

## Uso de ferramentas de informática livres para elaboração, acompanhamento e avaliação de projetos de Pastoreio Racional Voisin

Adenor Vicente Wendling<sup>1</sup>, Ana Laura Carrilli<sup>2</sup>, José Bran<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutor em agroecossistemas (UFSC), TAE e Docente no IFPR - Campus Palmas, e-mail: adenor.wendling@ifpr.edu.br

<sup>2</sup> Mestre do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistema, profissional autônoma junto da Oscip AKARUI, e-mail: analaura@disroot.org

<sup>3</sup> Médico veterinário autônomo, e-mail: multifarm@disroot.org

**Resumo:** O manuscrito descreve a definição de um fluxo de coleta, armazenamento, processamento, análise e geração de informações para construção e acompanhamento de um projeto de Pastoreio Racional Voisin (PRV) usando programas e plataformas construídas em software livre. O trabalho teve o objetivo de simplificar o processo de coleta de dados geoespaciais e a elaboração do projeto de PRV, permitir a replicabilidade dos procedimentos e acompanhar o manejo diário do pastoreio. O fluxo de trabalho foi definido a partir de sessões de estudo frequentes, busca e teste de programas e plataformas para processamento dos dados e validação de aplicativos para uso a campo em unidades de produção bovina em sistemas de pastoreio. Foram utilizadas as seguintes ferramentas: OsmAnd e OMSTracker (coleta de dados SIG), QGIS (sistema de processamento de informação), R (entorno de processamento de dados e geração de gráficos), Git (sistema de controle de versões e comunicação), Nextcloud (nuvem). O trabalho permitiu definir ferramentas construídas em software livre para elaborar um projeto digital de PRV. O fluxo de trabalho é promissório para facilitar a coleta, análise de dados e a comunicação dentro da equipe de trabalho e entre essa equipe e os usuários dos serviços. Os procedimentos garantem reprodutibilidade e qualificação da orientação técnica na área de manejo sustentável de pastagens, permitindo tomada de decisão com base em dados e facilitando o acesso aos dados históricos e comparativos de mudanças do sistema dentro da unidade produtiva.

**Palavras-chave:** dados, geoprocessamento, estatística.

### Introdução

Para construir projetos de PRV é necessário mapear a área. A adequada divisão de área é fundamental para o sucesso do projeto. O uso de geotecnologias e geoprocessamento para a divisão de área permite adequada utilização de recursos e otimização da mão de obra. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) “QGIS” (<https://qgis.org/>) pode ser usado para projetar piquetes, bebedouros, corredores, áreas de restrição ambiental e a planta baixa das infraestruturas. O mapa georreferenciado orienta a implantação a campo e o planejamento econômico do projeto e permite visualizar as características ecológicas da área: qualidade e fertilidade do solo, topografia, tipo e produtividade da vegetação e hidrografia. Os dados geoespaciais podem ser usados para planejamento, acompanhamento e avaliação do desempenho da pastagem e dos animais na unidade de produção, apoiando as recomendações técnicas.

Para elaborar projetos de PRV são requeridas funções acessórias ao geoprocessamento. Por isso é necessário realizar integração de QGIS com outras ferramentas informáticas para coleta e sincronização de dados, como: nuvem para gestão documental, entornos para organização, adequação, análise dos dados e geração de informes, programas e plataformas que facilitem o controle de versões dos dados, a comunicação e o trabalho em equipe para a construção, acompanhamento e avaliação dos projetos. Existem múltiplas opções para estruturar esse tipo de fluxo de trabalho. No presente manuscrito, relatamos uma opção na qual foram utilizadas ferramentas construídas em software livre.

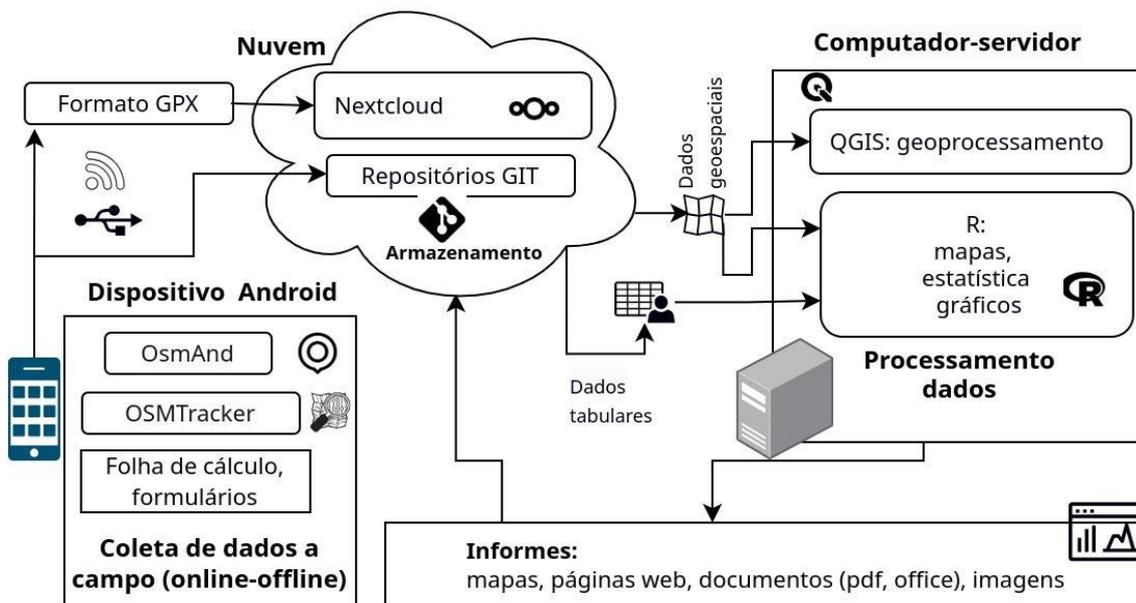
O software livre existe como produto de um movimento social e como uma prática baseada na adoção de licenças que permitem usar, estudar, modificar e compartilhar software livremente. A utilização de software livre para elaboração de projetos de PRV pode ter algumas vantagens como: a) Redução de custos; b) Possibilidade de estudar de maneira irrestrita o uso das ferramentas de software obtendo informação em manuais, fóruns e tutoriais que são comumente disponibilizados para esse tipo de ferramentas; c) Possibilidade de estudar, modificar e compartilhar o código fonte dos programas para criar novas funcionalidades e adaptar as ferramentas a necessidades específicas; d) Promoção da solidariedade e da cooperação; e) Validação social da tecnologia, já que as ferramentas podem ser auditadas por quaisquer entidade; f) Autonomia para as pessoas que usam ou modificam o software; g) Replicabilidade e consistência na elaboração dos projetos de PRV; f) Facilitação de processos de formação ao poder reconstruir o processo de construção de um projeto de PRV (planejamento, discussões, mudanças nos mapas ou nos dados).

