a medida que o NDVI atinge valores máximos, demonstrando um problema de saturação dos valores de MPRI, comportamento que ocorre em todas as áreas analisadas. Quando o NDVI atinge valores mais elevados, o MPRI passa a ter um comportamento exponencial e continua a aumentar os valores.

Esse problema de saturação pode estar associado à sazonalidade, à maior resolução da imagem de drone em relação à imagem Planet e a característica do NDVI ser um índice normalizado e portanto mais constante e estabilizado. O melhor ajuste dos testes de regressão forneceram um comportamento exponencial e isso indica que comparar esses índices de vegetação em escalas diferentes pode gerar ruído.

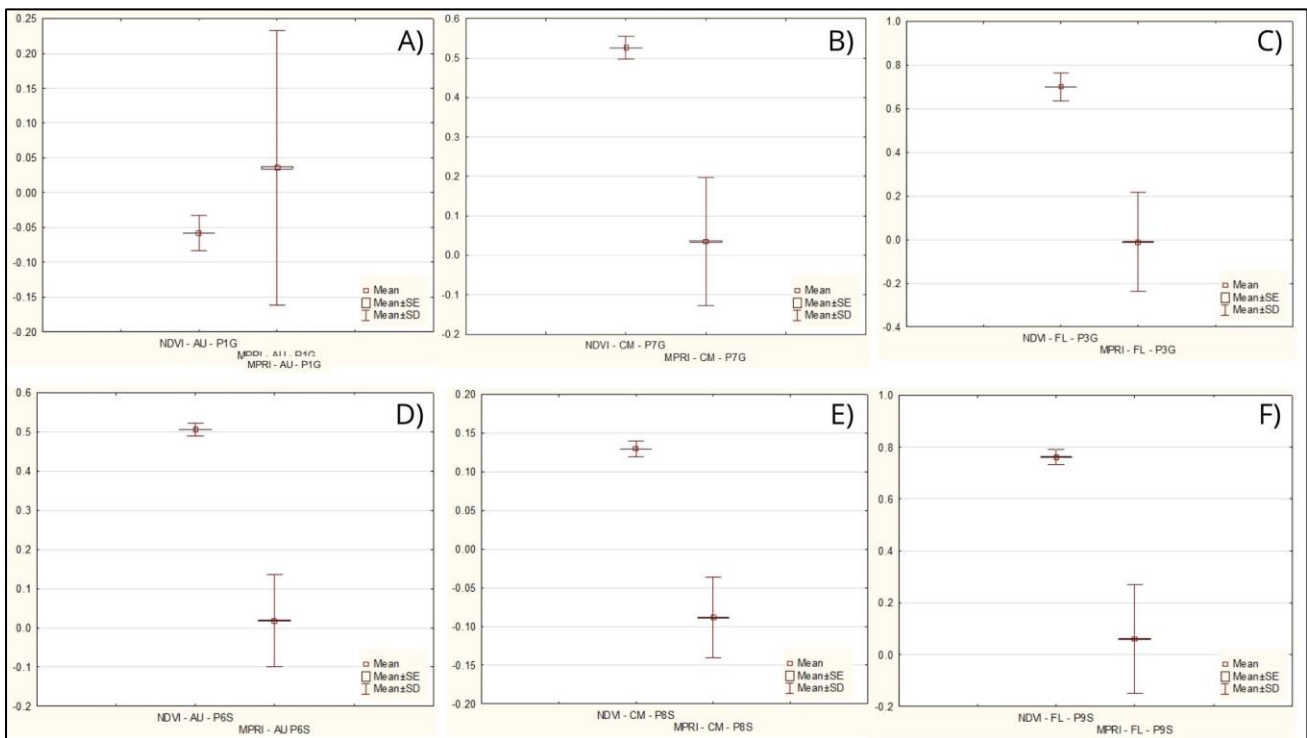
Figura 12: Regressão Exponencial Entre NDVI e MPRI



Curva vermelha: NDVI; Curva azul: MPRI. A) Área úmida em região de pastejo; B) Formação campestre em região de pastejo; C) Fragmento florestal em região de pastejo; D) Área úmida em região sem pastejo; E) Formação campestre em região sem pastejo; F) Fragmento florestal em região sem pastejo.

A figura 13 mostra os gráficos que representam o intervalo interquartil das amostras onde verifica-se que a variação e dispersão dos valores dos pixels do índice MPRI é bem maior que a variação e dispersão do índice NDVI, que por sua vez apresenta um comportamento mais padrão entre mínimos e máximos mais próximos, comportamento que indica a normalização do NDVI e uma maior resolução das imagens de drone usadas no MPRI.

Figura 13: Gráficos “Box Plot” da Regressão Exponencial Entre NDVI e MPRI



A) Área úmida em região de pastejo; B) Formação campestre em região de pastejo; C) Fragmento florestal em região de pastejo; D) Área úmida em região sem pastejo; E) Formação campestre em região sem pastejo; F) Fragmento florestal em região sem pastejo.

Os índices de vegetação NDVI e MPRI apresentam uma alta correlação e isto indica uma alternativa de aplicação do MPRI a partir de imagens RGB coletadas por drones, porém o comportamento do índice em diferentes alvos deve ser observado antes de sua utilização uma vez que a análise visual dos índices mostrou um melhor comportamento do MPRI em áreas de floresta.

3.2. Análise de Variância ANOVA dos Índices de Vegetação NDVI e MPRI

A análise de variância buscou comparar os dois índices e validar a aplicação do MPRI como um índice de monitoramento da vegetação a partir de imagens RGB. A tabela 5 mostra as médias e desvio padrão de todas as interações da análise de variância, descritas na legenda. Entre os tipos de vegetação A, B e C (Área úmida; Formação Campestre e Formação Florestal, respectivamente), o NDVI teve maior média em formação florestal, seguido de formação campestre e área úmida. Já para o MPRI, as médias apresentaram valores muito semelhantes entre os tipos de vegetação analisados, entre 0,021 e 0,028.

