

Arte e ciência no manejo de campo nativo

*José Pedro Pereira Trindade
Leandro Bochi da Silva Volk*

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



Embrapa

Arte e ciência no manejo de campo nativo

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sul
Ministério da Agricultura e Pecuária*

Arte e ciência no manejo de campo nativo

*José Pedro Pereira Trindade
Leandro Bochi da Silva Volk*

Embrapa
Brasília, DF
2025

Embrapa Parque Estação Biológica Av. W3 Norte (Final) 70.770-901 - Brasília, DF Fone/Fax: 55 53 3240-4650 www.embrapa.br www.embrapa.br/fale-conosco/sac	Edição executiva <i>Gustavo Trentin</i> Revisor de texto <i>Fernando Goss</i> Bibliotecária responsável <i>Graciela Olivella Oliveira</i>
Embrapa Pecuária Sul BR 153, km 632,9, Caixa Postal 242 96.401-970 - Bagé - RS Fone/Fax: 55 53 3240-4650 www.embrapa.br/pecuaria-sul	Projeto gráfico <i>Daniela Garcia Collares</i> Fotos e arte da Capa <i>Leandro Bochi da Silva Volk</i>
Comitê Local de Publicações Presidente <i>Marcos Flávio Silva Borba</i> Secretário-Executivo <i>Gustavo Trentin</i> Membros <i>Gustavo Martins da Silva, Graciela Olivella Oliveira, Marco Antonio Karam Lucas, Fabio Cervo Garagorry, Leandro Bochi da Silva Volk, Magda Vieira Benavides, Felipe Santos da Rosa, Gustavo Trentin, Alberi Noronha, Juliano Lino Ferreira e Adilson Lopes Lima</i>	1ª edição Publicação digital (2025): PDF 1ª Impressão (2025): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pecuária Sul

Trindade, José Pedro Trindade

Arte e ciência no manejo de campo nativo / José Pedro Pereira Trindade e Leandro Bochi da Silva Volk. — Brasília, DF : Embrapa, 2025.

PDF (58 p.) : il. color.

ISBN 978-65-5467-114-9 (digital)

ISBN 978-65-5467-096-8 (físico)

1. Vegetação. 2. Ecossistema. 3. Produção animal. I. Embrapa Pecuária Sul. II. Volk, Leandro Bochi da Silva. III. Título

CDD (21. ed.) 636.31

Graciela Olivella Oliveira (CRB -10/1434)

© 2025 Embrapa

Autores

José Pedro Pereira Trindade

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS.

Leandro Bochi da Silva Volk

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS.

Apresentação

A partir de 2020, a Embrapa Pecuária Sul vem trabalhando a partir do conceito de “inovação orientada por missão” alinhando os esforços de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação desta Unidade com o desafio global de produzir Alimentos Saudáveis a partir de Sistemas Sustentáveis. Para isso, tendo como referência o histórico de trabalhos com o tema da pecuária, estruturou as ações de PD&I a partir de Eixos que relacionam a produção e consumo de proteínas de origem animal com temas que proporcionam grandes debates no mundo atual, a saber: clima, ambiente, saúde/nutrição humana e território.

Desde então, o objetivo/missão da Embrapa Pecuária Sul tem sido o de contribuir para uma Pecuária Sustentável como sendo aquela atividade que produz proteínas que satisfazem necessidades nutricionais e de saúde humanas, melhorando a qualidade ambiental e a base de recursos naturais; fazendo uso eficiente dos recursos não renováveis; integrando ciclos físicos químicos e biológicos naturais; com viabilidade econômica e proporcionando qualidade de vida para as pessoas e os territórios onde está inserida.

Neste contexto, o livro *Arte e ciência no manejo de campo nativo*, de autoria dos pesquisadores José Pedro Trindade e Leandro Volk, representa uma importante contribuição por reunir elementos teóricos e conceituais que evidenciam os potenciais dos ecossistemas campestres, com sua complexidade e biodiversidade únicas, para o desenho de sistemas de pecuária sustentáveis.

Os autores apresentam o conteúdo de forma extremamente criativa ao associar o desafio de entendimento das complexidades inerentes à composição, estrutura e funcionamento dos ecossistemas campestres - o campo nativo -, como verdadeira Arte e retratando os “manejadores” como verdadeiros artistas. Neste caso uma arte que se articula com a Ciência para ampliar suas bases em um efetivo “diálogo de saberes”.

No livro, os pesquisadores reafirmam a noção de que as estratégias de conservação implicam inicialmente em um processo de re-conhecimento, algo que Champredonde & Borba (2015) trataram como “ativação”, como a transformação de recursos em ativos. O que pressupõe a atribuição de valor positivo aos recursos, neste caso o campo e sua complexidade, e assim promover a apropriação social ou a “patrimonialização” do campo como elemento constituinte da própria identidade dos territórios. O re-conhecimento

leva à possibilidade de controle sobre os, agora, ativos que assim podem se transmutar em valor para comunidades e territórios.

A organização do texto flui através de uma base conceitual que delimita os elementos considerados fundamentais para o entendimento da abordagem. Os autores partem da noção de ecossistemas naturais e biodiversidade, reelaboram a definição sobre campos ou campo nativo, avançam da ideia de solo para sistema edáfico natural, descrevem sua visão sobre o processo de pastejo e o papel dos manejadores. Depois, situam a importância histórica e a origem do campo nativo para descrever a perspectiva do trabalho do grupo com a pesquisa sobre campo nativo, enfatizando o que são funções ecossistêmicas campestres e as suas relações com as dimensões da sustentabilidade para, finalmente, apresentar tecnologias e ferramentas para o manejo de campo nativo, destacando a aplicação de geotecnologias como ferramenta para monitoramento de indicadores ambientais e apontando para práticas conservacionistas e manejo de campo nativo.

A publicação contribui para alcançar os objetivos da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, o objetivo 2 é contemplado e visa acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável e o item 2.4 até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças do clima, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.

Desta forma, apresentamos ao público uma parte importante da visão da Embrapa Pecuária Sul sobre os recursos naturais campestres. Esperamos que desfrutem da leitura e, em caso de interesse adicional no tema abordado ou necessidades de esclarecimentos, realizem o contato com nosso Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC) ou pelo telefone da Unidade. A Embrapa terá o máximo prazer em atendê-lo.

Saudações cordiais!

Marcos Flávio Silva Borba
Chefe adjunto de Pesquisa & Desenvolvimento

Prefácio

Os campos do sul do Brasil (conhecidos por campo nativo) representam um importante recurso natural para o desenho de sistemas de produção pecuária sustentáveis com produtos animais de alto valor agregado. A complexidade da composição de espécies, características, e alta diversidade natural representam virtudes destes ecossistemas. Contudo, também desafiam a construção do entendimento acerca de seu funcionamento e, assim, no ajuste de práticas de manejos para a produção pecuária, bem como nos cenários de oportunidades e desafios para a ciência e para manejadores atentos a elas.

Esta obra tem por propósito sistematizar a visão dos autores acerca de conhecimentos técnicos, de princípios e a busca do entendimento dos processos ecológicos para a valorização dos recursos naturais e para o desenho de sistemas produtivos sustentáveis que têm por base a produção pecuária em campo nativo. Nesta obra são exploradas diversas dimensões do manejo de campo nativo, enfatizando a importância da combinação de arte e ciência para o sucesso dessa empreitada. Abordamos os fundamentos do ecossistema e sua relação com as práticas de manejo, bem como as contribuições da ciência para o avanço do conhecimento sobre o tema.

Os autores

Sumário

Introdução	11
Fundamentos da ciência no manejo de campo nativo	14
Conceitos básicos fundamentais	15
Ecossistemas naturais e biodiversidade	15
Campos ou campo nativo	20
Sistema edáfico natural	25
O processo de pastejo	27
Manejo de campo nativo	29
O manejador	30
Importância histórica.....	31
A origem do campo	32
A pesquisa sobre campo nativo.....	34
Funções ecossistêmicas campestres.....	35
Dimensões da sustentabilidade e funções ecossistêmicas.....	36
Tecnologias e ferramentas para o manejo de campo	39
Geotecnologias aplicadas ao manejo de campo	39
Monitoramento de indicadores ambientais	41
Práticas conservacionistas e manejo de campo nativo	44
Manejo do pastejo	47
Roçada	47
Diferimento.....	49
Sistema natural edáfico e o manejo do pastejo	50
O Carbono no sistema edáfico natural	54
Considerações finais	55
Referências	56

Introdução

A arte é definida como a produção consciente de obras, formas ou objetos voltados para a concretização de um ideal de beleza e harmonia ou para a expressão de subjetividade humana; a habilidade ou disposição dirigida para a execução de uma finalidade prática ou teórica, realizada de forma consciente, controlada e racional (Simpson; Weiner, 1989).

Neste contexto, o manejador de campo deve possuir a habilidade de **(re) conhecer**, ou seja:

- a. a capacidade de “ver”, identificar ou **conhecer** os padrões e processos envolvidos no funcionamento da vegetação, do solo e dos animais;
- b. **controlar** esse funcionamento por meio do manejo dos fatores que determinam esse funcionamento; e
- c. ter a habilidade de **transformar** esses processos e potencialidades em valores.

E deve fazer isso de forma consciente, controlada e racional. Portanto, manejar o campo é uma arte e o manejador, o artista (Figura 1).

Foto: Leandro Bochi da Silva Volk.

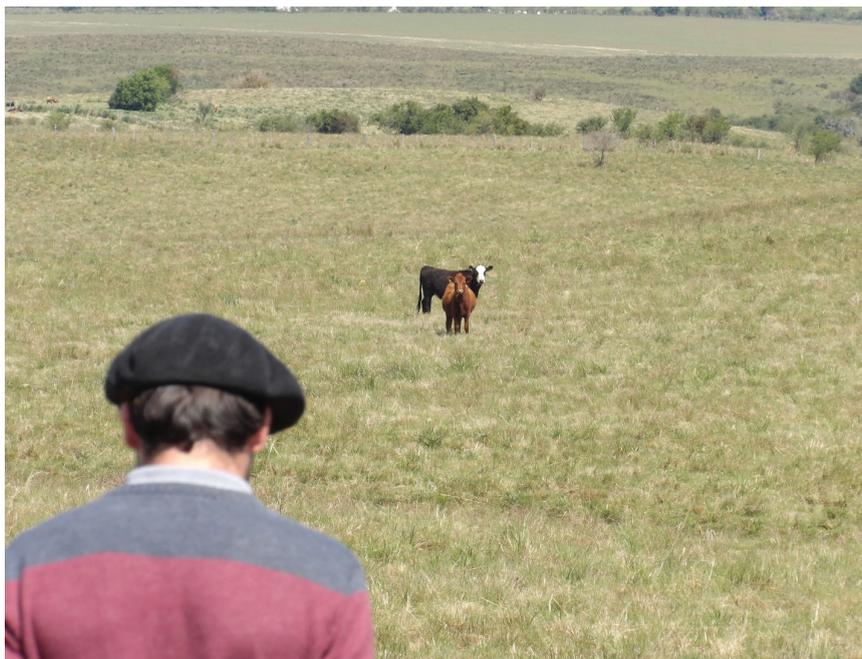


Figura 1. Manejar o campo nativo é uma arte e o manejador, o artista.

O reconhecimento da importância dos ecossistemas campestres sob pastejo para a criação de sistemas produtivos mais eficientes e a demanda constante por incrementos produtivos geram novas demandas para o setor produtivo e à pesquisa agropecuária.