O objetivo do presente trabalho foi elaborar um projeto de manejo sustentável de pastagens usando software livre e criar um fluxo de trabalho que permitisse a coleta de dados a campo, o armazenamento das informações, a geração de informes, a comunicação entre a equipe de trabalho e a comunicação com usuários que demandam a elaboração desses projetos. A definição desse fluxo de trabalho teve a intenção de diminuir custos e tempo de trabalho e elaborar uma versão digital do Projeto de PRV usando sistema de controle de versões, garantindo a replicabilidade, integridade dos dados e o acompanhamento e monitoramento de futuras modificações no sistema produtivo desenhado, utilizando arquivos digitais.

### **Material e Métodos**

O presente manuscrito surgiu de múltiplos encontros de um grupo de estudo que, desde 2018, iniciou encontros para resolver desafios técnicos para implantação de sistemas de PRV. A dinâmica do grupo foi a realização de reuniões virtuais periódicas (quase sempre semanalmente) onde foram problematizados desafios para coleta de dados em unidades de produção bovina, tanto de produção animal, da pastagem e informação geoespacial para construção dos projetos de PRV. Em todas as sessões foram exploradas ferramentas de informática que posteriormente foram testadas a campo. Finalmente foi construído um fluxo de trabalho (Figura 1) usando aplicativos e entornos livres. Brevemente: os dados são coletados em dispositivos Android (OsmAnd, OSMtracker, formulários digitais ou folhas de cálculo) e armazenados em repositórios git (<https://git-scm.com/>) e nuvem (Nextcloud - <https://nextcloud.com/>) sob controle de versões (ferramenta de registro de mudanças em base de dados) para permitir rastrear as mudanças realizadas nas informações. Posteriormente são transferidos para programas nos quais se realiza inspeção, análise e geração de informes para implantação e acompanhamento do Projeto. Usamos o entorno QGIS para tarefas relacionadas com geoprocessamento e R

(<https://www.r-project.org/>) para elaboração de mapas, análise estatística, geração de gráficos e informes. Os repositórios Git, em máquinas locais e em nuvem, foram utilizados como ferramenta de comunicação entre a equipe de trabalho e com usuários dos serviços bem como para realizar a gestão de projetos. Foi utilizada metodologia “ágil” para elaborar projetos, subdivididos em metas que pela sua vez eram compostas por pequenas tarefas que eram executadas por cada pessoa da equipe, segundo acordos de trabalho.



**Figura 1.** Fluxo dos dados utilizados para elaboração de um Projeto de Pastoreio Racional Voisin usando aplicativos e entornos construídos em software livre

Detalhes da construção desse fluxo de trabalho são descritas no presente manuscrito a partir de exemplos de informações de unidades de produção onde foram desenhados projetos de PRV: inicialmente o processo de captação de dados e utilização em sistema de informação geográfica (QGIS) e posteriormente na interação de uso dessa ferramenta junto ao entorno para gráficos e estatística “R”, usando como exemplo a unidade de PRV “Campos de Pastoreio”. As pessoas responsáveis pelas unidades foram informadas sobre o uso dos dados e deram consentimento para utilizar as informações na publicação. Os aplicativos para Android se encontram disponíveis em versão gratuita no catálogo de aplicativos F-droid (<https://f-droid.org/>) e outros programas estão disponíveis para descarga gratuita online, ou podem ser instalados desde sistemas operacionais livres usando o gestor de pacotes de cada distribuição.

## Resultados e Discussão

O processo de divisão de área pode ser exemplificado em oito passos, desde a coleta de dados em dispositivo Android (celular, tablet), dispensando o uso de GPS, até o processamento das informações geográficas dentro de QGIS.

**1. Coleta de dados geoespaciais a campo com aplicativos de celular:** Foram testados diversos aplicativos (Qfield, MerginMaps, por exemplo) e chegamos no uso do

OsMAnd e do OSMtracker para coleta de dados e exportação em formato GPX (esquema XML que permite intercâmbio de dados entre aplicativos), garantindo a transferência de dados obtidos pelo GPS ao computador. Os aplicativos permitem coleta offline de coordenadas, altitude de pontos e caminhos com precisão que varia de 2 a 10 metros. Também permitem captar fotografias e criar notas georreferenciadas.

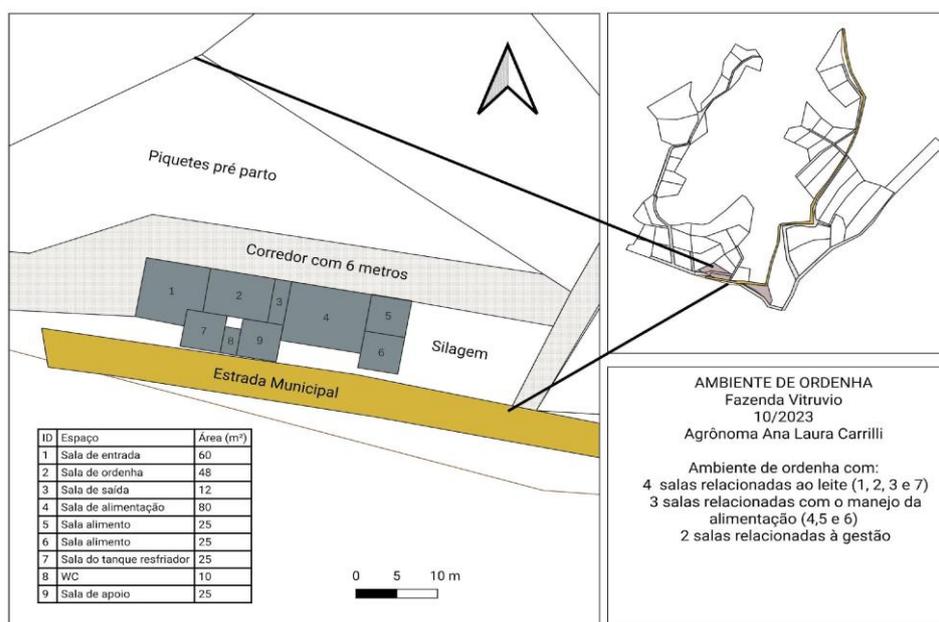
### **2. Definição do sistema de referência de coordenadas (SRC) usando QGIS:**

Para calcular as distâncias e as áreas do projeto em metros, devemos usar o sistema de coordenadas plano UTM, com o cuidado de selecionar o UTM do local onde está o projeto e o SIRGAS 2000 como sistema geodésico de referência, caso esteja na América Latina. As camadas a serem trabalhadas no projeto devem ter o mesmo SRC de referência e sempre que necessário devemos reprojeter as camadas para esse SRC.

