

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

NATANAEL LEMOS DOS SANTOS

**AJUSTE DE MODELO PARA ANÁLISE DE PORCENTAGEM DO ÍNDICE DE
VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA ADAPTADO (NDVI*) OBTIDAS
POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) EM PASTAGEM DE AVEIA
UCRANIANA (*Avena strigosa* Schreb.)**

**São Gabriel, RS
2022**

NATANAEL LEMOS DOS SANTOS

**AJUSTE DE MODELO PARA ANÁLISE DE PORCENTAGEM DO ÍNDICE DE
VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA ADAPTADO (NDVI*) OBTIDAS
POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) EM PASTAGEM DE AVEIA
UCRANIANA (*Avena strigosa* Schreb.)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Florestal da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Orientador: Velci Queiroz de Souza

Coorientador: Adriano Luis Schünemann

**São Gabriel, RS
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S237a Santos, Natanael Lemos dos

Ajuste de modelo para análise de porcentagem do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada Adaptado (NDVI*) obtidas por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) em pastagem de Aveia Ucraniana (*Avena strigosa* Schreb.) / Natanael Lemos dos Santos.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA FLORESTAL, 2022.

"Orientação: Velci Queiroz de Souza".

1. Sensoriamento remoto. 2. NDVI*. 3. Agrossilvipastoril. 4. VANT. 5. Índice vegetativo. I. Título.

NATANAEL LEMOS DOS SANTOS

**AJUSTE DE MODELO PARA ANÁLISE DE PORCENTAGEM DO ÍNDICE DE
VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA ADAPTADO (NDVI*) OBTIDAS
POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) EM PASTAGEM DE AVEIA
UCRANIANA (*Avena strigosa* Schreb.)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Florestal da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 12 de agosto de 2022.

Banca examinadora:

Prof. D.Sc. Velci Queiroz de Souza
Orientador
UNIPAMPA

Prof. D.Sc. Adriano Luis Schünemann
UNIPAMPA

Prof. D.Sc. Antônio Batista Pereira
UNIPAMPA

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pelos atributos inteligíveis que deram-me a capacidade de finalizar mais um ciclo em minha vida.

Desejo agradecer também as seguintes pessoas:

Aos meus pais por todo apoio, e incentivo durante toda a minha vida.

Barbara Borges, pelo suporte durante esta trajetória, auxiliando em todos os momentos que passei.

Velci Queiroz de Souza, por todos os ensinamentos ministrados a minha pessoa, tornando minha jornada mais abundante em conhecimento, que visou formar um profissional, bem como, formar uma pessoa.

Deixo meus agradecimentos à instituição Universidade Federal do Pampa, e a todos os professores que formam esta universidade e fizeram parte da minha história.

“O homem encontra realmente em si uma faculdade pela qual se distingue de todas as outras coisas, mesmo de si mesmo na medida em que é afetado por objetos, e essa faculdade é a razão”.

(Immanuel Kant)

RESUMO

A capacidade produtiva do setor primário nacional coloca o país como grande potencial para o suprimento destas demandas mundiais. Neste contexto, o Brasil propõe, com a criação do Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), estratégia que visa integrar componentes florestais, espécies anuais de lavoura e pastagem, e o gado. Objetivou-se neste trabalho com o uso de VANT, propor um ajuste de modelo para avaliar a possibilidade de obtenção do índice de cobertura vegetal, através do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada Adaptado (NDVI*), para servir de subsídio para tomadas de decisão acerca do manejo de uma área cultivada com pastagem, conduzida sob manejo de pastejo rotacionado. O trabalho foi realizado em uma propriedade localizada em Rosário do Sul - RS. Os levantamentos a campo foram realizados com drone modelo Mavic 2 Zoom (DJI), o processamento das imagens no software Agisoft Metashape Pro, e o tratamento das ortofotos no software QGIS. Utilizou-se o R Studio para o agrupamento por clusters através do K-means, considerando K=5. As análises realizadas do Levantamento 1, demonstram que o P1 possui maior porcentagem de solo exposto em comparação com os demais piquetes, sendo que a maior porcentagem de vegetação disponível para o rebanho se dá pelo P3. No Levantamento 2 percebe-se que o P2 obteve a maior porcentagem de solo exposto, em contrapartida o P3 obteve a maior porcentagem de índice de cobertura vegetal. Conforme o Levantamento 3, pode-se observar que o P3 obteve a maior porcentagem de solo exposto em relação aos demais piquetes. O P4 obteve o menor valor de solo exposto, indicando o maior índice de cobertura vegetal. De acordo com o Levantamento 4, o P4 demonstrou maior porcentagem de solo exposto. No entanto, o P3 demonstrou uma porcentagem maior de índice de cobertura vegetal, em relação aos demais piquetes. Este método demonstrou-se capaz de estimar a porcentagem do índice de cobertura vegetal no solo com a utilização do NDVI*, com isso, pode-se utilizar esta metodologia para subsidiar a tomada de decisão acerca do pastejo rotacionado.

Palavras-Chave: Sensoriamento remoto, NDVI*, agrossilvipastoril, VANT, índice vegetativo.

ABSTRACT

The productive capacity of the national primary sector places the country as a great potential for the supply of these world demands. In this context, Brazil proposes, with the creation of the ABC Plan (Low Carbon Agriculture), the Crop-Livestock-Forest Integration (ILPF), a strategy that aims to integrate forest components, annual crop and pasture species, and livestock. The objective of this work, with the use of UAV, was to propose a model adjustment to evaluate the possibility of obtaining the vegetation cover index, through the Adapted Normalized Difference Vegetation Index (NDVI*), to serve as a subsidy for decision making about the management of an area cultivated with pasture, conducted under rotational grazing management. The work was carried out on a property located in Rosário do Sul - RS. Field surveys were carried out with a Mavic 2 Zoom (DJI) model drone, image processing in Agisoft Metashape Pro software, and orthophoto processing in QGIS software. R Studio was used for clustering using K-means, considering K=5. The analyzes carried out in Survey 1 show that P1 has a higher percentage of exposed soil compared to the other paddocks, and the highest percentage of vegetation available for the herd is given by P3. In Survey 2, it can be seen that P2 had the highest percentage of exposed soil, on the other hand, P3 had the highest percentage of vegetation cover. According to Survey 3, it can be seen that P3 had the highest percentage of exposed soil in relation to the other paddocks. P4 had the lowest exposed soil value, indicating the highest vegetation cover rate. According to Survey 4, P4 showed a higher percentage of exposed soil. However, P3 showed a higher percentage of vegetation cover in relation to the other paddocks. This method proved capable of estimating the percentage of vegetation cover in the soil using the NDVI*, with this, this methodology can be used to support the decision making about rotational grazing.

Keywords: Remote sensing, NDVI*, agrossilvipastoril, UAV, vegetative index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa De Localização do Município de Rosário do Sul, RS....	24
Figura 2 – Mapa da ortofoto dos piquetes obtido por VANT.....	25
Figura 3 – Imagens referentes ao Levantamento 1.....	30
Figura 4 – Imagens referentes ao Levantamento 2.....	31
Figura 5 – Imagens referentes ao Levantamento 3.....	32
Figura 6 – Imagens referentes ao Levantamento 4.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados dos piquetes.....	25
Tabela 2 – Especificações do drone DJI Mavic 2 Zoom.....	26
Tabela 3 – Parâmetros de voo utilizados nos 4 levantamentos.....	27

LISTA DE SIGLAS

AFE – Área Foliar Específica
CFA – Clima Subtropical Úmido
COP-15 – Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas
EVI – Índice de Vegetação Melhorado
GEE – Gases do Efeito Estufa
ICV - Índice de Cobertura Vegetal
ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz
NDVI* – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada Adaptado
NP – Número de Piquetes
NPK – Nitrogênio-Fósforo-Potássio
PD – Período de Descanso
Plano ABC – Agricultura de Baixo Carbono
PO – Período de Ocupação
REM – Radiação Eletromagnética
RTK – Real Time Kinematic (Posicionamento Cinemático em Tempo-Real)
SAF – Sistema Agroflorestal
SAVI – Índice de Vegetação Ajustado ao Solo
VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado
VARI – Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Agronegócio nacional.....	16
2.1.1	Sistemas de produção.....	17
2.2	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).....	18
2.2.1	Método ILPF e Sistemas Agroflorestais (SAFs).....	19
2.3	Pastagens em Sistemas Agroflorestais (SAFs).....	19
2.4	Métodos de pastejo.....	20
2.4.1	Manejo do pastejo em lotação rotacionada.....	21
2.6	Sensoriamento remoto.....	22
2.6.1	Métodos de avaliação do ICV.....	22
2.6.2	A utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) para obtenção do ICV por meio do NDVI*.....	22
2.7	Agrupamento não supervisionado utilizando k-Means.....	23
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	Área de condução do experimento.....	23
3.1.1	Rebanho e pastagem.....	24
3.2	Levantamentos a campo.....	26
3.3	Processamento das imagens.....	28
3.4	Tratamento das ortofotos no software QGIS.....	29
3.5	Agrupamento dos pixels das imagens utilizando K-means no software R.....	29
4	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é uma atividade de grande importância para a movimentação econômica, contribuindo fortemente para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, tornando a atividade uma das grandes responsáveis pelo desenvolvimento do país (ARAÚJO, 2007).