Nas categorias D e E, referentes à presença e ausência de gado, as maiores médias foram em áreas com ausência de gado, para os dois índices de vegetação. As categorias entre F e K representam as interações entre cada tipo de vegetação com presença e ausência de gado, descritas na legenda. Na formação florestal a maior média é observada nas áreas sem presença de gado, quando os dois índices apresentam o mesmo comportamento.

Em área úmida os índices apresentam comportamento diferente, com maior média em área sem gado para o NDVI e maior média em área com gado para o MPRI. Enquanto que em formação campestre a maior média é observada nas áreas com presença de gado nos dois índices. Ou seja, os índices de vegetação apresentam um padrão de comportamento para cada tipo de vegetação, embora os valores do NDVI sejam maiores que os do MPRI em todas as interações da análise.

Tabela 5: Médias e Desvio Padrão dos Índices de Vegetação NDVI e MPRI

Categorias	N	NDVI Média e DP	MPRI Média e DP
Total	75847	0,459±0,30	0,025±0,18
A	23292	0,166±0,27	0,028±0,17
B	20072	0,364±0,19	0,028±0,14
C	32483	0,728±0,06	0,021±0,22
D	43474	0,409±0,33	0,016±0,20
E	32373	0,527±0,25	0,037±0,16
F	14005	0,057±0,02	0,036±0,19
G	9287	0,505±0,01	0,018±0,11
H	11819	0,528±0,03	0,035±0,16
I	8253	0,129±0,01	0,017±0,11
J	17650	0,700±0,06	0,011±0,22
K	14833	0,762±0,02	0,060±0,21

A, B e C: Área úmida; Formação Campestre e Formação Florestal, respectivamente. **D e E:** Presença de gado e Ausência de gado, respectivamente. **F:** Interação área úmida com presença de gado; **G:** Interação área úmida com ausência de gado; **H:** Interação formação campestre com presença de gado **I:** Interação formação

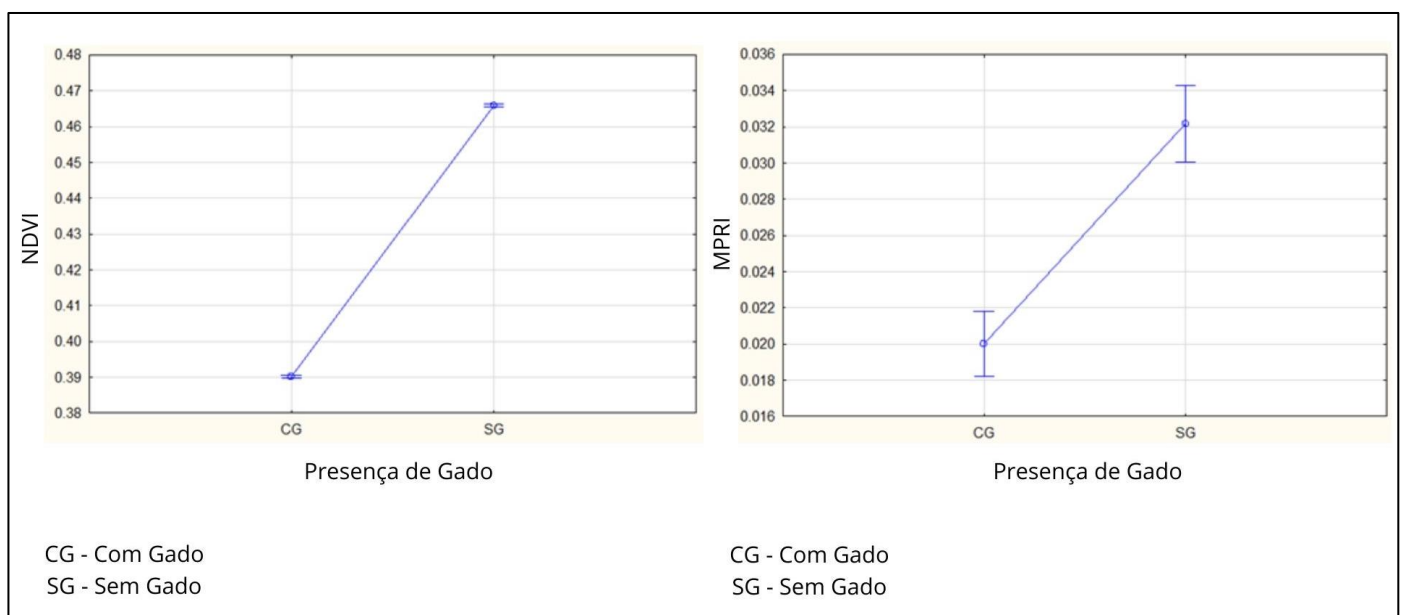
campestre com ausência de gado; **J**: Interação formação florestal com presença de gado; e **K**: Interação formação florestal com ausência de gado.

A ANOVA fatorial interagiu “vegetação” e “presença de gado” para os dois índices, revelando a existência de diferença significativa para vegetação nos dois índices analisados, com valores de $F=349346,00$; $P=0,0000001$. Quando analisados os índices em relação à presença de gado em todos os 3 tipos de vegetação; NDVI e MPRI, tiveram diferença significativa, com valores de $F= 95053$; $P=0,0000001$.