**3. Obtenção de informações de bancos de dados oficiais:** Os bancos de dados oficiais disponibilizam dados geoespaciais de forma gratuita, que podem apoiar o processo de planejamento de divisão de área de um PRV. Os “Modelos Digitais de Elevação” (MDE) são relevantes, já que permitem obter dados de altimetria (importante para entender as curvas de nível e o fluxo de água de um local) e mapas oficiais com características de solo, hidrografia, vegetação nativa, uso e ocupação de solo e o tamanho das propriedades, que permitem entender a capacidade produtiva do local, as áreas de restrição ambiental e o tamanho aproximado dos espaços. No entanto, é importante compreender as limitações dessas informações, que variam em função da qualidade do dado coletado e analisado. O processo de mapeamento deve ser ajustado e validado a campo. Sinais de erosão, plantas indicadoras, locais com necessidade de travessia para os animais e veículos são exemplos de informações a serem observadas no campo. **Dados de elevação:** Os MDE são arquivos tipo **raster** que representam a superfície da terra em três dimensões. São criados a partir de sensores de satélites ou drones e são úteis para calcular a altitude, declividade, inclinação, curva de nível e hidrologia de um espaço. Os MDE podem ser obtidos usando um *plugin* de QGIS (“OpenTopography DEM Downloader”) ou acessando bancos de dados oficiais dos projetos Topodata e o ASF. No projeto Topodata as imagens de declividade, altitude, orientação, relevo e curvatura estão em formato “.gif” com resolução de 30 x 30m. Já o ASF disponibiliza imagens do satélite Alos Palsar, com resolução de 12,5 x 12,5 m em formato “.dem.tif”. Essa diminuição de resolução é desejável quando se precisa maior acurácia, como em projetos de PRV localizados em áreas pequenas. As imagens importadas devem ser recortadas para a área do projeto de PRV, deixando o processamento dessas informações mais leve. Esses procedimentos podem ser feitos utilizando aplicações disponíveis na caixa de ferramentas do QGIS, ou por meio de comandos. Alguns exemplos de comandos são: *gdal:cliprasterbymasklayer* para recortar, *gdal:contour* para calcular as curvas de nível e *gdal:slope* para calcular a declividade. **Dados de solo, vegetação, hidrológicos e fundiários:** O IBGE tem um banco de dados de vegetação e de solos que inclui a divisão dos biomas e regiões fitoecológicas do Brasil. Outra fonte de dados oficiais é a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável com dados diversos. Destacamos a hidrografia, que pode ser acessada por estado ou município. Outra base de dados é o CAR que tem dados sobre a Área de Preservação Permanente (APP), APP consolidada, área total do imóvel, hidrografia incluindo as nascentes, reserva legal, estradas, áreas de uso restrito e vegetação nativa.

**4. Criação de camadas vetoriais para a divisão de área do PRV:** Sugerimos criar três camadas tipo **linha**, uma para fazer o *perímetro da divisão de área*, outra para

as divisões internas dos piquetes e corredores e outra para a rede hidráulica. Também é necessário criar uma camada do tipo **polígono**, para a definição de cada piquete, que será utilizada para calcular a área dos piquetes e outras estruturas. Cada piquete deve ser formado por um polígono para possibilitar a integração com os dados de uso dos piquetes. Sempre que necessário podem ser abertas novas camadas, como, por exemplo, para desenho da planta baixa das infraestruturas de manejo (Figura 2) e para desenho das linhas silvipastoris, linhas de água ou caminhos. É importante utilizar os pontos coletados no campo para ter mais precisão nas medidas do projeto, além de utilizar uma camada com imagens aéreas como pano de fundo, facilitando a identificação das características da área. Para fazer o desenho divisão de área, utilizamos as **ferramentas padrão do QGIS** com destaque para três: a de *vetorização*, *vetorização avançada* e de *aderência* que devem ser ativadas para aparecer no layout do QGIS e apoiarão no processo de desenho. As ferramentas de aderência auxiliam para que os polígonos sejam feitos exatamente sobre as linhas.

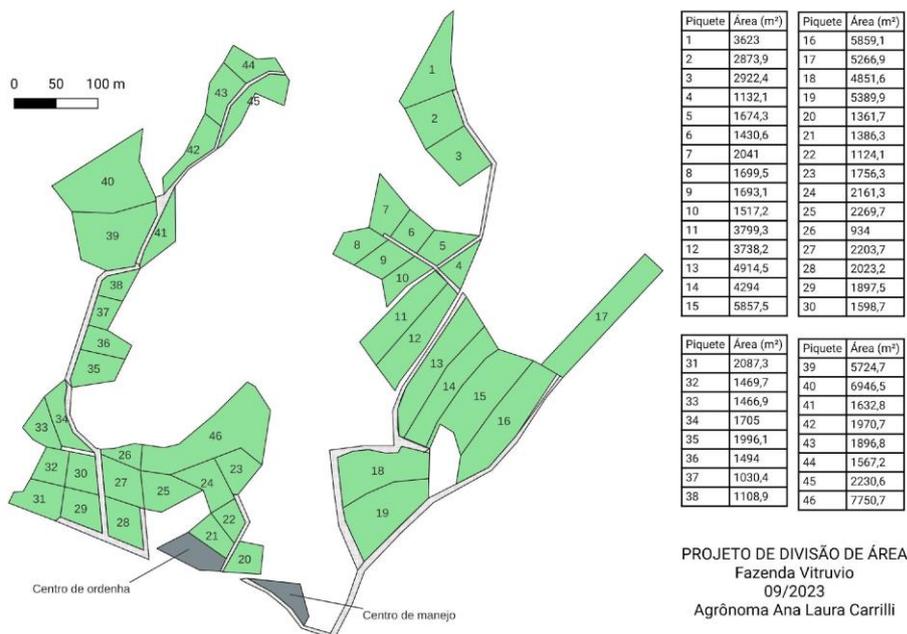


**Figura 2.** Planta do ambiente de ordenha feito no QGIS

**5. Acesso à caixa de ferramentas do QGIS:** A caixa é a ferramenta principal de processamento da interface gráfica de usuário e pode ser acessada no menu principal. A caixa contém a lista de todos os algoritmos disponíveis e possui uma ferramenta (lupa) para filtrar. Assim, ao procurar por uma palavra-chave, aparecem as ferramentas associadas ao termo. Duas ferramentas úteis são *Buffer* e *offset* que apoiam para que as linhas saiam nas distâncias requeridas.