A população mundial está em constante crescimento, e com isso, a demanda por alimentos também é cada vez mais crescente (KUCHLER, 2021). De acordo com Gasperini e Gomes (2020), a alta demanda mundial aliada a grande capacidade produtiva que o país possui, coloca o Brasil em posição de destaque no abastecimento mundial de alimentos.

A capacidade produtiva e competitiva do país deve-se a alguns fatores, como a grande extensão territorial, clima favorável aos mais diversos cultivos, disponibilidade abundante de energia solar, solo, relevo e abastecimento de água adequados, atrelados a fortes investimentos no desenvolvimento tecnológico no campo agropecuário (EMBRAPA, 2014; GASPERINI; GOMES, 2020).

Em contrapartida, Kuchler (2021) destaca que apesar da ampla extensão territorial do país, poucas áreas ainda estão disponíveis para a expansão da produção agrícola, devido ao aumento das pressões ambientais acerca da exploração desenfreada de recursos naturais, desmatamento e emissão de gases de efeito estufa (GEE). Desta forma, o aumento da produção agrícola deverá acontecer através da otimização da produtividade em áreas já agricultáveis, e da intensificação da busca por novos sistemas de produção agropecuários, de modo que o Brasil consiga atender a demanda crescente por alimentos.

Na pecuária, existem diversas formas e métodos de produção que são amplamente utilizados, desde os mais tradicionais aos mais tecnificados (CEZAR et al., 2005). O setor que anteriormente baseava-se na produção extensiva e tradicional, atualmente busca a intensificação da sua produção através da adoção de novas tecnologias, transformando o setor em uma atividade competitiva, dinâmica e tecnológica. Este processo de tecnificação e intensificação dos sistemas reforça a importância da busca por uma produção sustentável (EMBRAPA, 2014).

Ferraz e Skorupa (2017, p. 39) resumem o desafio imposto sobre países como o Brasil, como o de “produzir cada vez mais, sem aumentar a área de

produção e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais negativos e manter os processos e serviços ecossistêmicos”.

Neste contexto, algumas atividades são sugeridas como alternativa na busca pela intensificação da produção com bases sustentáveis, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), proposta pelo Brasil com o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), parte do compromisso internacional firmado pelo país para a redução dos gases de efeito estufa (KUCHLER, 2021). Esta estratégia visa integrar os sistemas de lavoura, pecuária e floresta, incorporando diversas tecnologias e métodos de produção em um só, diversificando e otimizando o uso da terra já antropizada (FERRAZ; SKORUPA, 2017). Nas modalidades que envolvem o sistema pecuário, o uso eficiente da pastagem como a adoção do pastejo rotacionado, surge como alternativa para reduzir danos causados pela superlotação do gado, que causam a degradação da pastagem e do solo, desta forma mitigando os impactos ambientais (BRAGA et al., 2020).

O sensoriamento remoto no âmbito da agricultura, vem sendo estudado desde a década de 1970, e tem se tornado importante principalmente para monitoramento de culturas e estimativa de fatores biofísicos (FORMAGGIO; SANCHES, 2017). Ainda segundo os autores, neste contexto, os índices de vegetação possuem papel essencial para caracterizar e estimar as variáveis agronômicas, incluindo o Índice de Área Foliar (IAF), muito utilizado em trabalhos para a determinação do vigor vegetativo das culturas agrícolas.

O objetivo geral deste estudo é utilizar do sensoriamento remoto e de tecnologias disponíveis, para coletar informações acerca da cobertura vegetal de uma área de pastagem cultivada, e obter dados que possam servir de subsídio nas tomadas de decisão acerca do manejo do pastejo rotacionado, visando minimizar danos causados a pastagem e ao solo devido ao superpastejo e a superlotação.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Buscar uma nova metodologia para mensurar a cobertura vegetal em uma área de pastagem, para servir de subsídio para tomadas de decisão, como um método acessível aos produtores;
- Utilizar o sensoriamento remoto e a fotogrametria para estimar a porcentagem de cobertura vegetal através do NDVI*, tornando aplicável em sistemas agrosilvipastoris;

- Propor um ajuste de modelo para avaliar a possibilidade de obtenção do índice de cobertura vegetal (ICV) através do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI*);
- Através de valores de cobertura vegetal, determinar o momento ideal para manejo do pastejo rotacionado, visando o ajuste ideal de lotação do gado na pastagem, visando um rebrote saudável.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agronegócio nacional

O Brasil é um país com forte vocação agrícola, em face da grande disponibilidade de recursos e possibilidades de desenvolvimento, além de características favoráveis como o clima, solo, relevo e extensão de áreas agricultáveis (LIMA et al., 2017).

O setor primário é uma das maiores fontes geradoras de riqueza no Brasil. Segundo dados do CEPEA e CNA (2022) referentes ao ano de 2021, o agronegócio correspondeu a 27,4% do PIB nacional, e segue apresentando elevado potencial econômico. Além disso, segundo Barros et al. (2022), a população empregada no agronegócio em 2021 foi de 91,29 milhões de pessoas, correspondendo a 20,21% do total de empregados no país.

Para fins de compreensão acerca da cadeia produtiva, o agronegócio pode ser dividido em três segmentos: “antes da porteira”, “dentro da porteira” e “após a porteira”. O segmento “antes da porteira” corresponde a insumos e serviços técnicos, que precedem a produção em si; o segmento “dentro da porteira” é a agricultura propriamente dita, onde encontra-se a produção agrícola, florestal e pecuária; e o segmento “após a porteira” corresponde a logística, beneficiamento e comercialização da produção (ARAÚJO, 2007).

A atividade pecuária possui uma importante representatividade no setor agropecuário do país, tendo papel fundamental na economia nacional. Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE referentes ao ano de 2020, o Brasil é o país com o 2º maior rebanho bovino do mundo. É também o 2º maior produtor de carne bovina. Além disso, o Brasil é o maior exportador mundial de carne bovina. A região sul do país possui um rebanho bovino de mais 24 milhões

de cabeças de gado, sendo 11 milhões somente no estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2022).

2.1.1 Sistemas de produção

A bovinocultura brasileira é dividida em sistemas de produção, que são classificados de acordo com o nível de tecnologia empregada na produção, regime alimentar e distribuição espacial do rebanho. São eles: sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo (CEZAR et al., 2005).

O sistema de criação de gado extensivo ou tradicional é caracterizado pelo baixo uso de tecnologia, alimentação baseada exclusivamente em pastagens nativas (em alguns casos também utiliza-se pastagens cultivadas como medida complementar), baixa lotação animal e consequentemente menor produtividade. É o sistema mais antigo de produção bovina, e apesar do surgimento crescente de novas tecnologias, é praticado até os dias de hoje em todos os estados do Brasil devido ao baixo custo empregado (CEZAR et al., 2005).

O sistema semi-intensivo caracteriza-se pelo diferencial do uso de suplemento mineral para complementar a alimentação baseada em pastagens nativas e cultivadas. Como suplementos, podem ser utilizadas fontes energéticas e proteicas na forma de volumosos e concentrados, que são utilizadas conforme as fases de crescimento do animal (CEZAR et al., 2005).

O sistema intensivo de criação de gado difere-se dos demais pelo alto investimento em tecnologia e uso de técnicas mais modernas com o objetivo de aumentar a produtividade, como o uso de melhoramento genético e inseminação artificial, além do confinamento na terminação dos animais.