Pela ANOVA Uni-variante, no grupo “vegetação”, apenas o NDVI se mostrou significativo, com valores de $F=1348320$; $P=0,0000001$; já o MPRI não apresentou valores significativos, com valores de $F=1.542$; $P=0,214044$. No grupo “presença de gado”, os dois índices de vegetação se mostraram com diferenças significativas, bem como para o grupo de interação entre vegetação e presença de gado.

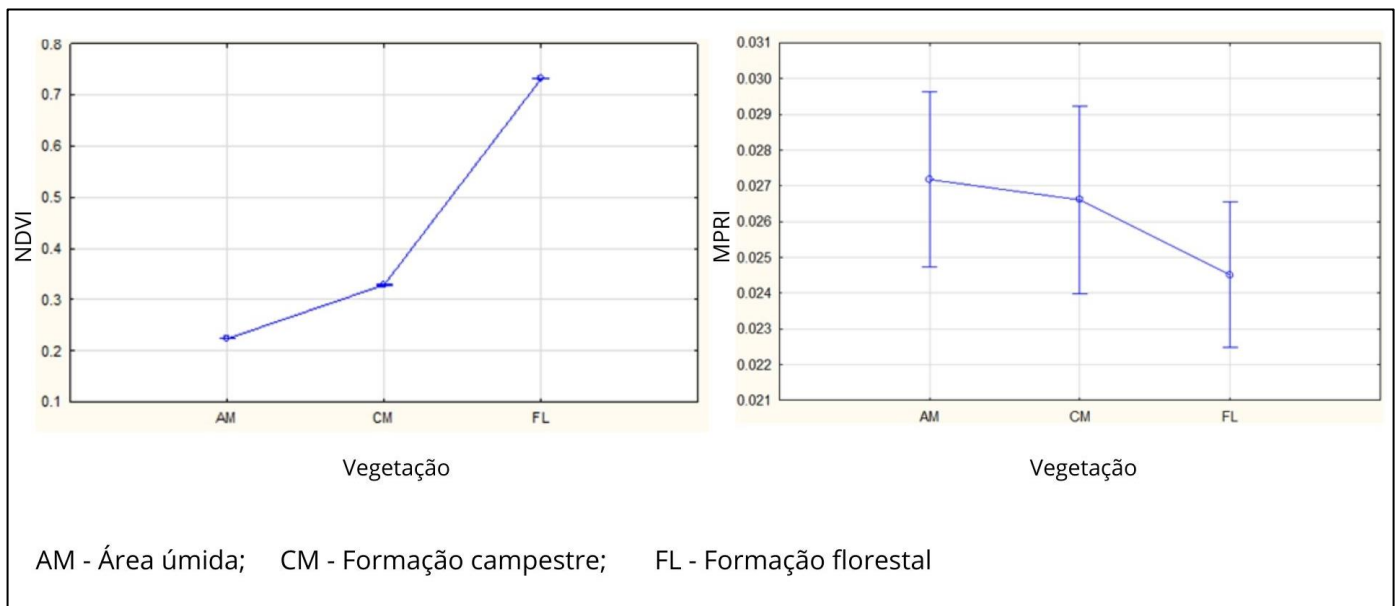
A figura 14 apresenta a comparação entre os índices para a categoria “presença de gado”, mostrando que áreas sem a presença de gado tiveram valores mais altos em ambos os índices, relacionados à uma maior resposta espectral e uma maior conservação da vegetação nestas áreas sem o pastejo do gado.

Figura 14: Análise de Variância dos Índices de Vegetação em Relação à Presença de Gado



Quando comparados apenas entre os tipos de vegetação considerados (formação florestal, formação campestre e área úmida), a análise de variância mostra que os índices apresentaram comportamentos diferentes. O MPRI não apontou diferença significativa entre área úmida e formação campestre, apenas em formação florestal; já o NDVI apresenta diferença significativa entre todas as classes de vegetação, como mostra a figura 15.

Figura 15: Análise de Variância dos Índices de Vegetação Entre os Tipos de Vegetação



O teste Tukey apresentado nas tabelas 6 e 7 mostra a interação dos tipos de vegetação analisados com a presença de gado nas 6 áreas do estudo para o NDVI e o MPRI. Os valores tiveram diferenças significativas para o NDVI em todas as interações com gado e sem gado nos três tipos de vegetação, com valores de P menores que 0,05.

Tabela 6. Valores de significância (p) do teste de Tukey para a comparação das médias do NDVI com e sem presença de gado. Valores menores que 0,05 significam que existe diferença estatisticamente significativa entre as médias das interações.

Interação NDVI	Vegetação	Presença de Gado	A -0.05800	B 0.50555	C 0.52828	D 0.12975	E 0.70047	F 0.76231
A	Área Úmida	CG		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
B	Área Úmida	SG	0,000020		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
C	Formação Campestre	CG	0,000020	0,000020		0,000020	0,000020	0,000020
D	Formação Campestre	SG	0,000020	0,000020	0,000020		0,000020	0,000020
E	Formação Florestal	CG	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020		0,000020
F	Formação Florestal	SG	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	

Já o MPRI apresentou diferenças significativas apenas na formação florestal, não apresentando diferenças significativas em área úmida e formação campestre (tabela 7), isso indica que o MPRI não obteve bons resultados para monitorar a vegetação em área úmida e formação campestre, vegetação predominante do lavrado. A partir da análise estatística, é possível apontar o NDVI como melhor caracterizador dos tipos de vegetação nas diferentes condições de presença de gado no ambiente. Isto é, o índice multiespectral se mostrou mais sensível às respostas espectrais da vegetação.

Tabela 7. Valores de significância (p) do teste de Tukey para a comparação das médias do MPRI com e sem presença de gado. Valores menores que 0,05 significam que existe diferença estatisticamente significativa entre as médias das interações.