**6. Uso da calculadora de campo:** É utilizada para criar uma **tabela de atributos** com as informações de área e perímetro. Ao selecionar a camada de linha dos piquetes, podemos colocar a expressão  $\$length$  na calculadora de campo e criar um atributo com o nome de “metros\_de\_cerca”. Com isso vamos ter a quantidade de cerca elétrica usada no projeto de PRV. O mesmo pode ser feito com a linha do perímetro que pode indicar a cerca do entorno do projeto. Na camada de polígono, a expressão  $\$area$  na calculadora de campo permite que sejam encontradas as áreas dos polígonos do seu desenho (Figura

3). Duas dicas são importantes para esse passo: unir as linhas em uma única feição, de forma que todas as linhas de piquetes e corredores sejam um único desenho e configurar na aba geral do SRC do projeto a elipse do desenho para *none/planimetric*.



No

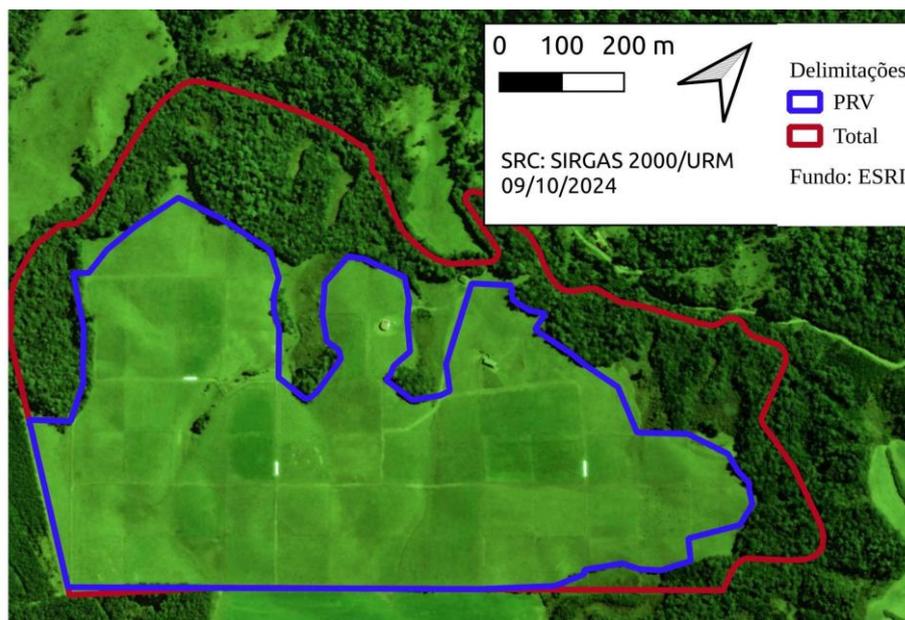
**Figura 3.** Mapa elaborado em QGIS mostrando áreas dos piquetes em projeto de PRV em área declivosa

**7. Criar os layouts de impressão:** Após terminar o desenho, podemos colocar títulos, legendas, escala e uma bússola criando um layout de impressão e com isso podemos salvar as imagens dos mapas em formato “jpeg” e utilizar eles dentro dos projetos de PRV. Todas as camadas podem ser salvas em formato geopackage facilitando o envio do arquivo digital, que também pode ser hospedado em um banco de dados geográficos caso seja do interesse.

**8. Alocação dos piquetes em campo:** Para alocar o mapa elaborado no QGIS em campo, pode-se utilizar o aplicativo OsmAnd. Para isso é necessário exportar a camada de linhas dos piquetes em formato GPX desde QGIS e visualizar no aplicativo. Com isso temos as linhas dos piquetes georreferenciada no celular e ao habilitar a localização do celular é possível encontrar o canto dos piquetes andando no campo.

### Acompanhamento de projetos, integrando R, QGIS e dados de campo

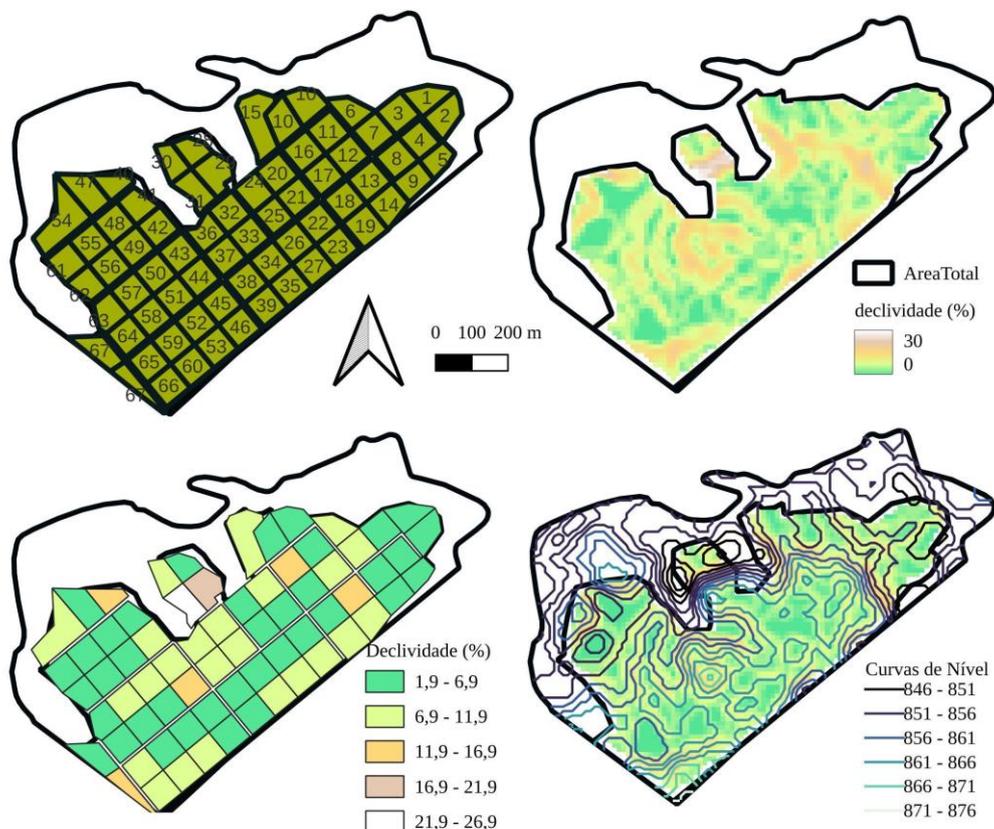
Os dados coletados em campo podem ser usados para acompanhar e analisar a evolução do projeto, integrando as funcionalidades do QGIS e do R. Todo o roteiro foi baseado no projeto de PRV “Campos do Pastoreio”. A unidade localiza-se em Bom Retiro, Santa Catarina, e tem uma extensão de 73,2 ha, das quais 45,9 ha são destinadas para o PRV, e 27,3 ha correspondem à área de reserva legal e APP (Figura 4). O projeto foi dividido originalmente em 68 piquetes, e o manejo segue as recomendações do PRV (Machado, 2010). O projeto foi elaborado originalmente em AUTOCAD® e “copiado” para o QGIS, com as mesmas características.