É fundamental compreender os impactos das práticas de manejo usuais sobre a cobertura vegetal campestre e o estado dos sistemas edáficos, o que requer esforços para identificar os processos utilizados e os impactos sobre o desenvolvimento dos sistemas naturais, além das relações com os potenciais locais em distintas escalas (micro, meso e macroescalas).

Os campos ou ecossistemas campestres, são sistemas naturais que representam a cobertura vegetal original da região conhecida como Campos Sul-brasileiros (Lindeman, 1991). Caracterizam-se pela diversidade de espécies e de estruturas de tipos de vegetação expressas nas diversas fisionomias regionais, bem como pelo potencial de suporte a atividades pastoris (Workshop Estado Atual e Desafios para a Conservação dos Campos, 2006). A composição da vegetação de ecossistemas campestres resulta da combinação de um conjunto complexo de estados de processos a que os campos estão e são submetidos, incluindo estratégias de controle de processos como o pastejo (distúrbio) e processos físicos-químicos-biológicos ativos.

Portanto, conhecer a dinâmica da composição qualitativa e quantitativa de espécies campestres pode permitir o entendimento de como fatores de manejo do pastejo estão relacionados com a expressão potencial das funções ecossistêmicas campestres por meio do controle de processos fundamentais respeitando os limites naturais locais.

A dinâmica da composição de espécies de um campo está diretamente associada a uma ampla gama de estados de funções ecossistêmicas de importância ecológica, econômica e social. A escala espaço-temporal é um fator crucial a ser considerado. O campo nativo é muito dinâmico. A vegetação, caracterizada pela sua diversidade botânica e estrutural, varia muito no tempo e no espaço. De modo geral, as plantas que compõem o campo nativo são de ciclo anual e se reproduzem preferencialmente por meio vegetativo. Por causa dessa característica, plantas vão completar seu ciclo, vão morrer e novas plantas vão se estabelecer. Assim, uma mesma comunidade vegetal vai oscilar sua composição, bem como as relações entre as plantas, ao longo dos dias, das estações e do ano.

Além disso, dependendo do processo a ser caracterizado ou analisado, a escala deve ser ajustada. Por exemplo, analisar a diversidade botânica da vegetação pode ser feita considerando a escala de uma pequena população de plantas, ou de uma comunidade de plantas, ou de um piquete, ou da paisagem (Figura 2). Ou, ainda, as relações que se estabelecem para entrada de água e nutrientes entre uma única raiz de uma planta e a solução do solo se dá em escala diferente das relações entre a massa de raízes da totalidade das plantas numa comunidade, ou na paisagem. São escalas diferentes, além de se modificarem ao longo do tempo e no espaço.

A presença de distúrbios, como o pastejo, aumenta a complexidade. Portanto, alterações no manejo ou nas condições ambientais vão influenciar as relações solo-plantas-animal e, portanto, na dinâmica no tempo e no espaço da vegetação, considerando diferentes escalas.

O manejo adequado do campo nativo é um grande desafio que envolve a combinação de conhecimentos científicos e habilidades práticas para lidar com a complexidade do ecossistema, ou seja, é uma arte a ser dominada. E, nesse sentido, a arte e a ciência são duas vertentes essenciais para o sucesso do manejo de campo nativo. A arte, entendida como a habilidade prática de lidar com as nuances do ecossistema, é complementada pela ciência, que fornece uma base teórica sólida para a tomada de decisão.

Fotos: Leandro Bochi da Silva Volk.



Figura 2. Exemplos de diferentes escalas para entendimento do efeito da dinâmica da vegetação: A) Planta de macega-estaladeira; B) Comunidade vegetal campestre; C) Paisagem com campo nativo.

Fundamentos da ciência no manejo de campo nativo

É importante entender que a pecuária de campo nativo é uma atividade que depende diretamente dos recursos naturais, como água, solo, vegetação, entre outros. Não só depende desses recursos, como depende do estado de entrega das funções ecológicas deles. A vegetação, o solo ou a água devem estar entregando o melhor estado das suas funções ecológicas.

Ao desenvolver sistemas produtivos pecuários, é necessário levar em consideração os limites naturais locais, ou seja, a capacidade do ecossistema em suportar determinado nível de exploração ao mesmo tempo em que os recursos naturais entregam o melhor estado de suas funções ecossistêmicas. Isso significa que é preciso garantir o uso e a conservação dos recursos naturais, evitando a degradação da vegetação, do solo e da água, bem como a perda de biodiversidade, ao mesmo tempo em que a produção atenda a expectativa da família que ali vive.

Para isso, é importante adotar práticas que respeitem o ambiente e promovam a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Além disso, é importante garantir a saúde e o bem-estar animal, por meio de boas práticas de manejo, nutrição e saúde, e também considerar o bem-estar da família.

Dessa forma, ao desenvolver sistemas produtivos pecuários mais eficientes e sustentáveis, é possível garantir a produção de alimentos saudáveis, preservando os recursos naturais e promovendo o desenvolvimento econômico e social das comunidades rurais.

O conhecimento científico é fundamental, mas deve estar em consonância com os saberes locais. É importante reconhecer e valorizar as dinâmicas e formas dos saberes locais para que a gestão dos recursos naturais seja mais eficiente e sustentável. Um exemplo de como os saberes locais podem ser valorizados na gestão de campo nativo é a prática da rotação de pastagem ou troca de poteiros, quando o manejador identifica o momento ideal para a mudança dos animais para uma nova área de pastagem utilizando sua experiência e conhecimentos adquiridos ao longo do tempo. De modo consciente ou não, essa prática evita a degradação do campo e do solo, e maximiza tanto a produção forrageira quanto a fertilidade do solo. O conhecimento científico complementa esse saber ao oferecer ferramentas para a caracterização e monitoramento dos processos relacionados à dinâmica de crescimento e qualidade nutricional das forrageiras, às demandas por categorias animais, à sanidade animal e às interações entre

os animais e o ambiente. Assim, dados são coletados, informações são geradas e novos saberes são construídos pela consonância entre os saberes locais e o conhecimento científico.

Conceitos básicos fundamentais

Os conceitos básicos fundamentais podem ajudar a melhor contextualizar e entender o papel dos “conhecimentos” e como utilizá-los no manejo dos campos. São conceituados os seguintes elementos e/ou processos que estão relacionados ao manejo de campo:

- a. Ecossistemas naturais e biodiversidade;
- b. Campos ou campo nativo;
- c. Sistema edáfico natural;
- d. Processo de pastejo;
- e. Manejo de campo nativo; e
- f. O manejador.

Acreditamos que ao delimitarmos um conceito estamos definindo as bases do conhecimento que sustentam o sujeito e/ou processo conceituado. Com o (re) conhecer, esperamos ampliar as possibilidades de controle e transformação das oportunidades/valores construídos pelo aprofundamento dos conhecimentos a partir da conceituação ou das reflexões acerca deste processo.

Ecossistemas naturais e biodiversidade

Sistema é todo conjunto de elementos distintos, com características e funções específicas, organizados de forma natural ou por meios artificiais em que há inter-relação dinâmica das unidades, partes ou subsistemas que são responsáveis pelo funcionamento de uma estrutura organizada (Bertalanffy, 2010).

Ecossistemas naturais são sistemas complexos e dinâmicos em que organismos vivos e o ambiente físico interagem sem a dependência antrópica para existir. Nesse contexto, a vegetação natural campestre que chamamos de “campo nativo” é um ecossistema natural composto por organismos vivos como a vegetação, a fauna acima e abaixo do solo e microrganismos, regidos pelo ambiente físico como clima, solo, relevo e práticas de manejo.

A ligação entre organismos vivos e o ambiente onde vivem se dá através dos fluxos de nutrientes e as trocas de energia. Portanto, existe relação de dependência entre os elementos desse sistema. Essas relações ecológicas podem ser apresentadas como competição, comensalismo, parasitismo, predação, mutualismo e simbiose, sendo todas importantes para a manutenção da resistência e resiliência dos ecossistemas naturais.

Existem incontáveis exemplos dessas relações na vegetação campestre ao se olhar com atenção, sem esquecer que a escala do processo continua sendo importante. As plantas podem competir por sol, água, nutrientes e espaço. Essa competição pode ser entre plantas da mesma espécie ou população, mas também entre espécies diferentes, estabelecendo complexas interações nas comunidades vegetais. Estas mesmas comunidades também podem estabelecer relações de comensalismo entre as plantas. Um exemplo que se pode trazer é o de uma comunidade à qual a carqueja (*Baccharis trimera*) pertence. Ainda que ela possa ser eficiente na competição por espaço, na captação de luz e água, e com isso se sobressair sobre as demais plantas, outras se aproveitam justamente de seu porte (comensalismo), que exclui o pastejo, para conseguir florescer (como o pega-pega - *Desmodium sp.*, o amendoim-nativo – *Arachis sp.*, e algumas poaceas, como o *Axonopus sp.* e *Paspalum sp.*), como pode ser visto na Figura 3. Cabe salientar que essa comunidade vegetal da Figura 3 está sujeita ao pastejo, portanto se pode argumentar que a carqueja, de fato, só tem esse desenvolvimento porque não foi pastejada, enquanto as demais espécies que a circundam estão sujeitas ao constante desfolhe pelo pastejo.

Mesmo em competição ou em comensalismo, as mesmas plantas desta comunidade estão todas sujeitas aos benefícios da simbiose com os fungos micorrízicos, ou com a fixação biológica de nitrogênio atmosférico feito por bactérias de vida livre como as *Azotobacter paspalli*. Ou ainda, todas dependem dos mesmos insetos para sua polinização ou servem de habitat para a mesma fauna. Além disso, todas estão passando pelos filtros ecológicos impostos pelo solo, pelo clima, pelo relevo e pelo manejo. Portanto, essa complexidade não permite a dicotomia de “é” ou “não é”. Todas as relações e processos estão ocorrendo simultaneamente, além de mudar ao longo do tempo.

De modo complementar, essa complexidade de relações e processos que ocorre de modo dinâmico no tempo e no espaço, e que depende da escala, determina a resiliência de um campo nativo.



Figura 3. Destaque de uma comunidade vegetal do campo nativo com carqueja (*Baccharis trimera*) no centro.

Um ecossistema é sempre constituído por vários sistemas. No caso dos ecossistemas campestres, a vegetação, o solo, e os animais (dos unicelulares aos grandes mamíferos) compõem três sistemas que interagem entre si e com o meio abiótico, sem a dependência antrópica, mas dependendo dos fluxos de nutrientes e das trocas de energia. No caso do solo, nós chamaremos de sistema edáfico, como discutido mais à frente.

O termo “biodiversidade” se refere ao conjunto total de organismos vivos, considerando as diferenças interespecíficas e intraespecíficas. Para os ecossistemas campestres, se referir a biodiversidade significa considerar todas as formas de vida encontradas. Nesse caso, não se restringe apenas às plantas de interesse forrageiro, mas sim a todas as plantas em si e somadas à fauna e microbiota.

Essa é a base da ideia de que não existe planta “boa” ou planta “má”, já que todas possuem função dentro do ecossistema a qual pertencem. Podemos não (re)conhecer a função da planta, mas o ecossistema depende dessa função.

Enxergar alguma planta como “má” ou sem função pode levar ao esforço para removê-la e o resultado pode ser o desequilíbrio do ecossistema. Ao mesmo tempo, querer que o campo tenha só plantas “boas” leva ao mesmo desequilíbrio. O resultado desse desequilíbrio, por vezes, pode ser pior do que a existência da planta que se tentou remover.