Conforme Balbino et al. (2012), estes sistemas de produção há décadas mostram-se eficazes e trazem grandes avanços para o agronegócio brasileiro, bem como para a economia nacional. Contudo, no cenário atual, é cada vez mais pertinente a preocupação com a conservação dos nossos agroecossistemas. Neste contexto, surgiu a necessidade da maximização dos níveis de produtividade com foco no desenvolvimento eficiente e uso sustentável dos recursos naturais.

2.2 Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

Atualmente, o sistema tradicional de criação de gado de corte perpetua em diversas regiões do país. No entanto, com as problemáticas existentes neste método, como a degradação da pastagem, ausência de adubação para manutenção do sistema, manejo incorreto, superpastejo, dentre outros limitantes (BODDEY et al., 2004), a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) surgiu como alternativa sustentável que busca suprir demandas e falhas dos métodos tradicionais (BALBINO et al., 2011).

O modelo de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) surgiu também como uma tecnologia que objetiva a redução dos gases de efeito estufa (GEE). O fomento a esta tecnologia compõe um dos compromissos assumidos pelo Brasil na COP-15 (Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas), realizada em Copenhague (BALBINO et al., 2012).

É conceituado por Balbino et al. (2012, p. 5) como uma

[...] estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizados na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica.

O modelo de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) pode ser dividido, ainda segundo os autores Balbino et al. (2012) em quatro modalidades: agropastoril (integração lavoura-pecuária), agrossilvipastoril (integração lavoura-pecuária-floresta), silvipastoril (integração pecuária-floresta), e silviagrícola (integração lavoura-floresta). As integrações devem ocorrer na mesma área, e podem ser na forma de consórcio, rotação ou sucessão, em um mesmo ano agrícola ou em uma sequência de anos.

2.2.1 Método ILPF e Sistemas Agroflorestais (SAFs)

Tratando-se ainda de sistemas integrados de produção, onde a proposta é a diversificação da produção e otimização do uso dos recursos naturais, é importante destacar a existência dos chamados Sistemas Agroflorestais (SAFs).

Elli e Schwerz (2022, p. 11) definem os SAFs como “sistemas de uso da terra caracterizados pela permanência deliberada, seja pela introdução de árvores ou outras culturas perenes em associação com culturas anuais e/ou animais”. É evidente que os SAFs e o modelo ILPF são semelhantes em seus conceitos e aplicações práticas. Neste contexto, estudos abordam a diferença entre os SAFs e o modelo ILPF de produção.

Cordeiro et al. (2015) pontuam que os SAFs incluem a prática apenas de modalidades que envolvem o uso de componentes arbóreos, ou seja, as integrações agrossilvipastoril, silvipastoril e silviagrícola, enquanto o modelo ILPF permite a possibilidade de integração agropastoril, única modalidade onde não há uso do fator arbóreo na diversificação. Em contrapartida, Elli e Schwerz (2022) defendem que as quatro modalidades de integração (agrossilvipastoril, silvipastoril, silviagrícola e agropastoril) são praticáveis em Sistemas Agroflorestais. Neste último caso, considera-se que os termos ILPF e SAF são denominações distintas para o mesmo sistema e mesmos objetivos.

2.3 Pastagens em Sistemas Agroflorestais (SAFs)

O cultivo de espécies forrageiras consorciadas com espécies florestais consiste em uma estratégia favorável para a diversificação dos sistemas de produção. Sistemas integrados demandam alto nível de dedicação e conhecimento por serem multidisciplinares, exigindo muita informação para subsidiar as tomadas de decisão quanto à escolha dos componentes arbóreos e culturas a serem implantadas no sub-bosque. É importante definir inicialmente o objetivo de implantação do sistema agroflorestal (CARON et al., 2022).

Por tratar-se de um sistema que possui múltiplos cultivos, as espécies arbóreas promovem alterações no desempenho das espécies cultivadas no sub-bosque, especialmente quanto à incidência de radiação solar, fator determinante na resposta de crescimento das culturas, além de alteração nas condições

edafoclimáticas do sistema como temperatura do ar e umidade relativa do ar (CARON et al., 2022).

Ainda segundo os autores, para a mitigação da influência do sombreamento e sucesso do sistema, deve haver equilíbrio entre a densidade de árvores e a espécie forrageira escolhida, que deve possuir características genéticas favoráveis ao meio que está inserida. Segundo Soares et al. (2009) as forrageiras com comportamento mais adequado para uso em sistemas agroflorestais são aquelas com maior capacidade de adaptação ao cultivo sombreado.

A presença de espécies arbóreas causa modificações no desenvolvimento das espécies forrageiras, como a diminuição da produção de forragem e número de perfilhos, aumento da área foliar, aumento no teor de proteína bruta (CARON et al., 2022). Para o rebanho tem-se os benefícios do sombreamento, que afeta de forma positiva o conforto térmico animal. Aspectos socioambientais também são otimizados com o emprego dos SAFs (ALVES et al., 2020).

De maneira geral, sempre que houver maior sombreamento sobre a forrageira, haverá redução da produtividade, porém, existem estratégias que podem ser empregadas para maximizar a produção da pastagem em sistemas sombreados, como a escolha correta da forrageira, escolha da espécie arbórea, espaçamento adequado entre linhas e entre renques (CARON et al., 2022).

2.4 Métodos de pastejo

O método de pastejo é a forma de alocação dos animais na área de pastagem. Dentre os métodos de pastejo utilizados, encontram-se o método de lotação contínua e o método de lotação rotacionada. Este segundo surge como alternativa para a intensificar sistemas de produção mais tradicionais, com a finalidade de servir como uma ferramenta para o aumento da produtividade (BRAGA et al., 2020).

A lotação rotacionada consiste na divisão da área total de pastejo em unidades ou piquetes, e a alternância ou rotação dos animais entre estes piquetes, permitindo assim o ‘descanso’ da pastagem nas unidades de pastejo que não estão ocupadas. A lotação rotacionada, quando utilizada como ferramenta de aumento de produtividade, deve estar sempre associada a estratégias eficientes de manejo do

pastejo e dos animais nos piquetes, além de investimentos em adubação e uso de espécies mais produtivas (BRAGA et al., 2020).

No entanto, cabe destacar a necessidade de estimar a pastagem disponível no sistema, importante suporte para a tomada de decisão no momento de rotacionar o gado. Em casos onde não há o manejo adequado, o resultado pode ser a degradação da pastagem ou problemáticas voltadas à superlotação do rebanho.

2.4.1 Manejo do pastejo em lotação rotacionada

O manejo adequado de pastagens é um grande desafio para o produtor. É necessário encontrar equilíbrio entre a oferta adequada de forragem, e ao mesmo tempo, garantir que esta pastagem possua condições de rebrote após o pastejo (COSTA; QUEIROZ, 2017). Desta forma, a avaliação frequente da forragem disponível e ajustes de lotação do gado são fatores determinantes no sucesso do manejo (LOPES et al., 2000; MACHADO; KICHEL, 2004) .

Existem metodologias para avaliar a quantidade de forragem disponível em uma pastagem, que é estimada através de análises de variáveis como o teor de matéria seca ou massa seca (MS), disponibilidade de forragem, resíduos de forragem e taxa de acúmulo de forragem. Os métodos para obtenção destas variáveis baseiam-se, de maneira geral, na coleta do pasto dentro de amostras a campo (quadrados de tamanho padrão distribuídos pela pastagem), que posteriormente são levados para laboratório para determinação das variáveis citadas acima. Há também o método da estimativa visual comparativa, proposto por Haydock & Shaw (1975), considerado mais complexo (MACHADO; KICHEL, 2004).

O ajuste de lotação ou de manejo de pastejo podem ser feitos ainda através de métodos empíricos, com base por exemplo na altura do pasto ou na quantidade disponível de folhas (MACHADO; KICHEL, 2004).

2.6 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é caracterizado através da obtenção de informações de objetos presentes na superfície do solo sem a necessidade de ter contato físico com o mesmo. Pode-se obter por nível orbital via satélites, nível aéreo com a

utilização de aeronaves e veículo aéreo não tripulado (VANT) com acoplamento de sensores e câmeras, e também a nível terrestre (SHIRATSUCHI et al., 2014).

O funcionamento de um sistema de sensoriamento remoto se dá através de uma fonte de energia, a sua radiação eletromagnética (REM) interage na atmosfera e na superfície do objeto, essa REM é registrada por um sensor e transmitida para o local de armazenamento dos dados (NOVO, 2010).