**Figura 4.** Vista Geral do projeto “Campos do Pastoreio” (Bom Retiro, Santa Catarina), em formato do QGIS

De acordo com dados do IBGE e da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, a área do projeto pertence ao Bioma Mata Atlântica, com floresta pretérita caracterizada por Floresta ombrófila mista, e com solo da Classe Argissolo Vermelho-Amarelo (escala 1:5 mil). Com maior aproximação escalar, verifica-se que o solo é classificado como Cambissolo Húmico (Carrilli, 2018, Santos et al., 2018). Na Figura 5 apresentam-se alguns dados obtidos e recortados para o projeto, com base nas imagens obtidas no site ASF, provenientes do radar Alos Palsar.

**Cálculo de declividade:** O Qgis permite calcular a declividade da área, com base nas imagens aéreas. Utilizando a ferramenta “native:zonalstatisticsfb”, calculamos a declividade do projeto (Santos et al., 2018). De acordo com esses dados o PRV Campos do Pastoreio está localizado em uma área de altitude entre 842 a 867 acima do nível do mar, com declividade predominante de suave ondulada (82,1%), e com menor participação de declividade plana (2,7% da área) ou ondulada (15,1% da área) (Tabela 1).



**Figura 5.** Detalhes do projeto “Campos do Pastoreio”, elaborado com base nos dados obtidos das imagens do satélite Alos Palsar. Lado esquerdo superior = divisão da área do PRV; superior direito = representação da declividade do terreno; inferior esquerdo = declividade média calculada para cada piquete e inferior direito = curvas de nível e declividade da área do projeto.

**Tabela 1.** Área de cada classe de declividade, conforme classificação da LEPSCH (1991) na Fazenda “Campos do Pastoreio”.

Classe	Classe (nome)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Porcentagem
1	Plana (0 a 3%)	19.501,6	2,0	2,7
2	Suave ondulada (3 a 8%)	590.737,3	59,1	82,1
3	Ondulada (8 a 20%)	108.884,2	10,9	15,1

**Dados de campo de uso dos piquetes:** Atualmente não existe uma ferramenta de acompanhamento e avaliação de dados de projetos de PRV, especialmente aqueles relacionados ao uso e produtividade do pasto em cada piquete. De modo geral, os dados do uso de cada piquete são anotados, mas não analisados. Com o avanço da agricultura digital, onde as avaliações de fertilidade de solo e produtividade são espaciais e específicas, também surge a necessidade de avaliações mais precisas para projetos de

pecuária, especialmente quando se busca a melhor produtividade. Para viabilizar uma avaliação de precisão quanto ao uso e produtividade individual dos piquetes, elaboramos um script em R, replicável para todos os projetos (com adaptações necessárias). Os dados de campo necessários para rodar o script são: Id do piquete, dia e hora de entrada e saída de cada piquete, índice de qualidade do pasto na entrada e na saída, tamanho do lote (em UGMs). Na tabela 2 constam os dados do projeto “Campos do Pastoreio”, que basearam este estudo.

Tabela 2. Dados de campo coletados e digitalizados, utilizados como base para as análises deste documento (Piquete selecionado = 10).

Piquete	Lote	Dia de entrada	Dia de saída	Ano	Mês	Cabeças (n)	UGM (n)
10	desnate	2020-01-06	2020-01-14	2020	1	12	8
10	desnate	2020-02-14	2020-02-17	2020	2	12	8
10	repasse	2020-02-18	2020-02-18	2020	2	38	35
10	desnate	2020-05-07	2020-05-12	2020	5	12	8
10	desnate	2020-06-05	2020-06-10	2020	6	16	12
10	Único	2020-09-14	2020-09-15	2020	9	49	40
10	desnate	2020-11-17	2020-11-18	2020	11	16	12
10	repasse	2020-11-18	2020-11-19	2020	11	30	35

Os dados do uso de piquetes no projeto Campos do Pastoreio do ano de 2020 são a base para realização do roteiro para cálculos de lotação, tempo de ocupação, lotação instantânea, produção por piquete, produtividade e flutuação estacional utilizando o software R e os mapas do projeto elaborados em QGIS. O roteiro e script constam no seguinte endereço: [https://git.disroot.org/multifarm/encontro\\_prv\\_iv](https://git.disroot.org/multifarm/encontro_prv_iv)

**Uso dos piquetes:** A quantidade de piquetes utilizados mensalmente dá uma ideia da disponibilidade de pasto, e da qualidade de manejo. O tempo de ocupação (TO) indica o número de dias (ou horas) em que um lote permanece na mesma pastagem, e reflete diretamente no número de piquetes utilizados, e é consequência da disponibilidade de pastagem e da qualidade do manejo. O Tempo de repouso (TR) indica o tempo fornecido ao pasto para sua recuperação (Machado, 2010). Para elaborar essas análises, foi necessário inserir novas colunas na tabela, com as informações calculadas de TO, e do número de UGMs para cada 24h (parâmetro escolhido) (Tabela 3). Com a aplicação de filtros e subtotais, os dados podem ser classificados por piquete, por ano, ou outro agrupamento que possa interessar. Para o projeto, optamos por classificar os dados em 4 classes de períodos, facilitando a interpretação (Tabela 4), com o número de ocorrências dos diferentes TO ocorridos no desenvolvimento do projeto. No relatório descritivo, que é elaborado pelo script, há possibilidade de destacar algum piquete em específico, ou apresentar as informações de cada piquete e cada ocupação. O nível de detalhamento pode ser facilmente alterado no script, para atender as necessidades de cada situação em específico.