O exemplo mais utilizado se refere a presença de caraguatá. O caraguatá, do gênero *Eryngium* sp. (Figura 4), é umas das plantas mais citadas como “indesejável” no campo nativo. Contudo, estão associados a essa planta a elevada capacidade de estruturação do solo, o aporte de matéria orgânica, a elevada atividade biológica de microrganismos e fauna do solo, o incremento de infiltração e armazenamento de água da chuva no solo, a ciclagem de nutrientes (Figura 5), a proteção de outras espécies vegetais, o aumento da diversidade da vegetação, o habitat de inúmeras espécies de fauna, a alimentação para insetos polinizadores, entre outras funções. O esforço para retirar essa planta significa o esforço para se perder essas funções e sem a garantia de que o campo vai “produzir mais pasto”. Existe uma frase muito utilizada nos saberes locais que diz: “um campo rapado, sem pasto e com muito caraguatá, se tirar o caraguatá, sobra só o campo rapado”. Assim, o ecossistema campestre conhecido por “campo nativo” é um ecossistema natural composto por vários outros sistemas que interagem entre si e com o meio abiótico, e que possui elevada biodiversidade.

Foto: Leandro Bochi da Silva Volk.



Figura 4. Plantas de caraguatá (*Eryngium* sp.).

Foto: Leandro Bochi da Silva Volk.



Figura 5. Detalhe do solo rico em matéria orgânica e elevada atividade biológica retirado abaixo da planta de caraguatá (*Eryngium sp.*), próximo de suas raízes.

Campos ou campo nativo

O conceito de campos ou campo nativo que propomos é baseado em funções e no seu funcionamento como um ecossistema natural.

No Brasil, a definição legal de campos está contida no Código Florestal, que define essas áreas como “não florestais, não sujeitas à inundação, com vegetação predominante de gramíneas, com ou sem a presença de árvores e arbustos isolados” (Brasil, 2012, art. 3, inciso XIII). Além disso, a Resolução Conama nº 4/1994 estabelece critérios para a caracterização das áreas de campo no Brasil, definindo-as como “áreas naturais não-florestais com vegetação predominantemente composta por gramíneas, podendo ser encontrados, em menor proporção, arbustos e árvores isoladas ou em pequenos grupos”.

Essa definição tem alinhamento à proposta por Pillar e Lange (2015), em que os campos são definidos pela vegetação predominante composta por gramíneas, com presença de outras herbáceas e subarbustos, sem a formação de florestas.

Em um esforço de definição terminológica para áreas pastoris, em 2011 foi montado o comitê “The Forage and Grazing Terminology Committee”. em que os campos foram assim definidos:

‘Vegetação campestre composta principalmente por gramíneas, além de ervas, pequenos arbustos e árvores ocasionais; ocorre em terrenos ondulados e colinas, com fertilidade do solo variável. Difere do Cerrado por ter um inverno mais longo e rigoroso, além de uma abundância relativa de leguminosas nativas. Os campos representam a porção norte do Pampa. O clima subtropical é úmido, quente no verão e ameno no inverno. (Exemplos: Uruguai, sul do Brasil e nordeste da Argentina)’ (Allen et al., 2011, p. 05).

Percebe-se que do ponto de vista da conceituação legal e científica, os campos, ou campo nativo, são definidos a partir da sua composição de espécies vegetais. Inclusive pela “não composição”. Nós propomos que, além da composição, a definição de campo nativo também esteja associada a um conjunto único de funções ecossistêmicas importantes, como a disponibilização de forragem para o desenvolvimento de uma atividade econômica como a pecuária, que é associada a diversidade de espécies vegetais e animais. Esses ecossistemas são responsáveis pela entrega de funções e serviços ecossistêmicos relevantes e são únicos devido aos processos biológicos associados a eles (Weigelt et al., 2009). E faz isso de modo natural, sem a necessidade da intervenção antrópica para que isto ocorra.

No Rio Grande do Sul, o campo nativo é historicamente a principal fonte forrageira para a pecuária no Pampa e da região dos Campos de Cima as Serra, pertencente ao bioma Mata Atlântica. Ele desempenha um papel essencial na

oferta de serviços ecossistêmicos, conforme a estrutura proposta pelo *Millennium Ecosystem Assessment* (Ecosystem[...], 2005).

Entre esses serviços (benefícios que o ser humano ou a sociedade pode usufruir a partir do funcionamento do ecossistema), podemos trazer como exemplo os de suporte, como a formação e conservação do solo, a manutenção da fertilidade e ciclagem de nutrientes, o fornecimento de habitat e as interações simbióticas, os quais sustentam a biodiversidade e promovem o equilíbrio ecológico. Há também os serviços de regulação, incluindo a estabilização do ciclo hidrológico, o controle de erosão e a captura e estoque de carbono (no solo e na vegetação), fundamentais para a estabilidade climática e a resiliência ambiental da região às mudanças climáticas ou eventos extremos (como secas ou enchentes). Além disso, o campo nativo oferece serviços culturais, ao preservar paisagens e práticas tradicionais associadas ao Pampa, como as práticas de manejo que buscam o bem-estar animal. Assim como os serviços de provisão, ao sustentar a atividade pecuária com alimentação natural de qualidade para o gado, garantindo uma dieta rica em nutrientes e adequada para o seu desenvolvimento saudável. Essa alimentação também está associada à saúde e ao bem-estar dos animais, que têm acesso a um ambiente mais natural e menos estressante. Essa gama de benefícios reforça a importância de práticas de manejo sustentável que preservem a funcionalidade e os recursos desse ecossistema único. Ao entender que esses serviços têm por base as funções ecossistêmicas que o campo nativo entrega, percebe-se que podemos acrescentar o conceito de multifuncionalidade do campo nativo.

Por outro lado, a vegetação campestre percebida a partir da sua composição botânica, considerando os indivíduos ou populações que a compõem, também nos permite perceber esses serviços, porém em outra escala. Cada espécie vai entregar esses serviços a partir de processos biológicos como respiração, fotossíntese, florescimento, crescimento de suas raízes, cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, habitat e muitos outros. Essa proposição, junto com a visão de variabilidade de solos, relevo e clima, nos aponta que existem, na verdade, “campos nativos”, que variam na sua composição, variam com o solo, nas diferentes posições de relevo e com os diferentes climas e, portanto, entregam seus serviços em diferentes estados.

Assim, podemos definir o campo nativo como um sistema biológico natural com vegetação campestre, ou um ecossistema campestre, com composição predominante de espécies herbáceas e arbustivas, aos quais estão associados processos biológicos e funções ecossistêmicas únicos.

Fotos: Leandro Bochi da Silva Volk.



Figura 6. Exemplos de diferentes “campos nativos” em Bagé (A), Santo Antônio das Missões (B), Piratini (C), Lavras do Sul (D), Pinheiro Machado (E), Maçambará (F).

Sistema edáfico natural

A principal função do solo é sua capacidade de suporte a plantas e à vida terrestre. Nessa lógica, um solo não é “solo” se não tiver vida e plantas. Por isso o solo é um sistema. Ele é constituído de distintos elementos minerais, elementos orgânicos, água e organismos vivos. Estes elementos ocorrem de forma natural e organizada com profundas relações que determinam tanto seu próprio funcionamento quanto do solo. Trata-se de um sistema que vem se formando a milhões de anos pelo resultado de processos de adição/perda, de transformações e translocações de material e energia, associados a transformações químicas, físicas e biológicas de seu material de origem, e que são afetados pela presença de organismos (flora e macro e microfauna), pelo clima e pelo relevo. E, atualmente, esses processos continuam ocorrendo e determinando o funcionamento do solo (Figura 7).

Ilustração: Leandro Bochi da Silva Volk.

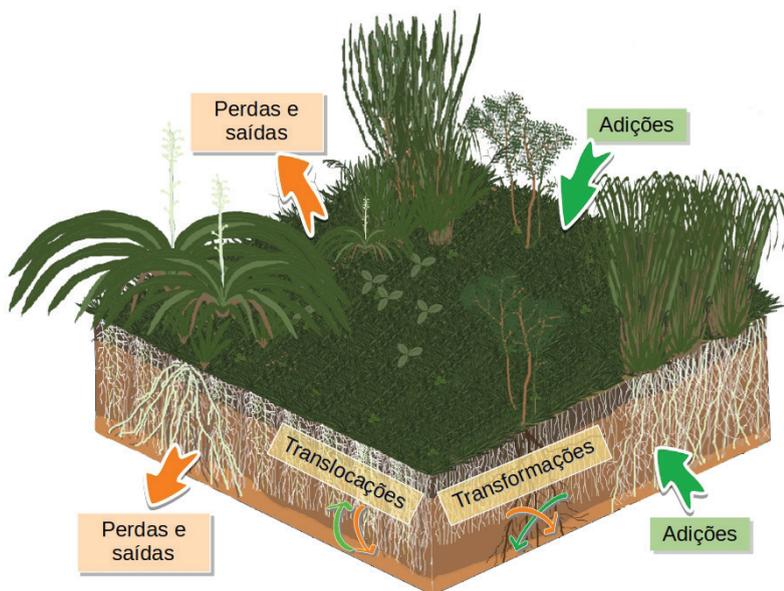


Figura 7. Dinâmica de adições, perdas, saídas, transformações e translocações de massa e energia do sistema edáfico.

Nessa abordagem, o solo é visto como um sistema biológico natural, pois seu funcionamento depende de funções biológicas entregues pela fauna edáfica e pela vegetação. Ao serem associados os inúmeros processos inerentes ao solo, com as complexas interações entre a diversidade de fauna edáfica e da vegetação, fica evidente que o resultado de todos esses processos é um sistema biológico natural complexo. O funcionamento do sistema edáfico é resultado de processos dos quais emergem padrões de funcionamento e que entregam distintas funções (Figura 8).

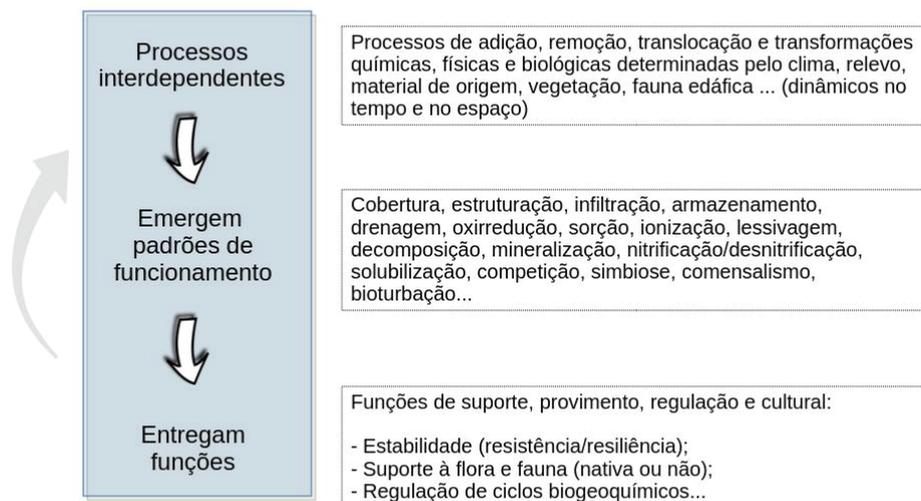


Figura 8z Hierarquia de processos e funções ecossistêmicas entregues por sistemas edáficos.

De modo complementar, as funções que o sistema edáfico entrega também interferem nos processos que o determinam (Figura 7). Nesse cenário, o uso e manejo que adotamos interferem nos padrões de funcionamento e no estado das funções entregues pelo sistema, e, portanto, na dinâmica dos processos (Figura 8), realimentando um ciclo virtuoso.