Na agricultura o sensoriamento remoto é utilizado para diversos fins, com o objetivo de obter informações pertinentes ao desenvolvimento de áreas agricultáveis em diversas regiões do país, é possível ainda monitorar em grande escala periodicamente e fazer comparativos ao longo dos anos (MASELLI; REMBOLD, 2001).

2.6.1 Métodos de avaliação do ICV

O índice de cobertura vegetal destaca-se dentre as demais informações obtidas com a utilização do sensoriamento remoto, pois permite avaliar alterações nas culturas de interesse, bem como, mensurar a ocupação vegetativa da cultura em relação à área agricultável.

As análises do ICV podem ser obtidas através de cálculos dos mais diversos índices vegetativos, entre eles o NDVI, SAVI, EVI e VARI. Esses índices permitem a obtenção do ICV por meio da área ocupada, e podem ser referentes ao tamanho da área em m² ou em porcentagens (DEMARCHI et al., 2011; NICOLAU, 2017).

2.6.2 A utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) para obtenção do ICV por meio do NDVI*

Dentre as diversas funções da utilização de um VANT na agricultura, está a obtenção de dados referentes à sanidade e produtividade da cultura de interesse. Com isso, é possível obter os mais diversos índices vegetativos de uma determinada área com o monitoramento da produção em diversos períodos de análise.

A estimativa de parâmetros biofísicos da cultura de interesse, como a biomassa, área foliar, porcentagem de cobertura ocupada no solo e outras informações relevantes a respeito da evapotranspiração da vegetação, podem ser obtidos por meio do NDVI (UDA et al., 2011). Isso ocorre através do comportamento

dissemelhante da reflectância da vegetação na região do visível, com isso, quanto maior a cobertura vegetativa no solo, menor será a reflectância transmitida em razão da absorvência da radiação por meio de pigmentos fotossinteticamente ativos na vegetação.

Com base no exposto, este trabalho objetivou realizar um ajuste de modelo para avaliar a possibilidade de obtenção do ICV através do NDVI*, para servir de subsídio para tomadas de decisão acerca do manejo de uma área cultivada com pastagem, conduzida sob manejo de pastejo rotacionado.

2.7 Agrupamento não supervisionado utilizando k-Means

O agrupamento não-supervisionado pode ser utilizado com diversos métodos. Contudo, o K-Means é o mais utilizado.

O K-Means obtém o agrupamento por meio do cálculo de centróides de um conjunto de dados. Diz-se que um dado determinado pertence a um grupo se sua distância euclidiana de seus preditores em relação ao centróide de um grupo for adequado a um intervalo tolerante. O algoritmo k-Means realiza o agrupamento do conjunto de dados de mesma categoria baseando-se através das menores distâncias desses dados aos *clusters* (SINAGA; YANG, 2020).

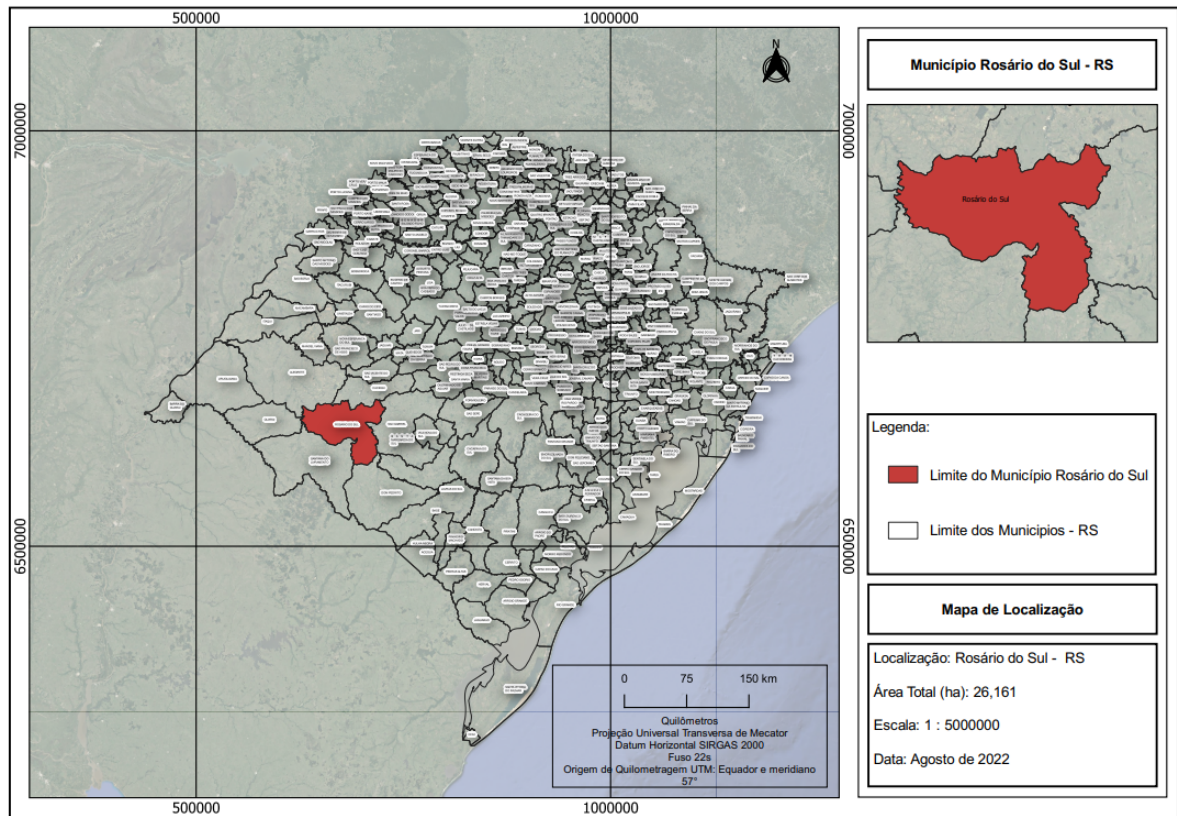
3 METODOLOGIA

Os resultados foram obtidos por meio de análises indiretas com a utilização de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), para a obtenção das imagens a campo. As metodologias utilizadas nesse trabalho serão abordadas nas próximas sessões.

3.1 Área de condução do experimento

O experimento foi conduzido em uma fazenda localizada no município de Rosário do Sul – RS (Figura 1), destinada à atividade de pecuária de corte.

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Rosário do Sul, RS



Fonte: O autor.

Fonte imagem de fundo: Google Satellite.

Segundo a escala de Köppen e Geiger, a classificação climática da região de Rosário do Sul é clima subtropical úmido (Cfa), que constitui uma média mensal de precipitação de 138,31 mm e média de temperatura mínima e máxima anual, respectivamente, de 13,8 C° e 24,5 C°, segundo dados do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA, 2022).

3.1.1 Rebanho e pastagem

A área atualmente é conduzida sob pastejo rotacionado, subdividida em quatro piquetes, cultivada com Aveia ucraniana (*Avena strigosa*).

O número de piquetes (NP) foi determinado pela fórmula a seguir, composta pelo período de descanso (Pd) e período de ocupação (Po).

$$NP = \frac{Pd}{Po} + 1$$

Os piquetes estão distribuídos conforme Figura 1. Abaixo encontram-se dados das áreas e geolocalização dos piquetes (Tabela 1).