Interação MPRI	Vegetação	Presença de Gado	A 0.03606	B 0.01830	C 0.01784	D 0.03537	E -0.0114	F 0.06039
A	Área Úmida	CG		0,000020	0,999701	0,000020	0,000020	0,000020
B	Área Úmida	SG	0,000020		0,000020	0,999986	0,000020	0,000020
C	Formação Campestre	CG	0,999701	0,000020		0,000020	0,000020	0,000020
D	Formação Campestre	SG	0,000020	0,999986	0,000020		0,000020	0,000020
E	Formação Florestal	CG	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020		0,000020
F	Formação Florestal	SG	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	

Os resultados revelam limitações do MPRI em relação ao NDVI em área úmida e formação campestre, enquanto em vegetações mais densas o MPRI apresenta diferença significativa para monitoramento destas áreas. Com base nesta análise, é possível pensar as ações de mapeamento com drone por meio do MPRI em tipos de vegetação com melhores respostas ao índice, otimizando o processo de monitoramento com RPAs (drones).

Os valores do MPRI também variam entre - 1 e 1 assim como o NDVI, mas apresentam valores expressivamente menores, as diferenças podem se dar em função da resolução da imagem de drone em comparação com a imagem Planet, apesar de ambas terem alta resolução espacial, as imagens capturadas por drone tem ainda mais detalhamento.

4. CONCLUSÕES

A condição de saturação dos valores do MPRI a medida que os valores de NDVI atingem seus níveis máximos deixa a observação de que novos testes devem ser feitos comparando o índice MPRI com NDVI a partir da mesma imagem, além disso, o MPRI não obteve boas respostas em área úmida e formação campestre, principal tipo de vegetação do lavrado, revelando a necessidade de buscar outros índices RGB que mostrem uma maior diferença significativa para estas classes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ameaças às Terras Indígenas são também ameaças à preservação do lavrado. A análise da dinâmica de uso e ocupação do solo nas Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos nos últimos 35 anos propõem observações importantes sobre o papel dos povos indígenas que vivem e são parte dessas Áreas protegidas na conservação da savana de Roraima e de seus serviços ecossistêmicos.

Ao analisar as alterações no uso e cobertura do solo em um viés multitemporal aponta-se que as classes de uso natural se mantiveram sem alterações significativas na área total das Terras Indígenas, com exceção da região de lagos e áreas úmidas que apresentaram uma diminuição das áreas de lagos naturais, principalmente no limite sul das Terras Indígenas onde se destaca o avanço da agricultura e pecuária em propriedades privadas.

Apesar da importância dos povos indígenas na preservação de mais de 50% da ecorregião do lavrado, ameaças relacionadas ao avanço do agronegócio convencional podem ser identificadas através da quantificação das classes de uso antrópico nas demais regiões do lavrado, fora das Terras Indígenas, como por exemplo a classe de pastagem que apresentou uma expansão em cerca de 465% no ano de 2020 em relação ao ano de 1985. O aumento do agronegócio na região enfatiza a importância de investimentos baseados em boas práticas de manejo agropecuário e alternativas para um desenvolvimento sustentável, buscando minimizar seus efeitos sobre os recursos naturais.

O conhecimento tradicional das comunidades indígenas do Lavrado, que promovem uma pecuária de baixa densidade de gado em pastagens naturais aponta para novas perspectivas de produção com baixo impacto, aliada à manutenção da vegetação natural do Lavrado.

Destaca-se ainda a importância de analisar as possibilidades de criação de Unidades de Conservação nas demais áreas de savana, que representem a diversidade de paisagens e mosaicos de vegetação ecologicamente únicos presentes no Lavrado de Roraima, em função da necessidade de conservação dessa ecorregião.

A comparação entre os índices de vegetação cumpriu com o objetivo de entender como um índice extraído a partir de imagens RGB e um índice extraído de imagens com

bandas multiespectrais são correlacionados. Observou-se que em todos os tipos de vegetação analisados, os índices apresentaram alta correlação.

As análises de variância (ANOVA) indicam que os índices apresentam respostas semelhantes considerando a presença de gado, onde áreas sem gado apresentam maiores valores correspondendo a ambientes mais conservado. Considerando as respostas entre os tipos de vegetação analisados, observa-se que o MPRI não tem diferença significativa para avaliar áreas úmidas e formação campestre, não sendo um bom caracterizador de vegetação na região do lavrado; já o NDVI teve melhores respostas para diferenciar os três ambientes analisados.

Apesar da correlação entre os dois índices testados, os resultados indicam melhor aplicação do NDVI no monitoramento de pastagens nativas no lavrado e uma melhor aplicação do MPRI em vegetações mais densas, como florestas. Os resultados indicam a necessidade de explorar outros índices extraídos a partir de imagens RGB para avaliação de pastagens naturais do lavrado, tornando a utilização de recursos para coleta de imagens através de veículos aéreos não tripulados mais produtiva na avaliação de pastagens nativas.

ANEXOS

Tabela 8: Distribuição absoluta em hectares das classes de Uso e Ocupação do Solo no lavrado de Roraima entre 1985 e 2020

	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Floresta	174.751,7	182.325,6	172.860,4	167.246,6	163.744,6	159.412,9	159.677,2	163.827,5
Savânica	14.465,2	15.675,1	13.000,5	14.753,5	13.637,3	12.456,4	14.809,9	15.651,7
Campestre	3.514.997,8	3.524.627	3.527.281,2	3.539.864,9	3.526.981,4	3.506.229,5	3.521.307	3.484.076,2
Campos	7.367,7	7.192,8	7.399,8	7.348,8	7.310,9	7.335,5	7.106,8	7.010,5
Alagados								
Pastagem	23.144,9	13.523,1	25.187,1	31.898,6	43.078,5	65.389,80	54.262,4	56.034,4
Agricultura	-	0,357	262	133,2	7.370	10.764,4	21.658,2	2.092,50
Área	3.974,4	6.782,2	8.232,2	9.671,7	10.290,1	10.762,9	11.159,8	11.445,3
Urbanizada								
Rio, Lago	85.075,7	73.654,4	69.557,3	52.856,2	51.350,7	51.375,5	30.468,5	36.298,2
Silvicultura	-	-	-	0,89	10,1	44,7	3.296,6	40.129,6