Os fatores e processos de formação dependem da escala espacial e temporal em que ocorrem, do mesmo modo que a expressão dessas relações. Portanto, os processos e funções que o sistema edáfico entrega precisam ser considerados em diferentes escalas. Na Figura 9 é apresentada a percepção pedológica do sistema edáfico em diferentes escalas, desde a paisagem até a presença de microrganismos e fauna edáfica.

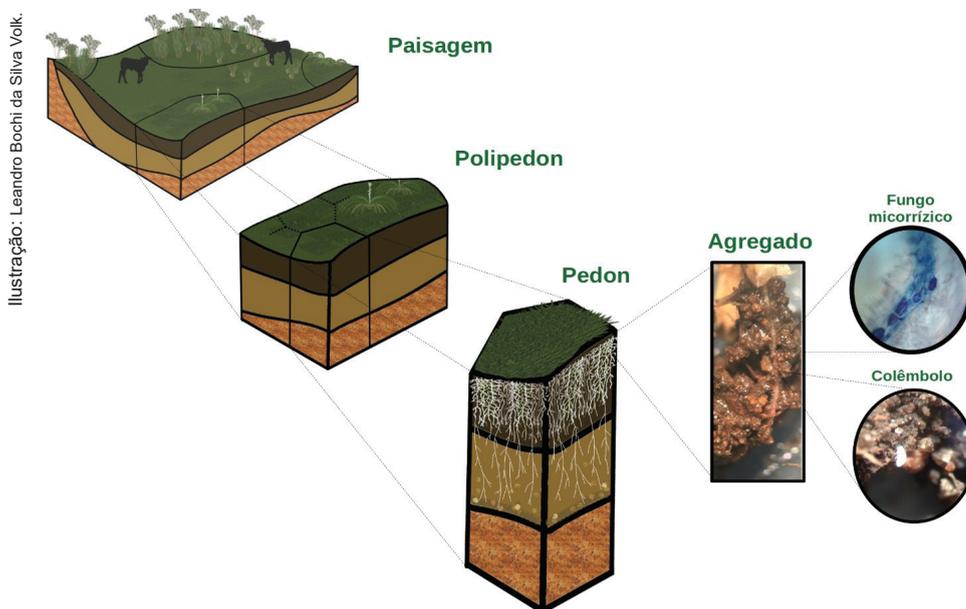


Figura 9. Representação pedológica do solo em diferentes escalas, da distribuição de polípedons na paisagem até ocorrência de microrganismos e fauna edáfica associados a agregados e partículas do solo.

Os processos e funções que se expressam em um agregado de solo (como a presença de raízes, por exemplo) não são os mesmos que se expressam na paisagem. Num agregado ou numa amostra, podemos acessar o efeito de um punhado de raízes nos agregados de solo, mas na paisagem acessamos o efeito de uma ou mais comunidades vegetais. A matéria orgânica ou o carbono orgânico que está no solo é efeito de processos que se expressam tanto na paisagem quanto em agregados. De mesmo modo, sua função (como fonte

de carbono e energia para microrganismos ou mineralização de nitrogênio no sistema edáfico) também se expressa de forma distinta na escala da paisagem e na escala de agregado.

A vegetação é parte fundamental do sistema edáfico. Percebendo-a como um dos elementos que compõe o sistema edáfico, entende-se que existe uma inter-relação onde um interfere no outro (também em diferentes escalas), de forma que não existe solo sem vegetação.

A vegetação natural campestre representa a cobertura vegetal que proporciona maior complexidade no funcionamento do sistema edáfico, assim como maior número de funções ecossistêmicas entre as coberturas não florestais. Fato esse associado em grande medida à massa e à diversidade do sistema radicular mantido (Figura 7).

Deste modo, sistemas de manejo que garantem diversidade na vegetação, garantem redundância das funções entregues e, portanto, estabilidade de funcionamento do sistema edáfico. Sistemas edáficos em que a cobertura vegetal campestre é manejada sob pastejo, têm no manejo da vegetação um mecanismo que pode interferir em seu funcionamento e, por conseguinte, no estado de funções entregues.

O processo de pastejo

O processo de pastejo é bastante complexo e depende de inúmeros fatores. Aqui propomos uma abordagem mais simplificada e tratamos o pastejo como o processo de forrageamento (aquisição de forragem) de herbívoros, os quais exercem o processo de seleção de sua dieta (Figura 10). Seu entendimento é base para a boa tomada de decisão de manejo do campo nativo.

O processo de pastejo pode ser caracterizado por ter uma dimensão **temporal**, definida pelo intervalo de tempo que o animal retorna a mesma estação de pastejo; uma dimensão espacial, representada pelo tamanho da estação de pastejo; e uma **magnitude** associada a proporção de vegetação removida em cada unidade de tempo e o bocado em cada estação de pastejo.

A “desfolha” da vegetação resulta da equalização das três dimensões pelo animal, considerando sua experiência anterior, seu apetite, a quantidade de forragem e a qualidade da forragem à disposição. Ou seja, ele pode ter ou não a chance de escolha na forragem a ser forrageada e a “desfolha” será mais ou menos intensa dependendo do processo de pastejo. Assim apresentado, percebe-se a importância do pastejo dos animais no impacto da vegetação.



Figura 10. O processo do pastejo como um distúrbio.

Fica evidente que existem dois processos resultantes do pastejo: um relativo às plantas que são pastejadas e outro relativo às plantas não pastejadas. No caso das plantas pastejadas, existe um conflito: as plantas necessitam das folhas para fazer fotossíntese para garantir sua existência e entrega de funções, enquanto os animais precisam dessas folhas para sua dieta.

O processo de pastejo exerce influência direta no sistema edáfico por meio de sua interação com a vegetação e a fisiologia das plantas. A “desfolha” resultante do forrageamento reduz a superfície foliar disponível para a fotossíntese, afetando o crescimento e a capacidade das plantas de acumular biomassa. Esse impacto na fisiologia vegetal diminui o aporte de matéria orgânica ao solo, pois o volume de resíduos vegetais e raízes é reduzido. Com menos cobertura vegetal, o solo fica mais exposto, aumentando o risco de erosão, compactação e perda de umidade. A redução na biomassa e na profundidade das raízes interfere na estrutura do solo e em sua capacidade de manter porosidade e atividade

microbiana, essenciais para processos como a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. As raízes mais rasas também prejudicam a infiltração de água, reduzindo a capacidade de retenção de umidade e a estabilidade do solo.

Outro aspecto importante do processo de pastejo é que nem todas as plantas são pastejadas pelos animais. As plantas não pastejadas ou preteridas pelo gado, aquelas menos palatáveis ou que possuem estratégias para fugir do pastejo, tendem a aumentar sua ocorrência no campo nativo e ocupar espaço e recursos no solo, como água e nutrientes. Ainda que essas plantas possam, inclusive, ser mais eficientes na entrega de outras funções ecossistêmicas além da produção de forragem, não é desejável que o campo nativo tenha prevalência delas. No longo prazo, esse aumento de espécies preteridas pode alterar a qualidade geral da forragem disponível e, em alguns casos, reduzir a produtividade da pastagem, pois essas espécies geralmente têm menor valor nutricional para os animais. No entanto, quando o pastejo é muito intenso, essas plantas menos desejadas, que frequentemente possuem menor tolerância ao desfolhamento repetitivo, podem também desaparecer ao longo do tempo, restando apenas espécies mais tolerantes a desfolha frequente e intensa. Esse processo reduz a diversidade de espécies na vegetação, alterando a composição do ecossistema e impactando as funcionalidades da vegetação e do sistema edáfico.

Portanto, manejar o pastejo pode ser visto como o ato de mediar a relação entre o processo de forrageamento do gado e a condição em que a vegetação é apresentada ao pastador, e o estado da proporção entre superfície foliar forrageada e remanescente da vegetação, considerando um objetivo produtivo específico.

Manejo de campo nativo

O manejo de campo nativo envolve um conjunto de práticas e processos planejados para otimizar o uso dos recursos naturais campestres, equilibrando a produtividade com a conservação dos ecossistemas, sem perder de vista a entrega dos serviços e das funções ecossistêmicas que caracterizam o campo nativo. Essas práticas consideram aspectos como o impacto do pastejo no sistema edáfico, o papel das plantas preteridas pelos animais e a dinâmica da vegetação, buscando conservar a biodiversidade e a integridade funcional do solo e dos recursos hídricos.

Portanto, o conceito de manejo de campo nativo não pode prescindir dos conceitos de campo nativo, de funções e serviços ecossistêmicos, de biodiversidade e do processo de manejo. Toda e qualquer tomada de decisão sobre as práticas de manejo deve levar em consideração estes outros conceitos.

Alguns exemplos são o piqueteamento (ou subdivisão), o diferimento e a roçada.

Dentre as práticas de manejo, a subdivisão ou piqueteamento da área se destaca por permitir maior controle sobre o pastejo (considerando as três dimensões: temporal, espacial e de magnitude), garantindo que os animais acessem cada piquete de forma ordenada e equilibrada, conforme a decisão do pecuarista. Essa técnica possibilita alternar as áreas de pastejo, favorecendo a recuperação da vegetação entre os ciclos de desfolha, além de permitir que essas plantas possam “competir” por espaço e luz com as plantas que não são pastejadas, ao mesmo tempo em que aumenta a cobertura vegetal e permite que a cobertura vegetal mantenha a entrega das suas funções ecossistêmicas, ou seja, mantenham sua capacidade de crescimento e aporte orgânico ao solo.

Outra prática importante é o diferimento estratégico, que consiste em reservar determinadas áreas para o pastejo em períodos específicos. A escolha das áreas e o tempo de diferimento são definidos de forma a maximizar a recuperação da vegetação e garantir que o pasto esteja em condições de fornecer forragem de qualidade durante períodos críticos, como o inverno ou um período de seca. Essa prática auxilia na conservação da estrutura radicular das plantas, fundamental para a infiltração de água e para a retenção de nutrientes, além de favorecer o equilíbrio do ecossistema ao permitir que espécies nativas se regenerem e cumpram seus papéis ecológicos.

A roçada, por sua vez, pode ser utilizada como um recurso para o manejo da estrutura da vegetação, promovendo um equilíbrio entre espécies e controlando o crescimento excessivo de algumas plantas sem o objetivo de eliminá-las. A roçada contribui para manter a diversidade da vegetação e auxilia no controle da competição por luz e nutrientes, permitindo que o solo receba um aporte constante de matéria orgânica e que a cobertura vegetal permaneça equilibrada.

Em conjunto, essas práticas de manejo permitem que o campo nativo seja utilizado de forma sustentável, promovendo tanto a produtividade quanto a conservação dos recursos naturais. O monitoramento contínuo das áreas manejadas é essencial para ajustar as práticas às condições locais e assegurar que o manejo esteja cumprindo seus objetivos de conservação do ecossistema e de manutenção dos serviços ambientais essenciais para o bem-estar do solo e da fauna local.

O manejador

Manejador é aquele que reconhece, controla e transforma intencionalmente os recursos naturais campestres em produto animal. O papel do manejador é essencial para o equilíbrio entre a produção e a conservação dos ecossistemas campestres. O manejador é aquele que atua no campo nativo, tomando decisões

que impactam diretamente a vegetação, o solo (sistema edáfico), a saúde e a produção dos animais, sem comprometer o seu bem-estar e o da família. O pecuarista manejador deve estar atento aos processos naturais, como a dinâmica da vegetação, a oscilação do clima, o estado dos animais, a ciclagem de nutrientes, a retenção de umidade e a conservação do solo, e, ao mesmo tempo, garantindo que o sistema produtivo seja viável e sustentável.