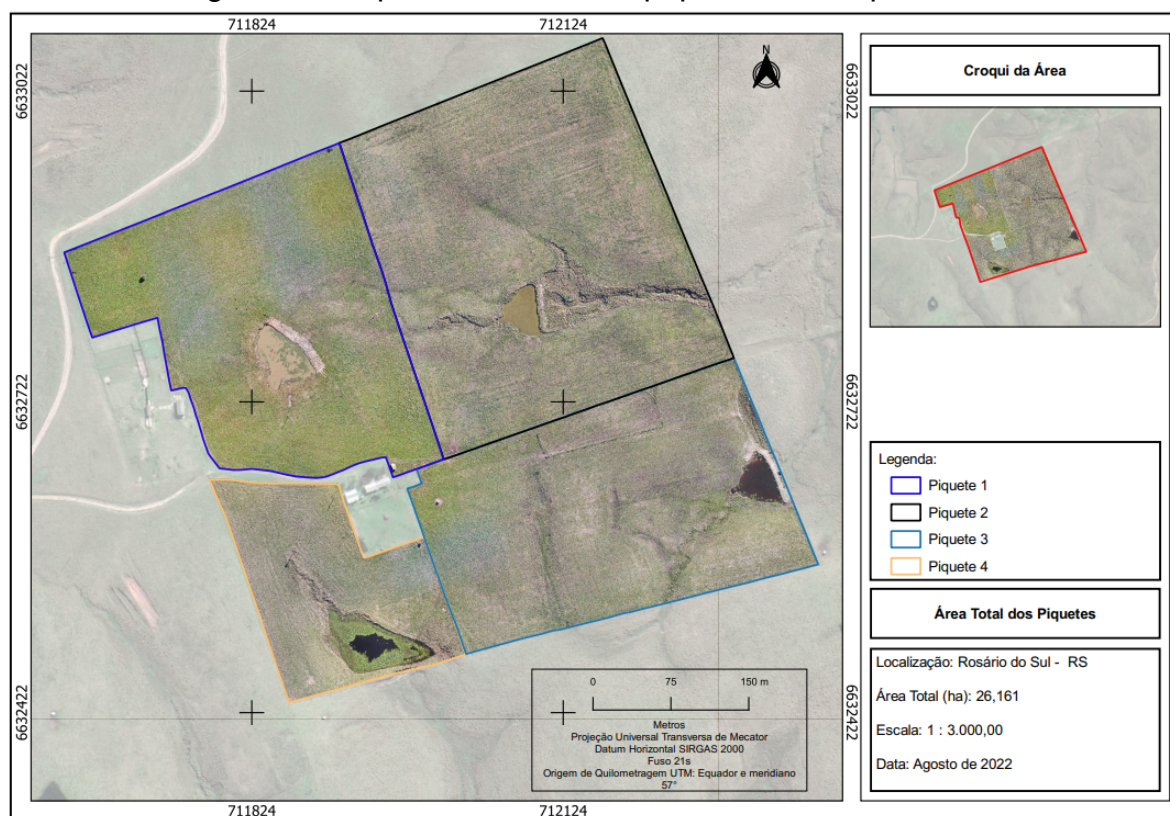
Os piquetes possuem tamanho de áreas distintas. Contudo, possuem a mesma capacidade produtiva por conta das características do solo.

Tabela 1 – Dados dos piquetes.

Piquetes	Área total (ha)	Coordenada central (graus decimais)
1	6,90	Lat. -30,41876 / Long. -54,79435
2	9,33	Lat. -30,41761 / Long. -54,79195
3	6,83	Lat. -30,41992 / Long. -54,79115
4	3,01	Lat. -30,42072 / Long. -54,79386

Fonte: O autor.

Figura 2 – Mapa da ortofoto dos piquetes obtido por VANT.



Fonte: O autor.

Fonte imagem de fundo: Google Satellite.

O rebanho é constituído por 31 animais com 16 meses de idade, da raça Braford. A unidade animal (UA) é de 450 kg, onde o produtor utiliza a lotação média

de 2 UA/ha. Os animais são rotacionados a cada 7 dias entre os 4 piquetes, totalizando em média 21 dias de repouso para o rebrote da espécie vegetal, considerando-se a retirada do rebanho ao atingir 20% de cobertura vegetal no piquete.

O plantio da Aveia ucraniana (*Avena strigosa*) foi realizado com densidade de semeadura de 80 kg/ha, no dia 5 de março de 2022. Realizou-se adubação de base com NPK de 350 kg/ha, na respectiva formulação 5-20-20.

3.2 Levantamentos a campo

Os trabalhos foram conduzidos em área sem a presença de componentes arbóreos, para melhor obtenção dos dados sem o efeito do sombreamento, para não causar interferência no levantamento.

A primeira etapa de execução deste trabalho consistiu nos levantamentos aéreos a campo. Foram realizados semanalmente, durante um mês, totalizando quatro levantamentos entre os dias 14 de maio a 12 de junho de 2022.

Para a coleta das imagens aéreas utilizou-se o Drone Mavic 2 Zoom (DJI), com câmera RGB de banda simples, conforme especificações na Tabela 2.

Tabela 2 – Especificações do drone DJI Mavic 2 Zoom.

	Parâmetros	Especificações
Aeronave	Peso	905 g
	Bateria	Bateria 4S de polímero de lítio: 3850 mAh
	Tempo de Voo	31 minutos (Com ventos constantes 25 km/h)
	Alcance Máximo	8 km
Câmera	Sensor	1/2.3" Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS)
	Lentes da Câmera	FOV cerca de 83° (24 mm); cerca de 48° (48 mm)
	Pixels Efetivos	12 Megapixels
	Tamanho de Imagem	4000 x 3000
	Formato de Imagem	JPEG

Fonte: O autor.

Sua funcionalidade depende de um controle remoto com auxílio de um smartphone. Os parâmetros de voo foram selecionados no aplicativo DroneDeploy. Os quatro levantamentos foram realizados com altura de 120 metros, com *front overlap* de 75% e *side overlap* de 70% e com velocidade de 11 m/s (Tabela 2).

Tabela 3 – Parâmetros de voo utilizados nos 4 levantamentos.

Parâmetros	Especificação
Área de Voo	26,16 ha
Altura de Voo	120 m
Velocidade de Voo	11 m/s
Sobreposição Frontal	75%
Sobreposição Lateral	70%

Fonte: O autor.

Foram distribuídos na área experimental sete pontos de controle, com auxílio de aparelho RTK (*Real Time Kinematic*), dispostos de maneira a representar o tamanho total da área. Os pontos de controle foram utilizados no processamento das imagens obtidas com o drone, para o agrupamento e correção das coordenadas, reduzindo assim os erros de sobreposição das imagens.

3.3 Processamento das imagens

A segunda etapa de execução do trabalho consistiu no tratamento e processamento das imagens, conduzido no software Agisoft Metashape Pro, com a finalidade de obter o mapeamento completo da área em estudo através da ortofoto, conforme as etapas descritas abaixo:

- **Pré-seleção das imagens:** Selecionou-se as imagens que compreendem um percentual de qualidade acima de 0,7 estimado pelo próprio software com o comando *Qualyt Image*, minimizando interferências causadas por imagens de qualidades inferiores ou imagens definidas como NA (Não Alinhadas).
- **Alinhamento das imagens:** O alinhamento das imagens consistiu na fototriangulação das mesmas, utilizando um referencial do terreno a partir das coordenadas obtidas, gerando assim, a nuvem de *tie points* materializando as coordenadas.
- **Dense Clound:** A *Dense Clound*, ou nuvem densa de pontos, foi utilizada para intensificar e aumentar a quantidade dos pontos obtidos no processo anterior, preenchendo os espaços vazios para obter o modelo digital do terreno (MDT) e o modelo digital de elevação (MDE).
- **Construir o Modelo:** Nesta etapa realizou-se um modelo 3D da área mapeada, tornando possível analisar diversos parâmetros da área de interesse.
- **Construir Textura:** A função citada foi utilizada para construir texturas no modelo tridimensional, proporcionando melhorar o aspecto visual do produto.
- **Construir Modelo Digital do Terreno:** Os produtos gerados no modelo digital do terreno, consistiram na representação da elevação do terreno em duas dimensões.
- **Gerar Ortofoto:** Nesta etapa do processamento, a ortofoto foi obtida pelo mosaico das imagens do processamento. Este produto foi utilizado para o processamento do NDVI* no software QGIS.

3.4 Tratamento das ortofotos no software QGIS

A posteriori, o produto gerado dos 4 levantamentos no software Agisoft Metashape Pro foi importado para o software QGIS para a elaboração do NDVI* e recorte da área de interesse do estudo. Selecionou-se de forma aleatória 2 amostras retangulares dentro da área de cada piquete, sendo 4 piquetes, totalizando 32 amostras.

Foi realizado a álgebra de mapas através da calculadora raster, onde a fórmula será apresentada a seguir, compreendendo respectivamente ρ_{GREEN} e ρ_{RED} , que compõem elementos de reflectância de superfície nas bandas do vermelho visível (RED) e a banda do verde (GREEN).

$$\text{NDVI}^* = \frac{\rho_{\text{GREEN}} - \rho_{\text{RED}}}{\rho_{\text{GREEN}} + \rho_{\text{RED}}}$$

3.5 Agrupamento dos pixels das imagens utilizando K-means no software R

As imagens tratadas no software QGIS, foram importadas para o software R afim de classificar diferentes níveis de cobertura vegetal presentes no solo através da clusterização por meio do K-means, utilizando $K = 5$ classes.