Tabela 3. Dados de campo, coletados e digitalizados, acrescidos de Tempo de ocupação (TO), UGM calculados para 24h (UGM 24h) e estação do ano.

Piquete	Lote	Mês	Ugm (n)	TO (min)	TO (Dia)	UGM (Dia)	Estação	TO Classes
10	desnate	1	12	8	192:40:00	8.0	64.2	Verão
10	desnate	2	12	8	71:00:00	3.0	23.7	Outono
10	repassé	2	38	35	09:00:00	0.4	13.1	Outono
10	desnate	5	12	8	122:10:00	5.1	40.7	Inverno
10	desnate	6	16	12	112:00:00	4.7	56.0	Inverno
10	Único	9	49	40	24:00:00	1.0	40.0	Primavera
10	desnate	11	16	12	24:00:00	1.0	12.0	Verão
10	repassé	11	30	35	24:00:00	1.0	35.0	Verão

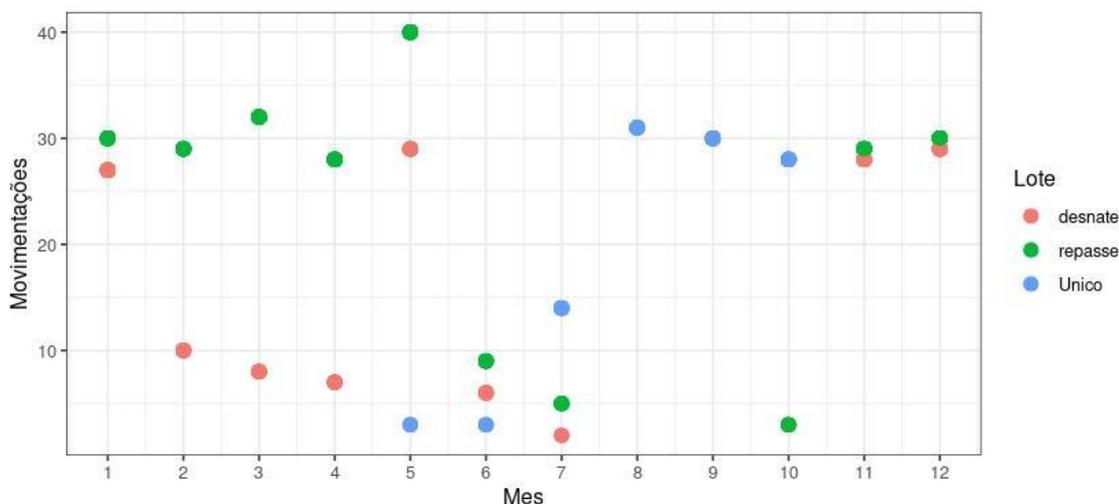
O TO nos piquetes foi menor ou igual a dois dias em 88% das vezes, em 2020. Apenas em sete oportunidades algum lote permaneceu nos piquetes por período de dois a quatro dias. Isso mostra que o tempo de ocupação foi adequadamente curto. O tempo de repouso médio no projeto foi de 66 dias. Como exemplo da análise dos dados, o piquete número 10 foi utilizado 7 vezes no ano de 2020 e 3 vezes no ano de 2019 (dados incompletos). Nessas oportunidades, a lotação instantânea variou de 3 a 40 UGMs (Tabela 4).

Tabela 4. Tempo de ocupação de cada lote observado nos piquetes do projeto “Campos do Pastoreio” no ano de 2020.

Tempo de Ocupação	Ocorrências	%
Até 1 dia	270	69,1
1 a 2 dias	74	18,9
2 a 4 dias	24	6,1
4 ou mais	23	5,9

**Divisão dos animais em lotes:** Para atender à 3ª e à 4ª leis do PRV, Voisin e Pinheiro Machado preconizam a divisão do rebanho em lotes, e a oferta de pasto de qualidade o tempo todo, com equilíbrio (Voisin, 1974; Machado, 2010; Machado Filho, 2011). É frequente a divisão em um lote de “Desnate”, constituído por animais com maior necessidade nutricional, e um de “Repassé” com animais de menor exigência. Quando não há divisão, o lote é identificado como “Único” (Machado, 2010). Na Figura 6 pode-se observar o número de movimentações mensais de cada lote de animais nos anos 2019 e 2020. No período de final do inverno e início da primavera não há a divisão em dois lotes, provavelmente pela menor produtividade do pasto. Nos primeiros meses do ano, a troca de piquetes do lote “desnate” é diária (trinta movimentações mensais). O lote de

repassa, no entanto, apresenta menor número de movimentações em fevereiro, março e abril.



**Figura 6.** Número de movimentações mensais de acordo com o lote, em 2020. Fazenda “Campos de Pastoreio”

**Taxa de Lotação dos piquetes:** Até aqui não foi necessário o uso do mapa dos piquetes, pois os dados são independentes da área. Para o cálculo da produtividade, que se baseia na área (m<sup>2</sup> ou ha), e para exibir os mapas temáticos com os indicativos de cada piquete, é necessário mesclar os arquivos com os dados de campo e calculados até agora, com o mapa elaborado na época do projeto de divisão da área. Esta mesclagem, que é obtida pelo comando “mesc”, do pacote “terra”, tem como base o número do piquete, que deve ter o mesmo formato nos dois arquivos. Os cálculos da taxa de lotação instantânea, obtida a partir do tamanho dos piquetes, tempo de ocupação e a quantidade de UGMs, é fundamental para identificar a diferença entre os piquetes, o que é normal num PRV. Esses mesmos dados podem ser utilizados para correlações com os dados de declividade, inclinação, características do solo, e outras informações que existam sobre cada piquete. Além dos cálculos específicos de cada piquete, também será possível calcular a produtividade do projeto como um todo (Figura 8).