Gerir o campo nativo de forma integrada exige conhecimento técnico e sensibilidade para interpretar as condições ambientais e ajustar as práticas de manejo conforme a capacidade de suporte do ecossistema, entendendo seu funcionamento e seus limites. As decisões sobre onde, quando e quanto os animais devem pastar influenciam diretamente a estrutura e a diversidade da vegetação, a estabilidade do solo e a provisão de serviços ecossistêmicos fundamentais, como a conservação da biodiversidade e a produção de alimento para os animais.

Além disso, o manejador precisa equilibrar o uso do campo nativo com seu próprio bem-estar e o da família que vive na propriedade. Manter um ritmo de trabalho saudável, optar por técnicas de manejo que demandem menos esforço físico e recorrer a tecnologias que facilitem o controle do pastejo e a avaliação do estado do solo são formas de preservar a saúde física e mental do manejador. Esse equilíbrio é crucial para que o manejo seja sustentável não apenas ambiental e economicamente, mas também humanamente, contribuindo para a qualidade de vida e a longevidade da atividade no campo.

Assim, o manejador desempenha um papel central, como mediador entre a produção e a conservação, buscando práticas que beneficiem tanto a produção animal quanto a preservação dos recursos naturais e, simultaneamente, promovam seu próprio bem-estar. Esse compromisso com um manejo equilibrado e consciente assegura a perenidade dos recursos campestres e a qualidade de vida dos que deles dependem. Manejador é aquele que usa seu conhecimento intencionalmente levando em consideração todos os conceitos apresentados até aqui.

Importância histórica

O resgate histórico sobre a existência ou origem do campo nativo e da pesquisa a cerca do campo nativo, é fundamental para o entendimento das dinâmicas passadas recentes, presentes e futuras.

O estudo dos campos sul-brasileiros tem uma trajetória rica e complexa, refletindo as mudanças socioeconômicas e científicas ao longo dos séculos. Desde o século XVIII, quando a atividade pecuária emergiu como uma

força motriz na região Sul, até os dias atuais, o manejo de campo nativo evoluiu significativamente.

Queremos aqui explorar os períodos-chave dessa evolução, primeiro da própria vegetação campestre e depois as contribuições científicas e práticas que moldaram o manejo de campo nativo.

A origem do campo nativo

Os ecossistemas campestres ou campos do sul do Brasil representam a vegetação original e não são resultado de processos de antropização, possuindo assim importância histórica (Behling et al., 2009).

Estudos polinológicos em turfeiras na região Sul do Brasil demonstram que do último máximo glacial que ocorreu há 18.000 anos atrás (período do Holoceno Inferior), a vegetação campestre predominou em toda a região Sul (Behling et al., 2009). Nessa época, o clima era marcadamente seco e entre 5°C e 7°C abaixo da temperatura atual. Essa vegetação campestre continua sendo predominante até 4.000 anos atrás (período do Holoceno Superior), quando existe um aumento das precipitações e tem início a expansão das florestas de araucária ao longo de rios e áreas de campo mais elevadas. Entre 1.500 e 1.000 anos atrás é que se estabelecem as condições climáticas atuais com maior frequência de chuvas e períodos mais curtos de frio que permitiram a expansão das florestas sobre os campos (Figura 11). É possível que o fogo durante esse período também tenha sido um fator que diminuiu o avanço da floresta sobre o campo.

A dinâmica da vegetação campestre foi significativamente influenciada pela introdução de grandes ungulados originários da América do Norte, após a colisão das Américas do Sul e do Norte no Pleioceno Superior, há cerca de 3 milhões de anos. Estes ungulados, com hábitos de pastejo semelhantes aos do gado introduzido posteriormente, moldaram a evolução da flora dos campos. Os registros fósseis sugerem que o pastejo por grandes herbívoros tem uma longa história evolutiva na região, e a falta desses animais durante os 8 mil anos entre sua extinção e a introdução do gado provavelmente afetou a frequência e a intensidade das queimadas nos campos nativos (Behling et al., 2009).

A pesquisa sobre campo nativo

A evolução do manejo de campo nativo no sul do Brasil reflete uma trajetória de crescente sofisticação científica e prática. A integração de abordagens forrageiras e ecológicas, a valorização do conhecimento local e a implementação de técnicas de manejo sustentáveis foram fundamentais para o desenvolvimento de uma pecuária que respeita e conserva os ecossistemas campestres.

Foto: Leandro Bochi da Silva Volk



Figura 11. Paisagem com predominância da vegetação campestre no município de Pinheiro Machado/RS, localidade do Alto Bonito.

Como proposto nesse breve relato, Coelho et al. (2017) nos apresenta uma visão da história da ciência sobre os campos sul-brasileiros é um testemunho da importância de adaptar práticas tradicionais às demandas contemporâneas por sustentabilidade e conservação ambiental.

No século XIX, as primeiras pesquisas focaram mais no caráter exploratório e eram voltadas à descrição e catalogação da flora e fauna dos campos sul-brasileiros. Pesquisadores como Saint-Hilaire e Rambo documentaram espécies e suas inter-relações, estabelecendo as bases para o entendimento ecológico da região.

Durante a primeira metade do século XX, a pesquisa ainda foi descritiva e se concentrou nas oportunidades forrageiras dos campos nativos. Anacreonte Avila de Araújo, por vezes com uma visão dicotômica, destacou a importância de eliminar plantas primitivas para aumentar a produtividade animal, refletindo uma abordagem mais técnica e produtivista.

Na década de 1970, houve uma ascensão da pesquisa que combinava estudos forrageiros e ecológicos. Iniciativas como o Grupo Técnico de Forrageiras do Cone Sul, liderado pelo Ismar. L. Barreto, promoveram uma visão integrada da produção animal e conservação dos ecossistemas campestres.

Nos anos 1980 e 1990, a pesquisa incorporou elementos ecológicos mais robustos, como a ecologia quantitativa, e começou a considerar a interface animal em estudos de pastagens. Grupos de pesquisa na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) desempenharam papéis cruciais ao integrar comportamento animal e ecologia funcional em suas abordagens.

No final do século XX e início do século XXI, o foco se voltou para a aliança entre produção animal e conservação ambiental. Na continuidade dos grupos de pesquisa da UFRGS e UFSM, laboratórios como o da Embrapa Pecuária Sul passam a destacar a importância de valorizar o campo nativo e suas potencialidades através de práticas sustentáveis de manejo.

Fica evidente as mudanças na concepção científica das pastagens naturais para ecossistemas campestres, desde seu primórdio ao cume atual da busca por padrões de compreensão dos processos inerentes à pecuária de campo nativo.

Funções ecossistêmicas campestres

Conceitualmente, um serviço ecossistêmico é um benefício entregue e percebido pela sociedade e tem na sua origem o funcionamento de um ecossistema, ou ainda, das suas funções ecossistêmicas (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Neste conceito, são funções ecossistêmicas de um ecossistema campestre a produção de massa verde e fibra; habitat e alimento para a fauna; proteção e formação de solo; regulação e estabilização do ciclo hidrológico e do clima; polinização; decomposição e ciclagem de nutrientes; sequestro e estoque de carbono e nitrogênio; e uma infinidade de outras funções que podem ser percebidas como serviços. É importante ressaltar que o “serviço” difere da “função” pelo fato de que ele precisa ser percebido, enquanto a função, não. A função ecossistêmica se refere ao funcionamento do ecossistema. Então, quanto maior ou melhor for o estado de funcionamento de um ecossistema, maior ou melhor será o estado da função entregue. Em exemplo, quanto maior for o estado de funcionamento do ecossistema campestre, maior será sua produção de massa verde e fibra, maior será a ciclagem de nutrientes, maior será o estoque de carbono, maior será a atividade biológica, e assim por diante.

Entendemos que devemos prover o pecuarista com informações técnicas sobre essas funções ou serviços ecossistêmicos promovidos pelo campo, como estes são afetados pelas decisões de manejo e como podem determinar

a sustentabilidade ou a durabilidade do seu sistema de produção, permitindo que ele tome a decisão final. E podemos ir além: ao entender a dinâmica dos processos envolvidos nos serviços ou funções ecossistêmicas, o produtor ou pecuarista pode inferir inclusive na gestão espacial ou territorial do seu sistema de produção.

É preciso entender e ter consciência de como uma decisão de manejo de uso do campo nativo afeta o potencial produtivo das forrageiras (hoje e futuramente) e as demais funções e serviços que elas prestam; como a alteração do pastejo afeta a disponibilidade de forragem, sua composição, sua qualidade bromatológica, o crescimento das raízes, a infiltração e o escoamento superficial de água da chuva, a temperatura do solo, a ciclagem de nutrientes, a atividade bioedáfica, a fixação de nitrogênio, o balanço de carbono orgânico, a resiliência à entrada de plantas indesejáveis, o banco de sementes no solo, a diversidade de artrópodes, a ocorrência de endo e ectoparasitas e assim por diante. E ter a consciência de como a perda ou ganho destas funções ou serviços ecossistêmicos pelo campo afetam o ganho de peso e outros índice zootécnicos, ou como afeta a dinâmica dentro da propriedade.

Dimensões da sustentabilidade e funções ecossistêmicas

A sustentabilidade de sistemas pecuários pode ser definida a partir das dimensões ecológica, social, intergeracional e econômica. Definir sustentabilidade desta forma (considerando-a a partir destas quatro dimensões) permite que possamos incorporar na mesma discussão questões que são fundamentais para o processo de compreensão do funcionamento dos sistemas de produção pecuários e, assim, na escolha das estratégias de ação ao incorporar a análise do impacto em um conjunto maior de processos.

A medida que aumentam os impactos das atividades antrópicas sobre o estado de conservação dos recursos naturais e os seus efeitos no meio ambiente se intensificam, as buscas por estratégias de produção mais sustentáveis são mais necessárias. Isto poderia sugerir a existência de um distanciamento entre práticas voltadas à produção agropecuária em detrimento da conservação dos recursos naturais, como se houvesse um antagonismo entre práticas conservacionistas e produção, que não precisariam existir, particularmente em sistemas pecuários de base campestre.

A busca pelo entendimento do funcionamento dos sistemas naturais dedicados ou não a produção e as suas relações com o meio ambiente pode ser uma estratégia para que se busque cada vez mais a integração entre conservação dos recursos naturais e estratégias de produção em todas as suas dimensões.

Considerando sustentabilidade a partir de quatro dimensões se pode pensar

em sistemas capazes de se manter ao longo do tempo conservando o estado de funções ecossistêmicas, em consonância com as demandas das sociedades e da família a que se insere e tem suas práticas e processos por ela determinada. Sem a perda de inserção e expectativas de gerações futuras.

Sistemas biológicos são a base dos sistemas pecuários de produção, sendo assim dotados de um conjunto com maior ou menor complexidade de funções ecossistêmicas. São a expressão de potencial determinado pelas relações de processos edáficos, nas plantas que se integram em comunidades vegetais de menor ou maior complexidade devido a diversidade de espécies e/ou tipos de vegetação (dependendo da escala em que se considere), na capacidade de colheita e transformação do processo de forrageamento (dependente da espécie e categoria de forrageador) e das escolhas técnicas e de manejo conduzidas pelo manejador e sua família, e como estabelece suas relações com a(s) sociedade(s) a que se integram.

Ao considerarmos a importância da sustentabilidade e a busca pelo desenho de sistemas produtivos mais sustentáveis nas dimensões ecológica, social, intergeracional e econômica, abrem-se as portas para a compreensão de relações mais complexas do funcionamento dos sistemas pecuários de produção e, assim, a construção de alternativas produtivas que resultarão em sistemas produtivos mais sustentáveis.