O agrupamento foi realizado com a transformação das imagens em uma matriz de dados com coordenadas conhecidas (x, y) e o valor obtido por meio do NDVI* para cada pixel da imagem e convertido para *spatial gridded*. Os valores de NDVI* foram agrupados em classes de 1-5. Após o agrupamento, uma imagem no formato raster foi gerada. A posteriori, foi realizada a contagem de células presentes em cada classe e convertidas em porcentagem.

Este script foi rodado para todas as 32 amostras, dos 4 piquetes, dos 4 levantamentos.

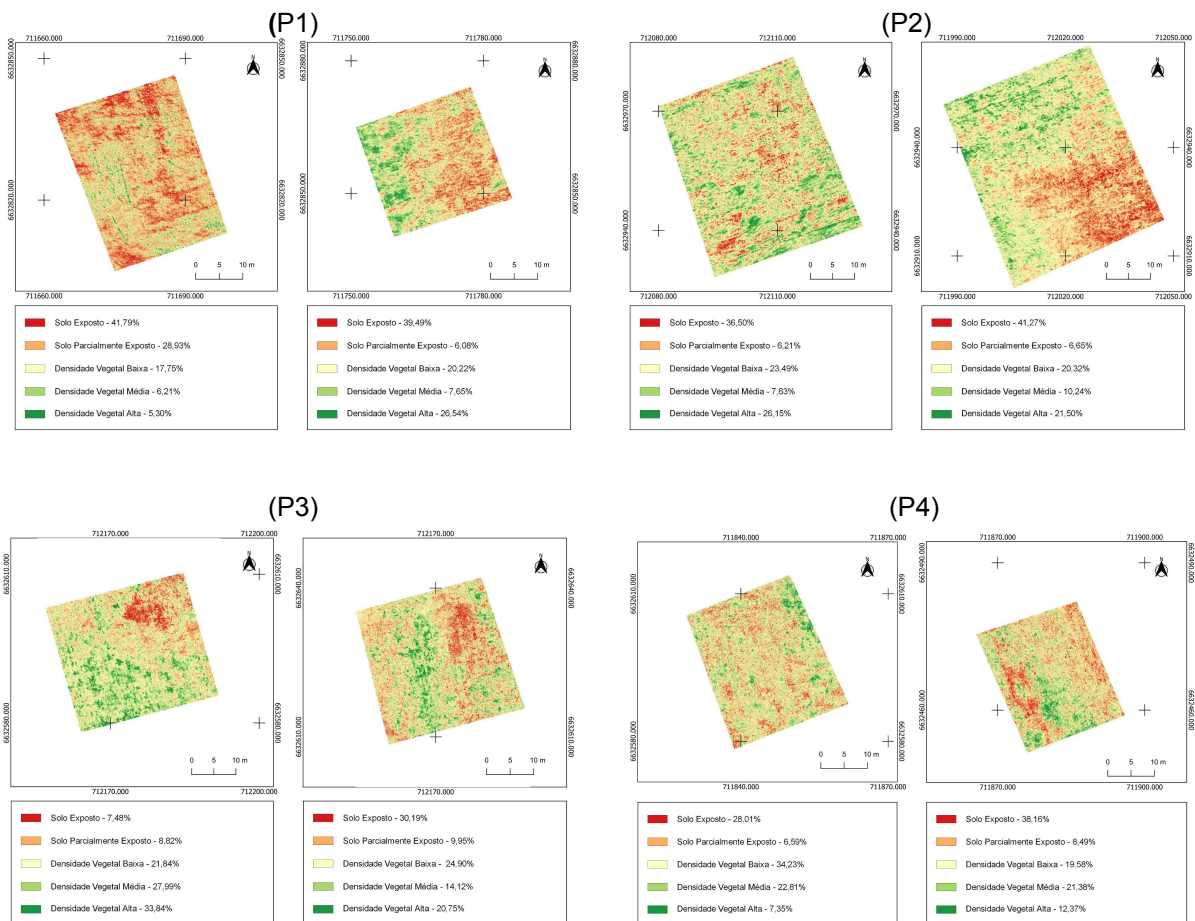
Os pacotes utilizados neste *script* foram:

- *rgdal*;
- *raster*.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As análises realizadas do Levantamento 1, demonstram que o P1 possui maior porcentagem de solo exposto em comparação com os demais piquetes, sendo que a maior porcentagem de vegetação disponível para o rebanho se dá pelo P3, como representa a Figura 3.

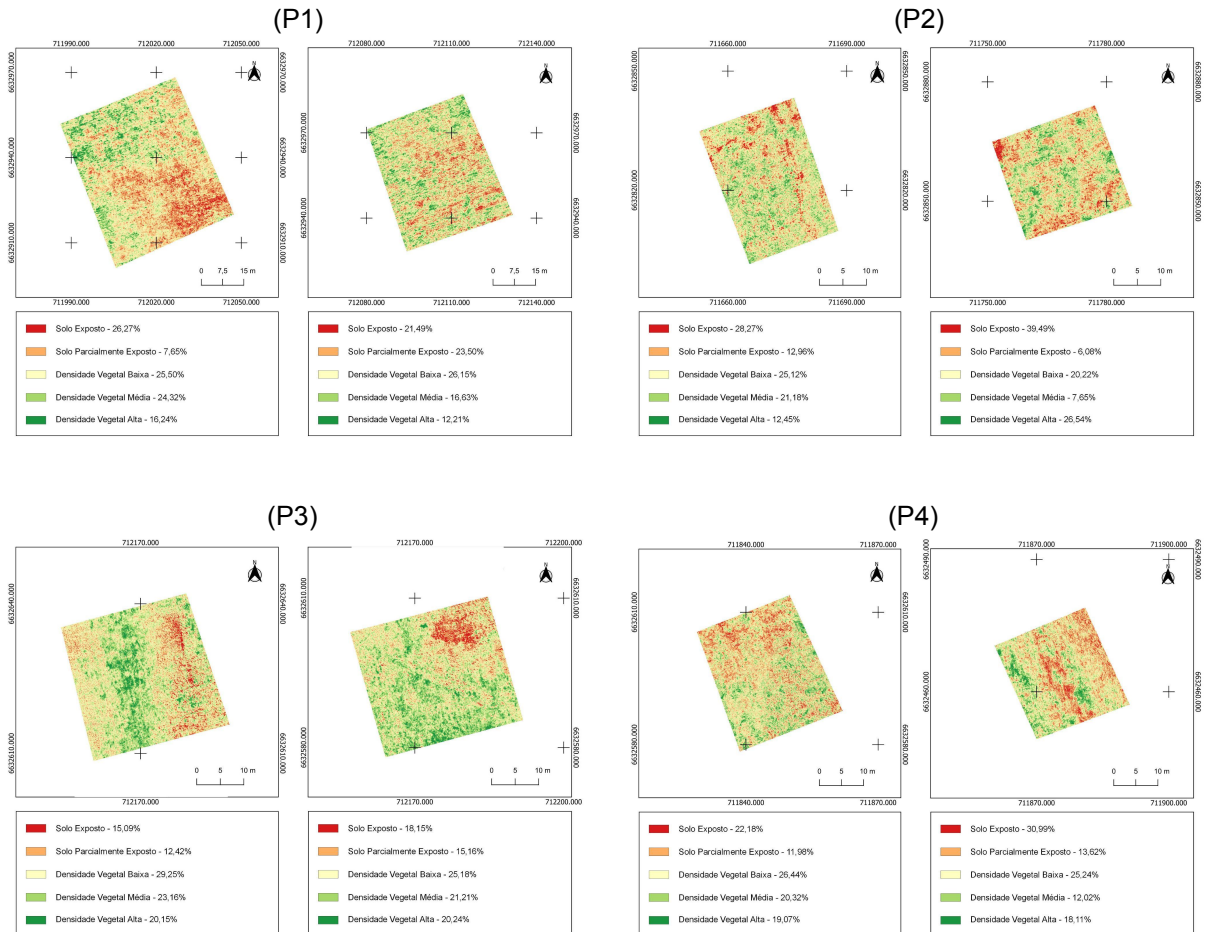
Figura 3 – Imagens referentes ao Levantamento 1.