Fonte: Mapbiomas, coleção 6.0 (2021)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, K. M. P.; COUTINHO, L. M. **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo da Vegetação com Ênfase em Índice de Vegetação e Métricas da Paisagem**. Revista Vértices. v.16, n.1, p. 173-198. Campo dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 2014.
- AIRES, U. R. V. **Utilização de NDVI Para Análise da Influência da Modificação da Cobertura Vegetal no Regime de Vazões**. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2018.
- ALEJO, C., MEYER, C., WALKER, W. S., GORELIK, S. R., JOSSE, C., ARAGON- OSEJO, J. L., ... POTVIN, C. (2021). **Are Indigenous Territories Effective Natural Climate Solutions? A Neotropical Analysis Using Matching Methods and Geographic Discontinuity Designs**. *PLoS ONE*, 16 (7 July). 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245110>.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, N; MCGRATH, D; MOUTINHO, P; PACHECO, P; DIAZ, M. D. C. V; SOARESFILHO, B. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, IPAM, 2004.
- ALMEIDA, C. T. **Produtividade Primária Bruta na Amazônia Legal: relação com variáveis meteorológicas e validação do produto MOD17A2**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2016.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Koppen's Climate Classification Map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728. 2014.
- ALVES, M. T. R.; PIONTEKOWSKI, V. J.; BUSCARDO, E.; PEDLOWSKI, M. A.; SANO, E. E.; MATRICARDI, E. A. T. **Effects of Settlement Designs on Deforestation and Fragmentation in the Brazilian Amazon**. Land Use Policy. 2021.
- ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Avaliação das Condições de Pastagem no Cerrado Brasileiro por Meio de Geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. V. 1, n. 1. P 34-41. 2017.
- ASSIS, Erica; ZAMPIERI, Henrique. **Os Impactos das Mudanças Climáticas na Agropecuária Brasileira de 2015 a 2020**. Repositório Universitário da Ânima.

Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/18666>> 2021.

BARBOSA, R.I. 1993a. **Ocupação Humana em Roraima I: do histórico colonial ao início do assentamento dirigido**. Bol. do Museu Paraense Emílio Goeldi. 9(1): p. 123–144. 1993.

BARBOSA, R.I. **Distribuição das chuvas em Roraima**. In: Barbosa, R.I., Ferreira, E. J.G., Castellon, E.G. (Eds.), Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brazil, pp.325-355. 1997. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35431>

BARBOSA, R. I.; SOUZA, J. M. C.; XAUD, H. A. M. **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**. Femact-RR, Boa Vista. 2004.

BARBOSA, R.I., C. CAMPOS, F. PINTO & P.M. FEARNSIDE. **The “Lavrados” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas**. Functional Ecosystems and Communities 1(1): 30-42. ISSN 1749-0502. 2008.

BARBOSA, B. D. S.; FERRAZ, G. A. S.; GONÇALVES, L. M.; MARIN, D. B.; MACIEL, D. T.; FERRAZ, P. F. P.; ROSSI, G. RGB Vegetation Indices Applied to Grass Monitoring: a qualitative analysis. Agronomy Research, 17(2), 349–357. <https://doi.org/10.15159/AR.19.119>. 2019.

BARNI, P. E.; MANZI, A. O.; CONDÉ, T. M.; BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. **Spatial Distribution of Forest Biomass in Brazil's State of Roraima, Northern Amazonia**. Forest Ecology and Management. P. 170-181. 2016.

BARNI, P. E.; BARBOSA, R. I.; MANZI, A. O.; FEARNSIDE, P. M. **Simulated Deforestation Versus Satellite Data in Roraima, Northern Amazonia, Brazil**. Sustainability in Debate - Brasília, v. 11, n.2, p. 78-94. 2020. doi:10.18472/SustDeb.v11n2.2020.27493.

BATISTOTI, J.; JUNIOR, J. M.; ÍTAVO, L.; MATSUBARA, E.; GOMES, E.; OLIVEIRA, B.; SOUZA, M.; SIQUEIRA, H.; FILHO, G. S.; AKIYAMA, T.; GONÇALVES, W.; LIENBERG, V.; LI, J.; DIAS, A. **Estimating Pasture Biomass and Canopy Height in Brazilian Savanna Using UAV Photogrammetry**. Remote Sensing. 11, 2447; doi:10.3390/rs11202447. 2019.

BATISTA, K. M.; MILIOLI, G.; CITADINI-ZANETTE, V. **Saberes Tradicionais de Povos Indígenas Como Referência de Uso e Conservação da Biodiversidade:**

Considerações Teóricas Sobre o Povo Mbya Guarani. Ethnoscintia 5, 2020. D.O.I.: 10.22276/ethnoscintia.v5i1.268.

BELLÓN, B.; BEGUÉ, A.; SEEN, D. L.; ALMEIDA, C. A.; SIMÕES, M. **A Remote Sensing Approach for Regional-Scale Mapping of Agricultural Land-Use Systems Based on NDVI Time Series.** Remote Sensing. 2017, 9, 600; doi:10.3390/rs9060600.

BETHONICO, M. B. M. **Indígenas e a Gestão Territorial: Desafios Para o Ensino Superior.** XII Colóquio Internacional de Geocrítica. Bogotá, Colômbia. 2012.