Assim, a partir do entendimento do funcionamento das relações entre aspectos do processo produtivo e o estado de funções ecossistêmicas, se pode definir práticas e/ou processos agropecuários voltados à otimização das entregas relativas as quatro dimensões da produção sustentável.

São nos campos naturais em que se encontra o maior conjunto de funções ecossistêmicas dos sistemas produtivos baseados em forrageiras. Assim como o maior estado de funções ecossistêmicas importantes de suporte, regulação e provisionamento.

A estabilidade, no sentido amplo, é um importante serviço prestado pelos campos naturais. Quando se harmoniza em sistemas de produção, a pecuária de campo agrega a este um amplo conjunto de serviços a que chamam-se de ecossistêmicos ou ambientais. Estes, refletem o estado de suas funções as quais são relativas ao solo, vegetação, clima e fauna, mas que estão interligadas e são influenciadas por práticas/processos de manejo. Assim, pecuária em que o manejador desenha práticas/processos de produção que desfrutam da resposta potencial, tem na estabilidade um importante serviço entregue pelos campos. Isto ocorre por que os campos manejados dentro dos limites dos seus processos agrega resistência e resiliência frente a adversidades.

Como exemplo, podemos estabelecer uma relação entre a estrutura da vegetação campestre e o estado de alguns serviços ecossistêmicos. Ao se considerar a estrutura e composição botânica ocorrente em dois estratos da

vegetação campestre (estrato prostrado/pastejado e estrato cespitoso/não pastejado) e sete serviços mensuráveis (carbono orgânico; infiltração de água; resistência à seca; atividade microbiana no solo; diversidade de espécies vegetais; NDT - nutrientes digestíveis totais; e proteína bruta da vegetação), temos que estas duas estruturas podem entregar os mesmos serviços, mas em estado diferente (Figura 12).

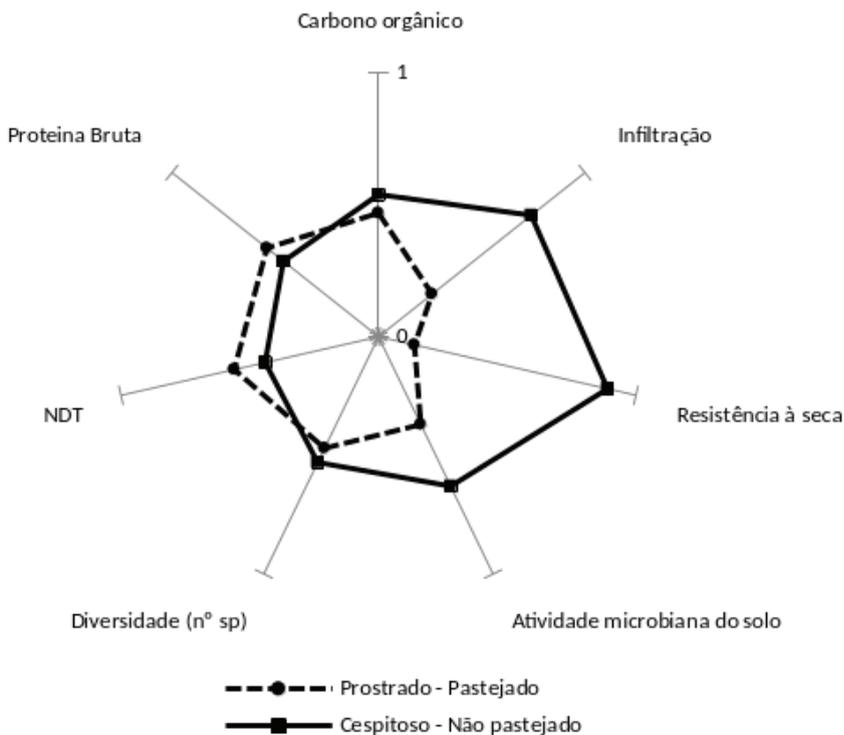


Figura 12. Estado de serviços ecossistêmicos entregues em duas estruturas (prostada e cespitosa) da vegetação campestre.

Fonte: Adaptado de Volk et al. (2017).

Percebe-se que a estrutura de campo cespitoso/não pastejado permite maior infiltração de água, resistência à seca e atividade biológica no solo, enquanto a estrutura relativa ao estrato prostado/pastejado apresenta maior NDT e maior proteína bruta, mantendo o carbono orgânico no solo e a diversidade de espécies no mesmo estado de entrega. De posse dessa informação, podemos lançar mão de práticas de manejo que altere a “estrutura da vegetação” para que seja maximizada a entrega dos serviços conforme o objetivo do manejador.

A pecuária que contém ou é construída sobre uma base de produção forrageira campestre trás consigo um conjunto de funções e serviços ecossistêmicos únicos. Cabe, contudo, ao manejador e à sociedade a definição de práticas e/ou processos de transformação das funções ecossistêmicas que se integram nos sistemas pecuários de campo em serviços ecossistêmicos e/ou ambientais prestados.

Tecnologias e ferramentas para o manejo de campo nativo

Que tecnologias e/ou ferramentas são ou estão disponíveis para o manejo de campo nativo? Nesta seção buscamos fazer algumas conexões com áreas do conhecimento científico tais como ecologia, biologia da conservação, agronomia, zootecnia, geotecnologias e tecnologia da informação.

A principal tecnologia para o manejo do campo nativo se refere ao conhecimento local do funcionamento das relações entre a vegetação natural, sistemas edáficos e variáveis ambientais climáticas. Este deriva das mais diversas áreas do conhecimento científico, tradicionais ou dos saberes locais.

Geotecnologias aplicadas ao manejo de campo

Sistemas de gestão territorial locais podem ser importantes para o desenho de sistemas produtivos mais sustentáveis com valorização de potenciais locais. Os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) podem cumprir um papel importante nestes processos, pois facilitam a sistematização e a disponibilização de informação com correspondência geográfica, e suportam mecanismos de gestão territorial. Um exemplo é apresentado em detalhes por Trindade et al. (2021), onde a dinâmica do NDVI (sigla em inglês para Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada) no tempo e no espaço Figura 13, a partir de imagens de satélite, indica o estado de funcionamento da cobertura da superfície do solo para a vegetação campestre.

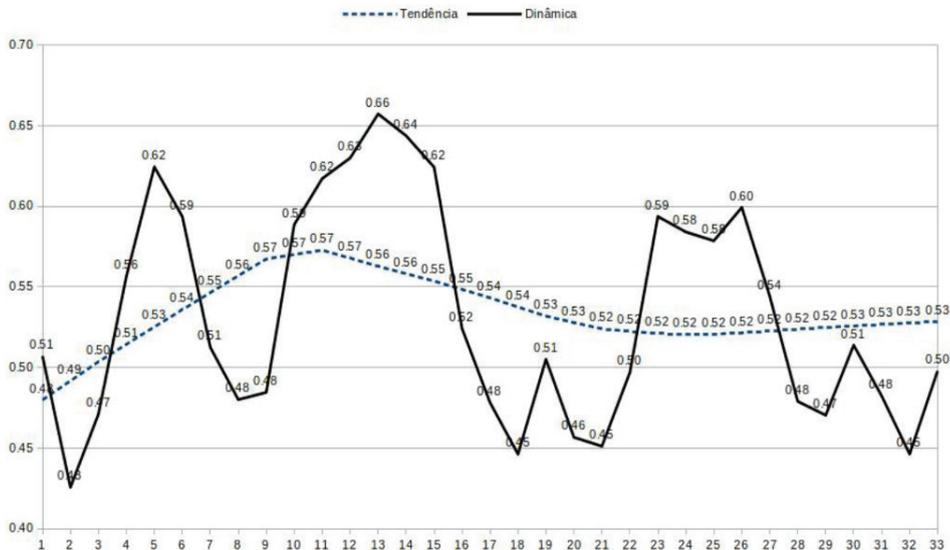


Figura 13. Representação gráfica dos valores médios de NDVIe (linha tracejada) e da tendência de UM de Remanescentes da Vegetação Natural submetidas ao método de decomposição de série, entre janeiro de 2018 e setembro de 2020, na área da Embrapa Pecuária Sul.

Fonte: Trindade et al. (2021).

Na Figura 13, percebe-se a estabilidade dos valores de NDVI para a cobertura campestre ao longo dos meses do ano.

A dinâmica do uso e ocupação da terra, como proposto por Trindade et al. (2018), também é um exemplo de uso da ferramenta SIG para entender como esse processo se distribui em uma região. Percebe-se na Figura 14, que o avanço do uso agrícola da terra na região do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) da Campanha do Rio Grande do Sul, não foi uniforme em toda a área.

Esses são exemplos de como essas tecnologias ou ferramentas podem nos ajudar na tomada de decisão sobre as práticas de manejo do campo nativo, mesmo na escala de poteiros e propriedades, ou de região e municípios.

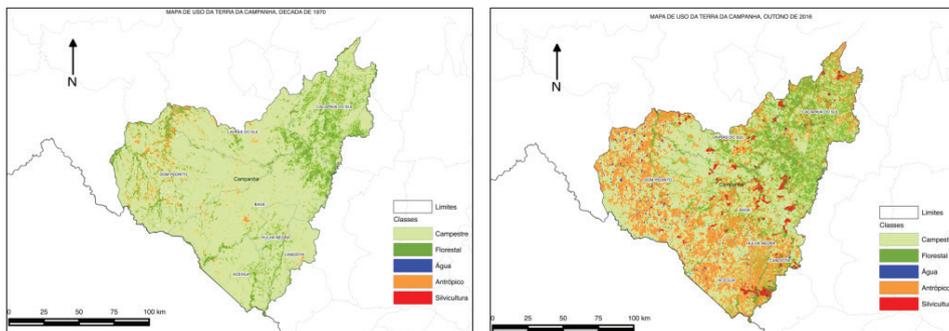


Figura 14. Uso da terra na Região da Campanha do Rio Grande do Sul: a esquerda, a partir de imagens Landsat 2 de 1973/1974 e, a direita, a partir de imagens Landsat 8 no Outono de 2015.

Adaptado de Trindade et al. (2018).

Monitoramento de indicadores ambientais

Considerando o proposto na conceitualização de campo nativo, sistema edáfico e manejo, a caracterização e monitoramento do estado de funções ecossistêmicas podem ser considerados como chave para o planejamento e o uso sustentável dos recursos naturais.

Tais monitoramentos vão depender da disponibilidade de mão de obra, de tempo e de recursos disponíveis. Ao mesmo tempo, esse tipo de dados e informações é importantíssimo na tomada de decisão de manejo.

Algumas medições relativa à vegetação sugeridas são:

- a. altura das plantas,
- b. taxa de crescimento,
- c. composição botânica,
- d. diversidade estrutural da vegetação,
- e. a dinâmica no tempo e no espaço, e
- f. NDVI.

Em relação ao solo (ou sistema edáfico), algumas medições ou monitoramentos sugeridos são:

- a. taxa e qualidade de cobertura,
- b. massa e profundidade de raízes,
- c. disponibilidade de nutrientes e atividade enzimática,

- d. ocorrência de erosão,
- e. taxa de infiltração, e
- f. dinâmica de funcionamento.

Em relação aos animais:

- a. condição corporal,
- b. peso,
- c. ocorrência de parasitas (endo e ecto), e
- d. comportamento.

Ao ambiente, alguns monitoramentos que também podem ser feitos:

- a. temperatura do ar (máxima e mínima),
- b. temperatura do solo,
- c. chuvas (quantidade e duração), e
- d. ocorrência de geadas.