**Estimativas de produção de pasto:** A produtividade da pastagem poderia ser estimada, multiplicando-se o número de animais (em UGM) e o tempo de ocupação. Mas, estimar com assertividade o real consumo dos animais em pastoreio, com diferenças significativas entre características de cada piquete, e das diferenças de pastejo entre os animais, não é tarefa fácil. Está bem descrito que ao lote Repassa é oferecido uma pastagem de pior qualidade, diminuindo consequentemente seu consumo. Também, no segundo dia de ocupação no mesmo piquete, a oferta e qualidade da pastagem diminui em relação ao primeiro dia (e assim proporcionalmente nos próximos dias), afetando negativamente o consumo. A qualidade e quantidade de pasto oferecido, é sem dúvida uma das questões que mais afetam o consumo diário dos animais. Preferências individuais por certas plantas e partes de plantas e comportamentos aprendidos também podem afetar o consumo (Smith et al., 2021).

Para estimar o consumo dos animais, foi considerado um consumo médio de 2,75%, com diferença de 10% a mais para lote de desnate e a menor para o lote de repassa,

e um fator de diminuição de consumo a partir do segundo dia de ocupação ( $D=\text{dias}^{(-0.2946)}$ ). Os cálculos visam aproximar ao máximo a estimativa de consumo dos animais, e de produtividade de pastagem. Se, por um lado, não tem a precisão necessária para definir a produção, serve, por outro lado, para identificar e diferenciar a produtividade de cada piquete, e subsidiar medidas de manejo adequadas.

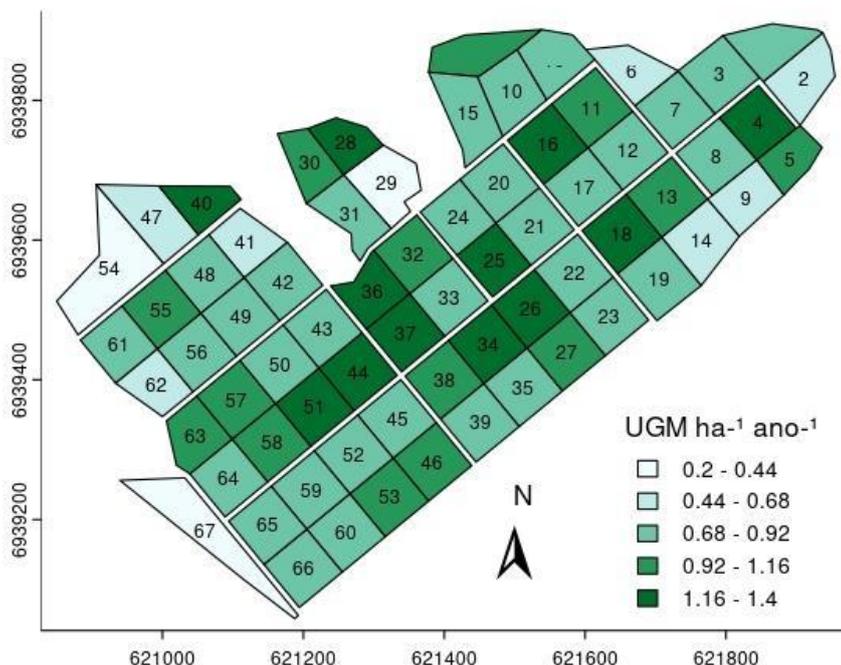
A produção estimada pelo consumo aparente dos bovinos no projeto evidencia a diferença das condições dos piquetes. A produtividade estimada apresenta grandes variações, o que pode ser característico em um projeto de PRV, já que a fertilidade, o tipo da pastagem, a inclinação do terreno, expressam suas condições através da produtividade natural. Os dados de produtividade de pasto dos piquetes selecionados indicam que houve uma variação de 3 a 5 Mg ha<sup>-1</sup> no ano de 2020 (Tabela 5). Entretanto, no projeto como um todo, a produtividade variou de 2 a 9 Mg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 5: Dados agrupados por piquete, contendo produtividade de acordo com o ano e lote.

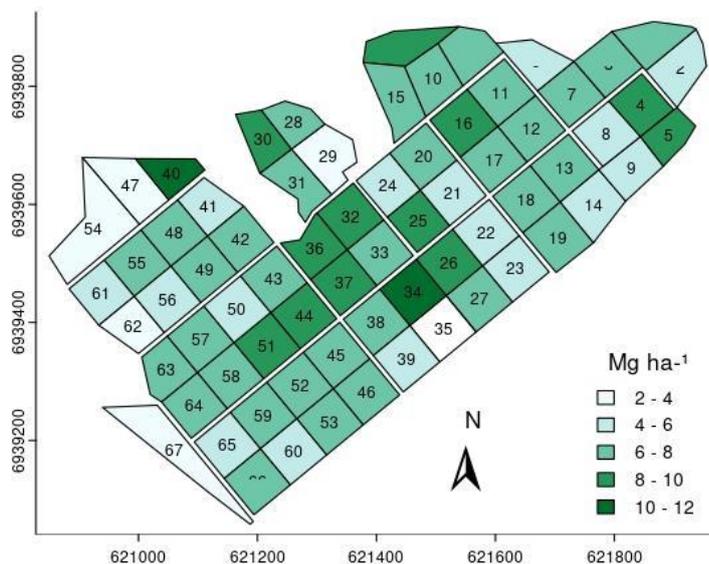
Piq	Ocupações	UGM ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Pasto Produzido Mg ha <sup>-1</sup>	Pasto Consumido Mg ha <sup>-1</sup>
10	8	0.7	7	5
11	9	1.0	6	4
12	7	0.9	7	5

Os dados agrupados por piquete, permitem elaborar o mapa temático com as informações de interesse. No caso deste Projeto, interessa visualizar os dados de produtividade de cada piquete calculado pela sua área, e o número de ocupações. Com essas informações, visualizadas no mapa temático (Figura 8) pode-se verificar a diferença entre a produtividade estimada dos piquetes, passando a ser uma informação importante para identificar necessidade de ações para melhorar a produtividade dos piquetes menos produtivos. Esta informação facilita a identificação dos problemas. A identificação da origem das diferenças de produtividade deve ser verificada no local.