BRAGA, R. M. **A Agropecuária em Roraima (Considerações históricas, de produção e geração de conhecimentos).** Embrapa Roraima. Boa Vista, RR. 1998.

BRAGA, R. M. **Animais Domésticos nas Savanas (Bovinos, Ovinos e Equinos).** In Barbosa, R.I.; Xaud, H.A.M.; Costa e Souza, J.M. (eds.) 2004.

BRASIL. Decreto Nº 312, de 29 de outubro de 1991. **Homologa a demarcação administrativa da área indígena São Marcos, no Estado de Roraima.** Diário Oficial da União - Seção 1 - 30/10/1991, Página 24057.

BRASIL, câmara dos Deputados; JÚNIOR, J. **Projeto retira área urbana do município de Pacaraima de Terra Indígena.** Agência Brasil. 2020. Disponível em: < <https://www.camara.leg.br/noticias/628744-PROJETO-RETIRA-AREA-URBANA-DO-MUNICIPIO-DE-PACARAIMA-DE-TERRA-INDIGENA> > Acesso em: Janeiro de 2022.

CAMPOS, C.; PINTO, F.; BARBOSA, R. I. **O Lavrado de Roraima: importância biológica, desenvolvimento e conservação na maior savana do Bioma Amazônia.** Diagnóstico INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Boa Vista, Roraima. 2008.

CARVALHO, T. M.; CARVALHO, C. M.; MORAIS, R. P. **Fisiografia da Paisagem e Aspectos Biogeomorfológicos do Lavrado, Roraima, Brasil.** Revista Brasileira de Geomorfologia. V. 17, n. 1. 2016.

CORDEIRO, R. C.; TURCQ, P. F. M.; TURCQ, B. J.; MOREIRA, L. S.; RODRIGUES, R. C.; COSTA, R. L.; SIFEDDINE, A.; SIMÕES-FILHO, F. F. L. **Acumulação de Carbono em Lagos Amazônicos como Indicador de Eventos Paleoclimáticos e Antrópicos.** Oecologia Brasiliensis. ISSN-e 1981-9366, Vol. 12, Nº. 1, 2008.

COSTA, N.L., TOWNSEND, C.R. e MORAES, A. **Caracterização e manejo de pastagens nativas da Amazônia.** PUBVET, Londrina, V. 4, N. 25, Ed. 130, Art. 882, 2010.

COSTA, M. B. T.; SILVA, C. A.; BROADBENT, E. N.; LEITE, R. V.; MOHAN, M.; LIESENBERG, V.; STODDART, J.; AMARAL, C. H.; ALMEIDA, D. R. A.; SILVA, A. L.; GOYA, L. R. R. Y.; CORDEIRO, V. A.; REX, F.; HIRSCH, A.; MARCATTI, G. E.; CARDIL, A.; MENDONÇA, B. A. F.; HAMAMURA, C.; CORTE, A. P. D.; MATRICARDI, E. A. T.; HUDAK, A. T.; ZAMBRANO, A. M. A.; VALBUENA, R.; FARIA, B. L.; JUNIOR, C. H. L. S.; ARAGAO, L.; FERREIRA, M. E.; LIANG, J.; CARVALHO, S. P. C.; KLAUBERG, C. **Beyond Trees: Mapping Total Aboveground Biomass Density in the Brazilian Savanna Using High-density UAV- lidar Data.** Forest Ecology and Management. 491 (2021) 119155. 2021.

COVEY K, SOPER F, PANGALA S, BERNARDINO A, PAGLIARO Z, BASSO L, CASSOL H, FEARNside P, NAVARRETE D, NOVOA S, SAWAKUCHI H, LOVEJOY T, MARENGO J, PERES CA, BAILLIE J, BERNASCONI P, CAMARGO J, FREITAS C, HOFFMAN B, NARDOTO GB, NOBRE I, MAYORGA J, MESQUITA R, PAVAN S, PINTO F, ROCHA F, DE ASSIS MELLO R, THUAULT A, BAHL AA AND ELMORE A (2021) CARBON AND BEYOND: **The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon.** Front. For. Glob. Change 4:618401. doi: 10.3389/ffgc.2021.618401.

CRISOSTOMO, A. C.; ALENCAR, A.; MESQUITA, I.; CASTRO-SILVA, I.; DOURADO, M. F.; MOUTINHO, P.; CONSTANTINO, P. A. L.; PIONTEKOWSKI, V. **Terras Indígenas Na Amazônia Brasileira: reservas de carbono e barreiras ao desmatamento.** Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://ipam.org.br/bibliotecas/terras-indigenas-naamazonia-brasileira-reservas-de-carbono-e-barreiras-ao-desmatamento/>> Acesso em: 3 de junho de 2020.

DOS REIS, A. A.; SILVA, B. C.; WERNER, J. P. S.; SILVA, Y. F.; ROCHA, J. V.; FIGUEIREDO, G. K. D. A.; ANTUNES, J. F. G.; ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C.; LAMPARELLI, R. A. C.; MAGALHÃES, P. S. G. **Exploring the Potential of High- Resolution Planetscope Imagery for Pasture Biomass Estimation in na Integrated Crop-Livestock System.** 2020 IEEE Latin American

GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS), 2020, pp. 675-680, doi: 10.1109/LAGIRS48042.2020.9165596.

DOURADO, M. F.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P.; NÓBREGA, C. C.; BORTOLOTTI, F. **A Gestão Ambiental e Territorial de Terras Indígenas: uma questão climática**. *Brasiliانا – Journal for Brazilian Studies*. Vol. 5, n. 1. 2016.