Existem inúmeras alternativas para tais monitoramentos, desde a coleta ou medição direta, de forma manual, mas também existe a possibilidade de automatização para a coleta, armazenamento e disponibilização dos dados e informações. Volk e Trindade (2021) apresentaram uma alternativa de sensores resistivos que podem ajudar no acompanhamento da dinâmica do funcionamento do sistema edáfico, como está exemplificado na Figura 15.

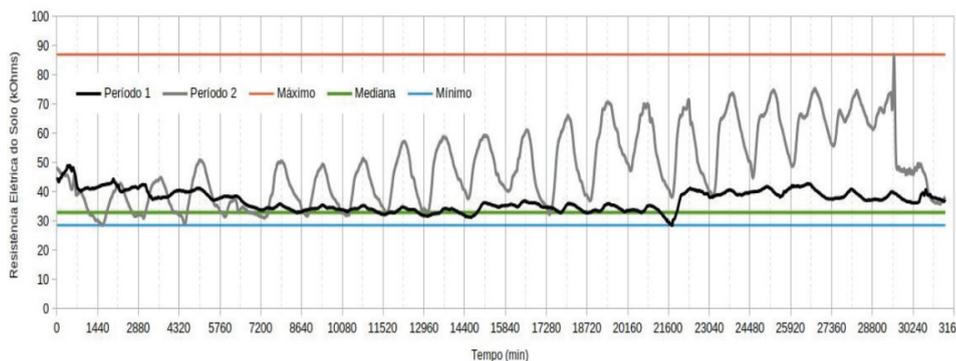


Figura 15. Série temporal dos registros médios (média de 24 sensores) por minuto de resistência elétrica do solo monitorada em todos os sensores e agrupada em dois períodos: Período 1, entre 21/5/2020 e 12/6/2020 e Período 2, entre 5/11/2020 e 27/11/2020. (Linhas inteiras paralelas ao eixo y indicam a hora 0:00 e as linhas tracejadas paralelas ao eixo y indicam a hora 12:00).

Fonte: Volk e Trindade (2021).

Nesse exemplo, o período 1 representa o funcionamento de um sistema edáfico com regime de chuvas frequentes e temperatura amena (média de 15°C), no período de outono. Já o período 2, representa o funcionamento do mesmo sistema edáfico entre dois eventos de chuva (uma no tempo 0 min e outra no tempo 29.500 min) e temperatura mais quente (média de 21°C), na primavera.

Outros exemplos de ferramentas que podem ser utilizados são a gaiola de exclusão, o quadro, o infiltrômetro e o termômetro, como apresentado em Volk e Trindade (2016) e os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs) (Figura 16).

Fotos: Leandro Bochi da Silva Volk



Figura 16. Exemplos de ferramentas ou tecnologias para caracterização e monitoramento de funções ecossistêmicas em campo nativo: (A) Gaiola de Exclusão; (B) Infiltrômetro e termômetro de solo; (C) Quadro de 50 cm x 50 cm; e (D) VANT.

Fonte: Adaptado de Volk e Trindade (2016).

Práticas conservacionistas e manejo de campo nativo

A gestão e o manejo adequado dos campos naturais devem se integrar com a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade da pecuária, a partir do conhecimento do funcionamento dos sistemas naturais campestres aplicados através de práticas/processos de manejo.

Práticas conservacionistas são aquelas atividades ou ferramentas de manejo aplicadas e/ou voltadas à conservação dos recursos naturais em si, disponíveis para a produção (em sua maioria relativa ao campo nativo), e também a conservação da capacidade dos recursos naturais em entregar suas funções na sua plenitude.

Destacam-se aquelas que interferem no estado de importantes funções para uma produção pecuária mais eficiente, como por exemplo:

a. Ajuste de lotação: considera as relações entre a oferta (estado de conservação dos recursos forrageiros) e a demanda de forragem. Esta pode ser estabelecida a partir das relações diretas entre o peso dos animais, a quantidade e qualidade da forragem disponível para o animal em pastejo e também pelo número de animais presentes em determinada unidade de manejo.

b. Controle do processo de pastejo: pode ser realizado com a utilização da subdivisão de unidades de manejo; com estratégias de controle do processo de pastejo (contínuo ou rotacionado) e com a exclusão do pastejo por tempo determinado pelo manejador (diferimento).

c. Manejo da composição de espécies: sistemas pastoris (campo nativo com pastejo), como os que se baseiam a pecuária familiar de corte, tendem a ter como consequências a necessidade da utilização de medidas de manejo das espécies preteridas pelo gado, pois tendem a se destacar no campo, dando a sensação de “campo sujo”.

d. Manutenção de cobertura eficiente de solo: uma das importantes funções da vegetação forrageira está relacionada com a proteção do solo aos efeitos erosivos de chuvas e redução de perdas de água do solo pela evaporação.

e. Manutenção da estruturação do solo: a manutenção e promoção do desenvolvimento da estruturação do solo são fundamentais para uma produção forrageira eficiente em quantidade e qualidade, haja visto que a nutrição mineral do gado é fornecida através dos nutrientes do solo presentes nas plantas que irão compor a dieta destes. Uma cobertura vegetal diversa e com sistema radicular bem desenvolvido é o principal mecanismo de conservação e promoção da estruturação do solo.

As condições supracitadas, ao serem consideradas integradas e como

possibilidades para potencialização dos valores de sistemas de produção em contexto territorial, estabelecem relações com o estado e o funcionamento de outros importantes processos a serem transformados em valores locais únicos, como:

a. Ciclagem de nutrientes: importante por possibilitar aumento na eficiência e competitividade da atividade pecuária e redução de uso de insumos.

b. Ciclo hidrológico: que está diretamente associado a preservação da qualidade do ciclo da água.

c. Balanço de carbono (relação entre estoque e emissão de carbono): importante valor a ser agregado à produção pecuária familiar de corte através da valorização da produção local e territorial.

d. Atividade biológica do solo: importante para manutenção da eficiência produtiva, redução do uso de insumos e saudabilidade dos produtos oriundos da pecuária.

e. Conservação da fauna silvestre: componente importante para o estabelecimento de relações com mercados externos, além do equilíbrio biológico.

f. Biodiversidade dos ecossistemas campestres: a pecuária familiar de corte tem sido um importante guardião e conservador da biodiversidade campestre, vide que os remanescentes dessa vegetação hoje estão na sua maioria nas propriedades da pecuária familiar.

g. Estabilidade na produção de forragem: importante para que os animais nunca passem fome, ao mesmo tempo que garante a estabilidade de entrega das funções ecossistêmicas.

h. Resistência e resiliência na composição de espécies forrageiras a condições de estresse e manejo: estas características garantem a estabilidade na produção, mesmo frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas ou eventos climáticos extremos, como secas, estiagens e cheias.

Tem-se como horizonte de referências o crescimento de cenários de valorização das contribuições e, por conseguinte, dos desafios para a potencialização dos ativos gerados pela pecuária campestre. Oportunidade que se pode construir através do aprofundamento do conhecimento das relações entre práticas de manejo conservacionistas para uma gestão mais eficiente dos recursos naturais. A supressão mecânica de parte da vegetação tendo a altura de corte como referência (roçada mecânica) tem-se revelado uma ferramenta importante para a gestão eficiente da pecuária de campo, pois permite ao manejador um maior controle da vegetação e assim da forragem a ser ofertada.

Hoje temos a oportunidade do desfrute de uma pecuária com um futuro promissor. Nos referimos aqueles sistemas produtivos que incluem e consideram a importância do campo nativo para a produção, respeitando e desfrutando das potencialidades locais, em consonância com os anseios de manejadores e

sociedades a que se inserem e com longevidade. Essa pecuária tem em seu âmago a conservação dos recursos naturais e dos meios de produção para as gerações futuras, construída a partir de modelos onde a produção tem sua sustentação nas pastagens naturais através do desenho de sistemas produtivos mais sustentáveis.

O campo nativo, pelo fato de ser um sistema biológico natural (ecossistema natural), tem sua existência e suas virtudes independente da interferência humana. Ele apresenta um amplo conjunto de processos e funções que podem ser transformados ou convertidos em serviços. Assim, podemos considerar que as pastagens naturais ou os campos nativos tem um papel central para o desenho de sistemas produtivos mais sustentáveis por agregar um conjunto de funções ecossistêmicas. Estas vão para além da produção de forragem e sustentação de atividade pastoril. São estas funções que consideradas nas diferentes escalas de gestão irão agregar ou caracterizar sistemas produtivos mais sustentáveis.

Se pode destacar, por exemplo, a estabilidade da cobertura de uso da terra. Por serem sistemas naturais, se mantêm (sua existência) ao longo do espaço e do tempo independentes da intervenção antrópica. Apesar do fato de que a maioria de suas espécies tem seu ciclo biológico anual, ou seja, um ciclo de crescimento e desenvolvimento populacional realizado em um ano, isso não compromete a conservação de uma cobertura vegetal permanente. São sistemas que recebem influências diretas e indiretas das características ambientais e de manejo dos processos pastoris presentes e pretéritas. Estas se refletem no estado e desfrute das funções ecossistêmicas, uma manifestação potencial.

Manejo do pastejo

O manejo do pastejo interfere direta e indiretamente na composição, dinâmica e em características morfológicas de plantas que irão definir o estado da vegetação campestre e sua diversidade (Trindade et al., 2011), interferindo na qualidade e quantidade de forragem disponível para o gado.

A composição de espécies vegetais de um determinado campo nativo é resultado da expressão do potencial biológico natural do local e das relações com o histórico de manejo do pastejo, roçadas e outros fatores que possam interferir no desenvolvimento das plantas. O (re)conhecimento das espécies do campo nativo (Trindade, 2011) e de suas relações com características produtivas pode ser visto como uma oportunidade para identificação de potenciais naturais e/ou de prevenção a mudanças abruptas na vegetação e de incertezas no planejamento produtivo. Pode-se considerar também uma importante ferramenta de valorização dos recursos naturais disponíveis para produção da pecuária de campo nativo (Volk; Trindade, 2016).

São também ferramentas importantes para o manejador da pecuária de campo os sistemas de manejo do pastejo, a roçada e o diferimento.

Sistemas de manejo do pastejo representam a materialização do como será feito o controle do processo de pastejo, ou seja, como o manejador permitirá que o gado construa sua dieta em forrageamento. Assim, pode ser com maior controle, como ocorre nos manejos rotativos, ou com menor controle, nos manejos caracterizados como de lotação contínua (os animais permanecem a maior parte do tempo na mesma unidade de manejo).

O uso de estratégias de controle da vegetação através de cortes por altura de posicionamento de roçadeiras mecânicas são mecanismos de manejo importantes. Pois, ora permitem que se controle a presença de determinadas espécies na estrutura da vegetação ora na supressão de biomassa de menor qualidade.

Roçada

O corte mecânico de parte da vegetação seguido da deposição do material cortado na superfície do solo representa por si só um mecanismo com impacto importante sobre a vegetação campestre (Figura 17). Pois, dependendo do volume, da composição do material cortado, da relação C:N (carbono:nitrogênio) e da época do ano em que se faz a roçada haverá uma interferência na velocidade de decomposição e no impacto sobre o campo no qual foi depositado. Assim, grandes volumes de biomassa associados a períodos de baixas temperaturas podem levar ao comprometimento do desenvolvimento da vegetação do estrato inferior (sobre a qual é depositado o material cortado) e um longo intervalo de tempo para a completa decomposição pela fauna edáfica (organismos vivos que irão decompor e transformar a vegetação cortada) da biomassa cortada.