Legenda: (P1) Amostras do Piquete 1; (P2) Amostras do Piquete 2; (P3) Amostras do Piquete 3; (P4) Amostras do Piquete 4. Fonte: O autor.

No Levantamento 2 percebe-se que o P2 obteve a maior porcentagem de solo exposto, em contrapartida o P3 obteve a maior porcentagem de ICV, conforme a Figura 4.

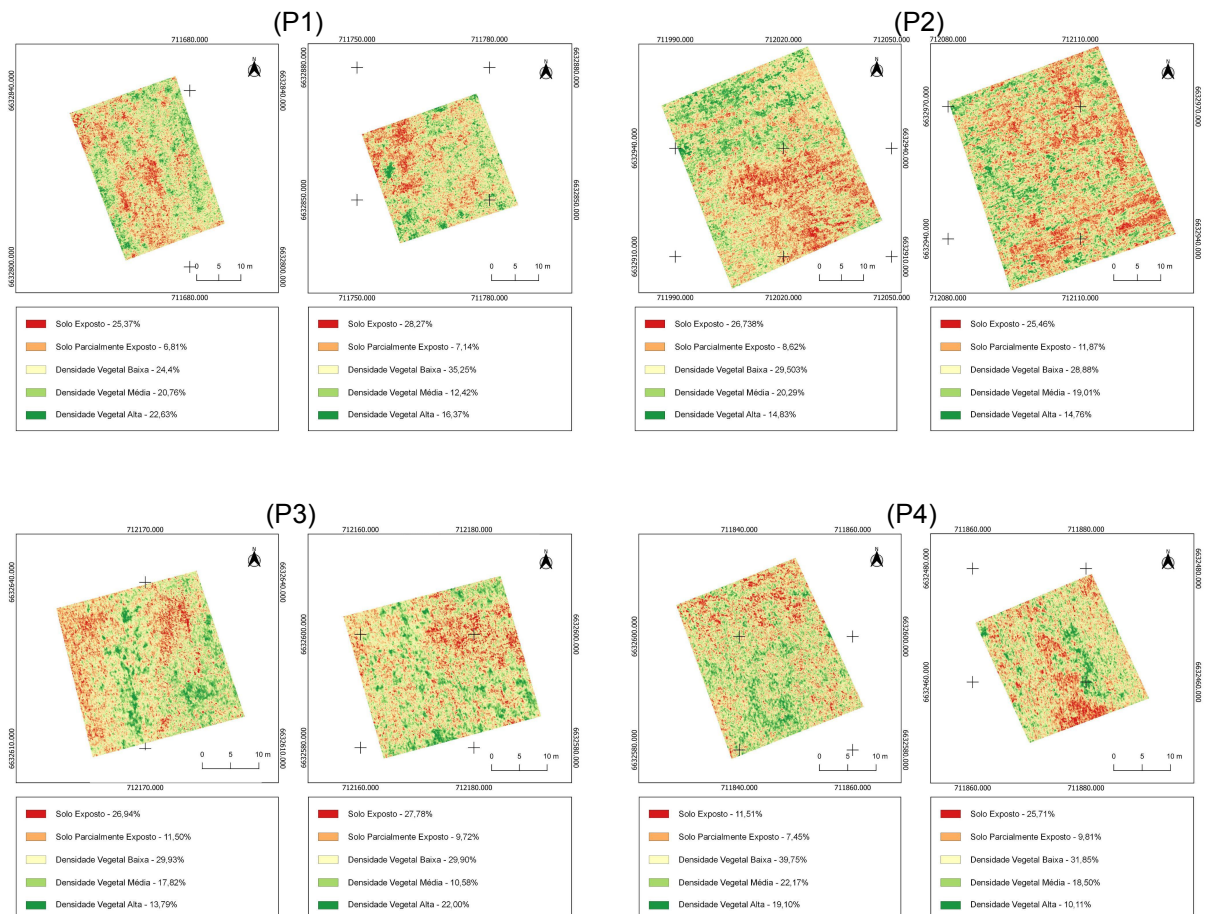
Figura 4 – Imagens referentes ao Levantamento 2.



Legenda: (P1) Amostras do Piquete 1; (P2) Amostras do Piquete 2; (P3) Amostras do Piquete 3; (P4) Amostras do Piquete 4. Fonte: O autor.

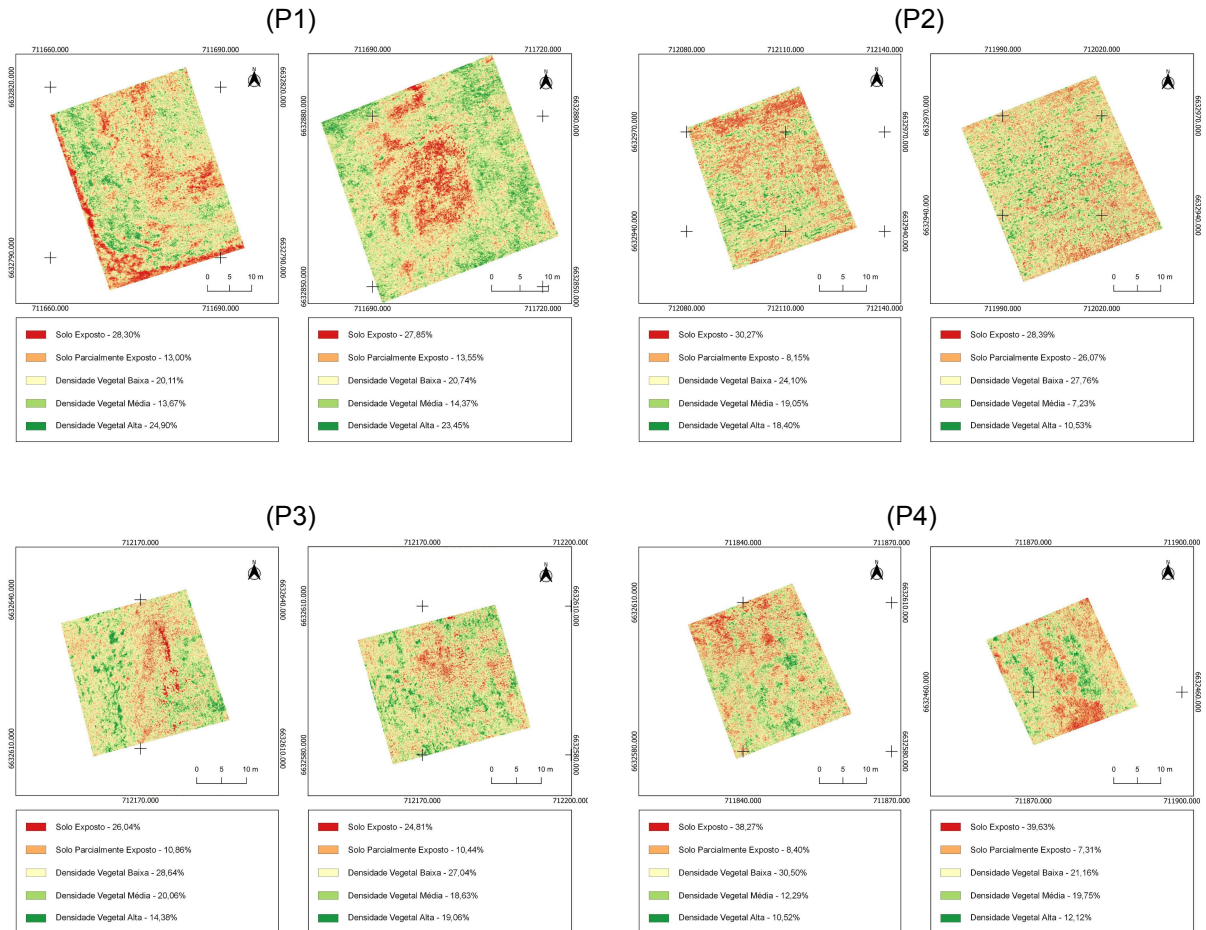
Conforme o Levantamento 3, pode-se observar que o P3 obteve a maior porcentagem de solo exposto em relação aos demais piquetes. O P4 obteve o menor valor de solo exposto, indicando o maior ICV.

Figura 5 – Imagens referentes ao Levantamento 3.



De acordo com o Levantamento 4, o P4 demonstrou maior porcentagem de solo exposto. No entanto, o P3 demonstrou uma porcentagem maior de ICV, em relação aos demais piquetes.