ESTORNELL, J.; Martí-Gavilá, J. M., Sebastiá, M. T., & Mengual, J. **Principal Component Analysis Applied to Remote Sensing**. *Modelling in Science Education and Learning*, v 6, p. 83-89. N°7, 2013.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. **Greenhouse Gas Emissions From Deforestation and Forest Fires in Roraima: Sources and Sinks**. *Agroambiente On - line*. V. 7. N. 1, p. 95 – 111. 2013.

FIRPO, M. Mapa de Conflitos, Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil. NEEPES – Núcleo Ecologias, Epistemologias e Promoção Emancipatória da Saúde. Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz. 2020. Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/o-caso-da-ti-raposa-serra-do-sol-e-o-perigo-do-efeito-cascata-sobre-demarcacoes-indigenas-futuras-e-ja-homologadas/>> Acesso em: janeiro de 2022.

FONSECA, Vandr . **Um parque para o Lavrado de Roraima**. *O ECO*, 2008. Disponível em <<http://www.oeco.org.br/>> Acesso em: 20 de outubro de 2021.

FONSECA, M. G.; ALVES, L. M.; AGUIAR, A. P. D.; ARAI, E.; ANDERSON, L. O.; ROSAN, T. M.; SHIMABUKURO, Y. E.; ARAGÃO, L. E. O. C. **Effects of Climate and Land-use Change Scenarios on Fire Probability During the 21st Century in the Brazilian Amazon**. *Global Change Biology*. 2019.

FREIRE, N. C. F.; MOURA, D. C.; SILVA, J. B.; PACHECO, A. P. **Mapeamento e Espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Administração Federal no Bioma Caatinga**. *Brasilian Journal of Development*. Curitiba, v. 6, n. 5, p. 24773-24781. 2020.

GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J.; EPIPHANIO, J. C. N.; RUDORFF, B. T. F.; FORMAGGIO, A. R. **Sun and View Angle Effects on NDVI Determination of Land Cover Types in the Brazilian Amazon Region With Hyperspectral Data**. *INT. J. Remote Sensing*, v. 25, N° 10, 1861–1879. 2004.

GARCIA, E.; FILHO, F. S. V. R.; MALLMANN, G. M. FONSECA, F. **Costs, Benefits and Challenges of Sustainable Livestock Intensification in a Major Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon.** Sustainability, v. 9, n. 1, p. 158, 2017.

ISA – Instituto Socioambiental. **Povos e Demografia.** 2019. Disponível em: <<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3835>>.

ISA – Instituto Socioambiental. Povos e Demografia. 2015. Disponível em: <<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3799>>.

JUNIOR, S. A. C. **Monitoramento da Cultura Cafeeira A Partir de Imagens de Alta Resolução Espacial.** Repositório da Universidade Federal de Uberlândia. 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23519/3/MonitoramentoCulturaCafeeira.pdf>>

LINHARES, M. M. A.; ROCHA, N. C. C.; AMARAL, B. A. S. **Análise do Índice MPRI como Indicador Vegetativo Através da Correlação do Mesmo com o Índice NDVI.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Foz do Iguaçu, Paraná. INPE. 2013.

LÚCIO, S. L. B.; PEREIRA, L. E. C.; LUDEWINGS, T. **O Gado que Circulava: Desafios da Gestão Participativa de Unidades de Conservação nos Gerais do Norte de Minas.** Bio Brasil. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. n. 1. 2014.

LUSSEM, U.; BOLTEN, A.; GNPY, M. L.; JASPER, J.; BARETH, G. **Evaluation of RGB – Based Vegetation Indices From UAV Imagery to Estimate Forage Yield in Grassland.** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3. 2018.

MASCARENHAS, R. E. B.; CORDEIRO, A. C. C.; ALVES, A. A. C. **Cultivares de Arroz de Sequeiro para o Território Federal de Roraima.** Circular Técnica Nº 18. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. EMBRAPA. Belém, Pará. 1981.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. **Sensoriamento Remoto Como Instrumento de Controle e Proteção Ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia.** Sociedade & Natureza. p. 5-18. Uberlândia, MG. 2009.

- MELADO, J. **Pastagem Ecológica e Serviços Ambientais da Pecuária Sustentável**. Revista de Política Agrícola. Ano XVI – Nº 3 – Jul./Ago./Set. 2007.
- MIRANDA, I. S., & ABSY, M. L. (2000). **Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil**. *Acta Amazonica*, 30(3), 423–423. <https://doi.org/10.1590/1809-43922000303440>.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Prioritárias Para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira**. Volume 1. Biodiversidade 31. Portaria MMA Nº 9, de 23 de janeiro de 2007.
- NASCIMENTO, C. H. C.; DE ROLIM LINS, J. W. **Lavrado: a paisagem invisível**. Paisagens Híbridas, v. 1, n. 2, p. 136-155.2017.
- NOBRE, A. D. **Alianza estratégica: 1 O Futuro Climático da Amazônia Relatório de Avaliação para a Articulación Regional Amazônica (ARA)**. Sumário Executivo, 1–42. 2014.
- ORTIZ, J. L.; FREITAS, M. I. C. **Mapeamento do Uso da Terra, Vegetação e Impactos Ambientais por Meio de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. Geociências São Paulo, UNESP, v. 24, n. 1, p. 91-104, 2005.
- PAZ, S. E. T.; RODRIGUES, F. S.; JÚNIOR, S. S. T. **Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra em Pacaraima – Roraima**. Brazilian Journal of Development. Vol. 7, n. 4. 2021. Projeto MapBiomas – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em agosto de 2021, através do link: <http://mapbiomas.org/>).
- RAISG – Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada. **Carbono Vivo**. 2020. Disponível em: < <https://carbonovivo.amazoniasocioambiental.org/>>. Acesso em: 14 de maio de 2020.
- RAMOS, I. D.; VIEIRA B. D.; FREIRE B. S. **Sensoriamento Remoto e uso e Cobertura da Terra: Uma Revisão sobre Monitoramento**. Revista FSA, v. 17, n. 11, 2020.
- REIS, N. J.; FRAGA, L. M.; FARIA, M. S. G.; ALMEIDA, M. E. Geologia do Estado de Roraima. *Géologie de la France*. nº 2-3-4, 121-134. 2003.
- RICARDO, B., ALBERT, B., IRD, I. S. A., PAULA, A., SOUTO, C., ISA, M., ... STRAUSS, R. (2011). **Diversidade Socioambiental de Roraima**. ISA.