**Dados gerais de produtividade:** Depois de ter mesclado os dados do Projeto com os de uso dos piquetes, podemos analisar a produtividade dos piquetes (produção por área) avaliando os dados de suporte, e a estimativa de produção de pastagem. Há diferença expressiva no suporte entre os piquetes, variando entre 0,2 a 1,4 UGM ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Figura 7), o que indica variação na quantidade média de animais alimentados durante o ano. A produtividade estimada de pasto, conseqüentemente também terá variação entre piquetes. No projeto foi encontrada grande variabilidade da produtividade estimada entre os 67 piquetes (Figura 8).



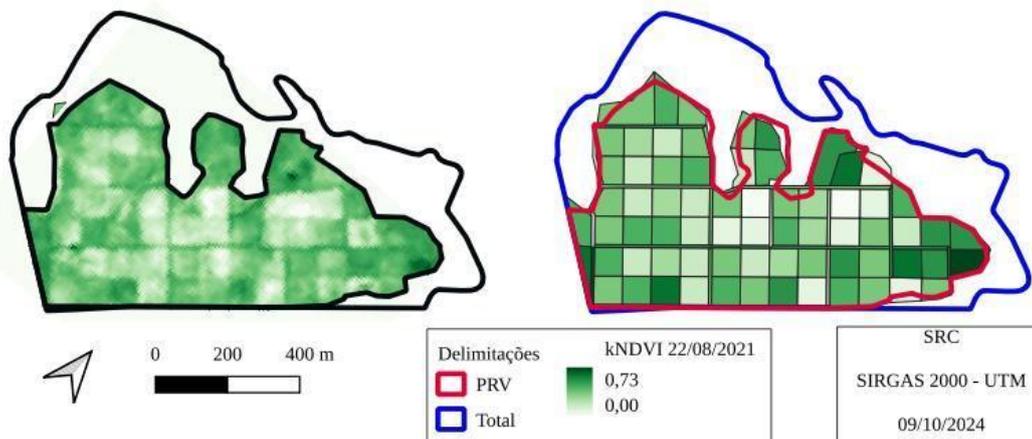
**Figura 7.** Lotação média dos piquetes durante o ano de 2020



**Figura 8.** Produtividade da pastagem estimada por piquete

**Aplicação dos índices de vegetação no PRV:** No PRV são pouco usados dados de índices de vegetação, mas essas informações são de utilidade na avaliação da pastagem. Por isso, dedicamos um espaço para algumas análises a respeito. Os índices de vegetação mais utilizados são o NDVI, e kNDVI. Esses são calculados a partir dos dados das

imagens de reflectância espectral, e possibilitam avaliar a pigmentação da vegetação. Tanto o NDVI e o kNDVI (Camps-Valls, et al) são calculados pelas bandas vermelhas e infravermelhas das imagens (Figura 9). Estas imagens, ou mesmo os dados já calculados podem ser obtidas gratuitamente no site <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>.



**Figura 9.** kNDVI da área do projeto de PRV, com imagem do satélite Alos Palsar, com resolução de 12,5 x 12,5 m

Na imagem do Projeto analisado (Figura 9) observa-se diferenças na vegetação com base no índice kNDVI. Como preconizado no PRV, o uso dos piquetes não segue uma sequência fixa no uso, por isso observa-se diferenças notáveis entre piquetes adjacentes, indicando que a “arte de saber saltar” (uso de piquetes por avaliação visual e não seguindo uma sequência), tão destacado na obra do Pinheiro, foi efetivamente aplicada neste projeto.

Como próximo passo, estamos elaborando um *script* para correlacionar o kNDVI com o uso dos piquetes, para verificar a possibilidade de seu uso como indicador do ponto ótimo da pastagem. Sabe-se de antemão, que a informação de altura da pastagem seria muito útil para auxiliar nesse processo, mas para obter esse dado é necessário uma melhor resolução das imagens.

### Conclusões

O georreferenciamento e dados sobre manejo em campo permitem obter informações importantes sobre a qualidade e evolução das pastagens em cada piquete dentro de um projeto de pastoreio. Essas informações são relevantes para a tomada de decisão assertiva sobre cada ação necessária, por isso concluímos que programas livres substituem com vantagens outras ferramentas não livres usadas nessas atividades (os CADs privativos, por exemplo). Com a coleta de informações precisas e completas, os dados serão mais confiáveis e facilitarão o processo de tomada de decisão baseada em dados. Para evitar erros, sugerimos digitalizar a coleta de dados. Reconhecemos a necessidade de contemplar informações sobre o uso das pastagens adicionais àquelas mencionadas neste documento, como: condições da pastagem na entrada e na saída dos animais, peso dos animais com intervalo trimestral. Por fim, o uso de ferramentas de software livre é uma ótima alternativa para elaborar, monitorar e facilitar a tomada de decisões com base em dados em projetos de PRV.

### **Agradecimentos**

Ao Alejandro Gonzales pelos ensinamentos sobre software livre e pelo suporte contínuo na área de TI. Aos colegas Dario Milanez e Luiz Carlos Pinheiro Machado, pelos ensinamentos na área de PRV. Às pessoas que contribuíram com dados de suas unidades de pastoreio para a elaboração dos estudos e do modelo de processamento das informações.

### **Bibliografia citada**

CARRILLI, A. L. **Atributos de solo e composição de pastagem manejada com pastoreio racional Voisin em área com histórico de lavoura**, 2018. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina.

CAMPS-VALLS, Gustau; CAMPOS-TABERNER, Manuel; MORENO-MARTÍNEZ, Álvaro; et al. A unified vegetation index for quantifying the terrestrial biosphere. **Science Advances**, v.7, n.9, p. eabc7447, 2021. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abc7447>>. Acesso em: 7 out. 2024.

IBGE. **Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA) : Mapeamento de Recursos Naturais (MRN): escala 1:250 000 : versão 2023 : nota metodológica / IBGE, Coordenação de Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, 2023.

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4<sup>a</sup> aproximação, 2<sup>a</sup>**. Imp. red. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1991.

MACHADO FILHO, L. C. P. Conceituando o “tempo ótimo de repouso” em Pastoreio Racional Voisin. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 1, 2011.

MACHADO, L. C. P. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio**. Expressão Popular, 2010.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L.; et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

SMITH, W. B.; GALYEAN, M. L.; KALLENBACH, R. L.; GREENWOOD, P. L.; SCHOLLJEGERDES, E. J. Understanding intake on pastures: how, why, and a way forward. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 6, p. skab062, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/jas/skab062>>.

VOISIN, A. **Produtividade do pasto**. Mestre Jou, 1974.