Figura 6 – Imagens referentes ao Levantamento 4.



Legenda: (P1) Amostras do Piquete 1; (P2) Amostras do Piquete 2; (P3) Amostras do Piquete 3; (P4) Amostras do Piquete 4. Fonte: O autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, com base nas análises realizadas neste trabalho, é possível afirmar que este método se demonstra capaz de estimar a porcentagem do ICV no solo com a utilização do NDVI*, com isso, pode-se utilizar esta metodologia para subsidiar a tomada de decisão acerca do tempo de permanência do rebanho no piquete, bem como, verificar a adequação da UA por ha, avaliar a densidade de semeadura da pastagem por hectare e auxiliar no manejo da adubação.

REFERÊNCIAS

ALVES, Fabiana Villa; GOMES, Rodrigo da Costa; ALMEIDA, Roberto Giolo de; KARVATTE JUNIOR, Nivaldo; OLIVEIRA, Caroline Carvalho de. Bem-estar animal: desafios, oportunidades e perspectivas globais. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, v. 1, n. 286, p. 1-28, nov. 2020. Mensal.

ARAÚJO, Massilon J. **Fundamentos de Agronegócios**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2007. 157 p.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. O. de; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130p.

BALBINO, Luiz Carlos; VILELA, Lourival; CORDEIRO, Luiz Adriano Maia; OLIVEIRA, Priscila de; PULROLNIK, Karina; KLUTHCOUSKI, João; SILVA, Jamir Luís Silva da. INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (iLPF) REGIÃO SUL. In: GO. EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Curso de Capacitação do Programa ABC: agricultura de baixa emissão de carbono**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. Cap. 1. p. 1-83.

BARROS, G.S.C.; CASTRO, N.R.; MACHADO, G.C.; ALMEIDA, F.M.S.; ALMEIDA, A.N. **Boletim Mercado de Trabalho do Agronegócio Brasileiro**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). Piracicaba, 1º trimestre de 2022, 2022.

BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRE, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C.; REZENDE, C.D.; CANTARUTTI, R.B.; PEREIRA, J.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 389-403, 2004.

BRAGA, Gustavo José; RAMOS, Allan Kardec Braga; MACIEL, Giovana Alcantara; FERNANDES, Francisco Duarte; CARVALHO, Marcelo Ayres; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarini da. Métodos de Pastejo e Estimativas para o Ajuste do Número de Bovinos na Pastagem. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, DF, v. 1, n. 30, p. 1-24, dez. 2020. Mensal.

CARON, Braulio Otomar; SGARBOSSA, Jaqueline; NARDINI, Claiton. Pastagens em sistemas agroflorestais. In: SCHWERZ, Felipe; CARON, Braulio Otomar; ELLI, Elvis Felipe (org.). **Sistemas Agroflorestais: resultados, aplicações e desafios**. Lavras: Ufla, 2022. Cap. 6. p. 62-70.

CEZAR, Ivo Martins; QUEIROZ, Haroldo Pires; THIAGO, Luiz Roberto Lopes de S.; CASSALES, Fernando Luis Garagorry; COSTA, Fernando Paim. Sistemas de Produção de Gado de Corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, v. 1, n. 151, p. 1-40, out. 2005. Mensal.

CORDEIRO, Luiz Adriano Maia; VILELA, Lourival; VILELA, Lourival; MARCHÃO, Robélio Leandro (ed.). Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: O produtor pergunta, a Embrapa responde. **Coleção 500 Perguntas 500 Respostas**, Brasília, p. 1-393, 2015.

COSTA, José Alexandre Agiova da; QUEIROZ, Haroldo Pires de. **Régua de Manejo de Pastagens - edição revisada**. Comunicado Técnico, Campo Grande, MS, v. 1, n. 135, p. 1-7, fev. 2017.

DEMARCHI, Julio Cesar; PIROLI, Edson Luís; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. ANÁLISE TEMPORAL DO USO DO SOLO E COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI E SAVI NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO – SP USANDO IMAGENS LANDSAT-5. **RAEGA: O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 234-271, 2011. Quadrimestral.

ELLI, Elvis Felipe; SCHWERZ, Felipe. Sistemas Agroflorestais: abordagem geral e aplicabilidade. In: SCHWERZ, Felipe; CARON, Braulio Otomar; ELLI, Elvis Felipe (org.). **Sistemas Agroflorestais: resultados, aplicações e desafios**. Lavras: Ufla, 2022. Cap. 1. p. 10-19.

EMBRAPA. **Visão 2014–2034: O Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. 53 p.

FERRAZ, Rodrigo.; SKORUPA, Ladislau. **Intensificação sustentável: desafios e oportunidades para a agricultura brasileira.** Embrapa Solos - Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017., [S. l.], v. 43, n. n.2, p. 37–42, 2017.

FORMAGGIO, Antonio Roberto; SANCHES, Ieda Del'Arco. **Sensoriamento remoto em agricultura.** 1ª edição. São Paulo, SP. 285p. 2017.

GASPERINI, Marina Mendes; GOMES, Magno Federici. A integração Lavoura Pecuária Floresta como alternativa para o desempenho sustentável no agronegócio. **CONPEDI LAW REVIEW**, Evento Virtual, v. 6, n. 1, p. 01-18, jan-dez. 2020.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. **The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture.** Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, Victoria, v. 15, n. 76, p. 663-670, 1975.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rebanho de Bovinos (Bois e Vacas).** 2020. On-line. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/rs>>. Acesso em: 14 jul. 2022.

KUCHLER, Patrick Calvano. **Utilização do sensoriamento remoto para o mapeamento dos sistemas integrados de produção agrícola: contribuição ao monitoramento da agricultura de baixa emissão de carbono no estado do Mato Grosso, Brasil.** 2021. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Montpellier (França), 2021.

LIMA, Jairo Gustavo de; POZO, Osmar Vicente Chévez; FREITAS, Rodrigo Randow de; MAURI, Gabriela De Nadai. Startups no agronegócio brasileiro: uma revisão sobre as potencialidades do setor. **Brazilian Journal Of Production Engineering**, São Mateus, v. 3, n. 1, p. 107-121, jun. 2017.

LOPES, Rogério dos Santos; FONSECA, Dilermando Miranda da; CÓSER, Antônio Carlos; NASCIMENTO JÚNIOR, Domício do; MARTINS, Carlos Eugênio; OBEID, José Antônio. Avaliação de Métodos para Estimação da Disponibilidade de Forragem em Pastagem de Capim-Elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 1, n. 29, p. 40-47, 2000. Mensal.

MACHADO, Luís Armando Zago; KICHEL, Armindo Neivo. **Ajuste de Lotação no Manejo de Pastagens**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, v. 1, p. 1-55, dez. 2004.

MASELLI, R.; REBOLD, F. **Análise de dados GAC NDVI para identificação de terras agrícolas e previsão de rendimento em países da África Mediterrânea**, 2001.

NICOLAU, Rafaela Fernandes. **Índice de vegetação EVI para estimativa de área de milho 2.^a safra e lavouras de inverno**. 2017. 76 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

SÃO PAULO. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). **PIB do Agronegócio**. 2022. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_PIB_JAn_Dez_2021_Mar%C3%A7o2022.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

SHIRATSUCHI, Luciano Shozo; BRANDÃO, Ziany Neiva; VICENTE, Luiz Eduardo; VICTORIA, Daniel de Castro; DUCATI, Jorge Ricardo; OLIVEIRA, Ronaldo Pereira de; VILELA, Marina de Fátima. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, João de Mendonça; RESENDE, Álvaro Vilela de; BASSOI, Luis Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi (ed.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa Instrumentação, 2014. Cap. 4. p. 58-73.

SINAGA, K. P.; YANG, M. S. Unsupervised K-means clustering algorithm. IEEE Access, v. 8, 2020.

SOARES, André Brugnara; SARTOR, Laércio Ricardo; ADAMI, Paulo Fernando; VARELLA, Alexandre Costa; FONSECA, Lidiane; MEZZALIRA, Jean Carlos. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes

de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, jul. 2009. Mensal.

UDA, Patrícia Kazue; CHAFFE, Pedro Luiz Borges; KOBAYAMA, Masato; SILVA, Filipe Viezzer da. Análise preliminar da variação temporal do NDVI da Bacia do Rio Iguaçu. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p. 1-8.