RODRIGUES, M. K. Comportamento de Sistemas de Informações Geográficas por Meio de Classificação Supervisionada em Diferentes Bacias Hidrográficas. **Tese**. Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. 2015.

ROUSE J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL J. A.; DEERING, D. W. Monitoring egetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, 1973. **Proceedings...** Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

SAMPAIO, H. S.; BOURSCHEIDT, V.; SARRACINI, L. H.; JORGE, L.A.C.; BETTIOL, G. M.; BERNARDI, A. C. C. Comparação Entre Índices de Vegetação Obtidos Por Imagens Aéreas com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e Satélite. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. V. 14 (2). p. 111-124. 2020.

SEEG Brasil. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <http://seeg.eco.br/>. Acesso em: junho de 2021.

SEGNINI, A.; MILORI D. M. P. B.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; PRIMAVESI, O.; MARTIN-NETO, L. **Potencial de Sequestro de Carbono em Área de Pastagem de *Brachiaria Decumbens***. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Rio Grande do Sul. 2007.

SILVA, A. B. P. **Pastoreio do Futuro: projeto de sustentabilidade para a Terra Indígena São Marcos, Roraima**. Dissertação. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12316/1/2012_AlfredoBernardoPereiraSilva.pdf> Acesso em: setembro de 2021.

SILVA, T. M.; CALDEIRA, C. R. T.; CALDEIRA, M. C. O.; BALIEIRO, C. P. P.; FERREIRA, M. E. **Classificação de Uso e Cobertura da Terra e o Monitoramento de Áreas em Restauração Florestal por RPAS**. Revista Cerrados. v. 19, n. 01, p. 84-112. DOI: 10.46551/rc24482692202104. 2021.

SIMÕES-FILHO, F. L. et al. **Registros sedimentares de lagos e brejos dos campos de Roraima: implicações paleoambientais ao longo do Holoceno**. IN.: Barbosa, R.I. FERREIA, E. CASTELLÓN, E. (eds), Homem, ambiente e ecologia em Roraima. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 1997. p.295-305.

SMIDERLE, O. J.; FIDELIS, E. G.; FERREIRA, G. B.; ZILLI, J. E.; MATTIONI, J. A. M.; NECHET, K. L.; GIANLUPPI, V. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima**. Boa Vista, RR. Embrapa Roraima, 2019.

URQUIZA, M. A.; MELO, V. F.; FRANCELINO, M. R.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, E.; BARBOSA, R. I.; SANTIAGO, M. M.; ARAÚJO, T. H. C.; MAIA, S. S. **Anthropic Processes and Land-Use Change During 33 Years in Roraima, Northern Amazonia**. Journal of Agricultural Science; Vol. 10, n. 7. Canadian Center of Science and Education. 2018.

VELOSO, H.P.; GOES FILHO, L.; LEITE, RE; Silva, S.B.; FERREIRA, H.C.; LOUREIRO, R.L.; TEREZO, E.F.M. **Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos - estudo fitogeográfico**. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha, NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21 Tumucumaque, NB. 20 Roraima e NB. 21. DNPM, Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Rio de Janeiro, p.305-335. 1975.

VON BUEREN, S. K.; BURKART, A.; HUENI, A.; RASCHER, A.; TUOHY, M. P.; YULE, I. J. Deploying four optical UAV-based sensors over grassland: challenges and limitations. **Biogeosciences, Göttingen**, v. 12, n. 1, p. 163, 2015.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. Geostatistics For Environmental Scientists. **John Wiley & Sons, Ltd**. Second edition. England. 2007.

WEST T. A. P., BÖRNER J. AND FEARNSIDE P. M. **Climatic Benefits From the 2006–2017 Avoided Deforestation in Amazonian Brazil**. Front. For. Glob. Change 2:52. doi: 10.3389/ffgc.2019.00052. 2019.

WIEDERKEHR, N. C.; GAMA, F. F.; CASTRO, P. B. N.; BISPO, P. C.; BALZTER, H.; SANO, E. E.; LIESENBERG, V.; SANTOS, J. R.; MURA, J. C. **Discriminating Forest Successional Stages, Forest Degradation, and Land Use in Central Amazon Using ALOS/PALSAR-2 Full-Polarimetric Data**. Remote Sensing. 2020, 12, 3512; doi:10.3390/rs12213512.

YAMAGUCHI, T.; TANAKA, Y.; IAMACHI, Y.; YAMASHITA, M.; KATSURA, K. **Feasibility of Combining Deep Learning and RGB Images Obtained By Unmanned Aerial Vehicle for Leaf Area Index Estimation in Rice**. Remote Sensing, 13, 84. <https://doi.org/10.3390/rs13010084>. 2021.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. **Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy**. Pecora 17 – The Future of Land Imaging. November 18 – 20, 2008 Š Denver, Colorado.

ZANCHI, F. B., WATERLOO, M. J., AGUIAR, L. J. G., VON RANDOW, C., KRUIJT, B., CARDOSO, F. L., & MANZI, A. O. (2009). Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. *Acta Amazonica*, 39(2), 335–347. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672009000200012>.