Sugere-se que a decisão sobre altura de roçada considere a composição de espécies, uma criteriosa escolha de propósito e ao volume de vegetação cortada que será depositada sobre o restante da vegetação campestre.

Em circunstâncias em que haja um excessivo volume de plantas a serem suprimidas, sugere-se roçadas com maior altura como estratégia para evitar impactos negativos sobre a vegetação campestre e redução do período total de decomposição da palhada resultante. Uma consequência positiva da estratégia proposta é a redução do custo e o aumento de eficiência do efeito esperado pela roçada.

Foto: Leandro Bochi da Silva Volk



Figura 17. Aspecto de área recém roçada com roçadeira de arrasto (tipo avaré), com altura de corte entre 30 cm e 40 cm.



Figura 18. Exemplo de referência de corte por base nas plantas de macega-estaladeira (*Saccharum angustifolium*) em que se busca a diminuição do seu porte, não sua erradicação.

Diferimento

O diferimento de campo nativo consiste na retirada do gado de uma unidade de manejo do pastejo por um período relativamente curto de tempo. Ou seja, um potreiro ou piquete que esteja sendo pastejado por um grupo de animais, ou que suporta determinada quantidade de animais em processo de pastejo, terá os animais retirados por um período determinado de tempo.

A motivação principal para a retirada dos animais de uma área pastoril normalmente está associada à necessidade de recuperação da cobertura forrageira ou para permitir que a vegetação recupere determinada cobertura e/ou volume de forragem. Contudo, se pode considerar que o diferimento representa

uma prática importante para recuperação do controle do processo de pastejo em favor das plantas e do ecossistema campestre ao qual estão associados um amplo conjunto de valores a serem considerados:

- a. Construção de uma reserva forrageira estratégica;
- b. Recuperação da cobertura de solo;
- c. Promoção do desenvolvimento do sistema radicular (aprofundamento de raízes);
- d. Alteração da composição de espécies.

O diferimento, quando associado a outras práticas de manejo como a roçada, permite se ter o controle mais efetivo da composição do campo em um intervalo de tempo menor.

Deve-se destacar sua importância estratégica na gestão forrageira para permitir que o campo recupere eficiência de potencial produtivo de determinada composição ou tipo de vegetação. Usualmente para que o estrato inferior, mais pastejado, se recupere de um período de uso excessivo e assim mantenha sua cobertura existente.

As plantas que compõem a vegetação campestre mantêm uma relação de 1:1 ou até de 1:2 da vegetação acima do solo com o sistema radicular (Fidelis et al., 2009; Rodrigues et al., 2010). Pode-se esperar que o uso sistemático do diferimento de campo tende a proporcionar uma maior estabilidade na composição de espécies do campo, principalmente daquelas que são preferidas pelo gado, que tendem a ter sua contribuição na vegetação diminuída ao longo do tempo.

Assim, alterações na frequência e magnitudes de pastejo através de ajustes de lotação e/ou associadas com diferimentos resultam no desenvolvimento de ecossistemas campestres mais produtivos e mais resilientes e resistentes às adversidades.

Sistema natural edáfico e o manejo do pastejo

Uma análise ampla dos impactos de práticas de manejo do pastejo e/ou da vegetação campestre nos permite identificar seus efeitos nos processos edáficos. Estes podem ser caracterizados por interferências na estrutura do solo, na atividade biológica (principalmente nos decompositores), no teor de matéria orgânica, na reciclagem de nutrientes e, por conseguinte, na fertilidade do solo.

Neste sentido, as práticas de manejo da vegetação, como manejo do pastejo ou roçada, interferem diretamente no desenvolvimento das raízes e afetam a estruturação do solo. A estrutura do solo revela sua importância na infiltração e armazenamento de água para solubilização e transporte dos nutrientes, além de

permitir o crescimento radicular. Ao mesmo tempo que a boa estrutura permite o desenvolvimento radicular, o próprio crescimento ajuda na manutenção da estrutura. É como um ciclo virtuoso.

Estas práticas de manejo também interferem diretamente na atividade biológica do solo, que revela sua importância na decomposição do material vegetal de partes de plantas que irão integrar a matéria orgânica do solo, bem como a mineralização de nutrientes da própria matéria orgânica. A matéria orgânica do solo, como consequência da atividade biológica do solo, cumpre um papel relevante, tanto na estrutura quanto na mineralização de nutrientes. Deve-se destacar que os nutrientes contidos no solo não estão necessariamente disponíveis às plantas. É necessário que estejam solubilizados na solução do solo, além de estar ao alcance das raízes. Os nutrientes disponíveis na solução do solo são absorvidos através do sistema radicular das plantas que definem a vegetação campestre.

Assim, em se considerando a reciclagem de nutrientes neste contexto, pode-se tratar do tema fertilidade a partir das seguintes perspectivas:

- a. Fertilidade química: estas práticas permitem o reaproveitamento de nutrientes, tornando o sistema mais eficiente, além de afetar a quantidade de nutrientes totais do solo, notadamente o nitrogênio orgânico e o fósforo biológico;
- b. Fertilidade física: nesta perspectiva se destaca a estrutura do solo, tanto para o crescimento radicular quanto para infiltração e armazenamento de água no solo, que irá determinar a solubilização e transporte de nutrientes para as raízes das plantas;
- c. Fertilidade biológica: esta é definida pela atividade da fauna edáfica na decomposição e mineralização de material de restos de origem vegetal, bem como na atividade da microbiota no equilíbrio biológico para evitar pragas e doenças, bem como na fixação biológica de nitrogênio e aproveitamento do fósforo biológico, potássio e água pela micorrização.

Como referência ao efeito destas práticas de manejo da vegetação nos processos edáficos, apresentamos a Tabela 1 com os teores médios de nutrientes para um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico latossólico, comum na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

Destacam-se os valores baixos de fósforo e matéria orgânica que decrescem em profundidade, enquanto os valores de potássio, cálcio e magnésio aumentam em profundidade (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de nutrientes por horizonte do solo Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico latossólico (UM Santa Tecla).

Hori- zonte	Profund. (cm)	P (mg/m ³)	K (me/100g)	K (mg/dm ³)	C (%)	MO (g/kg)	Arg (%)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)
A	0-25	2,5	0,10	39,1	0,95	16,5	12	2,4	1,2
AB	25-70	1,3	0,4	156,4	0,74	12,9	18	2,8	1,0
Bt ₁	70-100	>1	0,6	234,6	0,78	13,6	44	3,7	1,5
Bt ₂	100-120	>1	0,7	273,7	0,47	8,1	41	2,8	1,9

Fonte: Adaptado de Brasil (1973)

Do ponto de vista da reciclagem de nutrientes, se espera que a vegetação campestre ao ter seu sistema radicular desenvolvido em profundidade e em volume possa acessar água e nutrientes de camadas mais profundas para as mais superficiais. Deve-se considerar também nesse processo a atividade biológica de decompositores na decomposição e na mineralização de matéria orgânica senescente.

Na Tabela 2 são apresentados a composição em nutrientes da matéria seca de palhada de uma vegetação campestre. Destacamos incrementos possíveis em valores percentuais e em quilos por tonelada de matéria seca.

Tabela 2. Teor de nutrientes encontrados em palhada de campo nativo em quatro Unidades de Mapeamento de Solos do Rio Grande do Sul.

Unidade de Mapeamento	Nutrientes por tonelada de matéria seca de pastagens nativas (kg/ton MS)				
	N*	P**	K**	Ca**	Mg**
Aceguá	11,65	1,52	14,3	7,7	1,27
Bagé	11,65	0,92	10,7	6,4	1,11
Bexigoso	11,65	1,12	12,0	6,1	1,30
Ponche Verde	11,65	1,16	11,3	8,0	1,17

*(Wunsch et al., 2006)

** (Senger et al., 1996)

Como se pode observar na Tabela 2, na Unidade de Mapeamento Bagé os autores encontraram uma tendência de menores teores de fósforo, potássio e magnésio na vegetação campestre. Os teores destes minerais registrados em amostras de vegetação campestre demonstram a ligação entre o estado de funcionamento do sistema edáfico (através da disponibilidade de nutrientes para as plantas) e os teores destes na vegetação. Isto terá reflexos nos potenciais de produção animal, principalmente nos casos em que as exigências sejam além do potencial suprido pela vegetação (Senger et al., 1996).

A partir dos dados da Tabela 2, é possível se fazer uma estimativa da disponibilidade de nutrientes tendo por base o volume de solo explorado pelas raízes (Tabela 3). Na Tabela 3 são apresentados dados de incremento de disponibilidade de N, P, K, Ca e Mg em se considerando o crescimento ou incremento de raízes no horizonte AB promovido por um diferimento, considerando para cada centímetro de solo a mais que a planta explora e quanto estaríamos disponibilizando de nutrientes.

Tabela 3. Potencial de ciclagem de nutrientes no solo pelo incremento de 1 cm, 10 cm e 20 cm de aprofundamento das raízes no horizonte AB do solo da região, via diferimento da vegetação campestre.

Profundidade	N (kg/ha.ano)	P ₂ O ₅ Extraível (kg/ha.ano)	P ₂ O ₅ Orgânico (kg/ha.ano)	K ₂ O (kg/ha.ano)	Ca (kg/ha.ano)	Mg (kg/ha.ano)
Mais 1 cm de raízes	0,10	0,34	0,113	0,203	0,728	0,158
Mais 10 cm de raízes	1,0	3,4	1,13	2,03	7,28	1,58
Mais 20 cm de raízes	2,0	6,8	2,26	4,06	14,56	3,16

Percebe-se que a fertilidade química natural do solo da região apresenta potencial de disponibilizar importante contribuição de nutrientes para a vegetação campestre, se lhe for permitido o desenvolvimento e aprofundamento das raízes.

É importante salientar que o crescimento do sistema radicular também propicia que a vegetação campestre estabeleça importantes relações ecológicas com a microbiota edáfica, como bactérias fixadoras de nitrogênio e micorrizas. Estima-se que existam dezenas de espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio de vida livre no solo, bem como as que se associam à rizosfera de gramíneas do gênero *Paspalum* sp. (Döbereiner, 1966) com potencial de fixar 70 kg N/ha.ano, sem considerar as leguminosas. As micorrizas são fungos que estabelecem

simbiose com as raízes de todas as espécies da vegetação campestre. Esta simbiose é que permite às plantas o acesso ao fósforo orgânico citado na Tabela 3, bem como ao potássio e à água que as raízes não alcançam.

A estruturação do solo é a base para a infiltração e armazenamento da água no solo. Ao se considerar o solo em capacidade de campo, com umidade gravimétrica em torno de 40% (0,4 g/g), equivale a disponibilizar para as raízes 520 litros de água por hectare para cada incremento de raízes de 1 centímetro, ou 5.200 litros de água por hectare para cada 10 centímetros.

O apresentado até aqui reforça o conceito de sistema edáfico, em que não existe dissociação entre solo e vegetação. Toda e qualquer prática de manejo que interfere na vegetação, irá interferir no solo.

O carbono no sistema edáfico natural

O carbono está envolvido em todos os processos e funções ecossistêmicas do solo. A vegetação tem papel importantíssimo pela transformação do carbono inorgânico atmosférico (CO_2) em carbono orgânico ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) pelo processo de fotossíntese. Em condições normais, esse processo é tão eficiente que resulta em saldo positivo, portanto, no crescimento e desenvolvimento das plantas. Em outras palavras, a emissão de gás carbônico é muito menor do que o sequestrado pela vegetação.

Além dessa transformação, a fotossíntese também acumula energia junto ao carbono. Organismos consumidores desejam tanto esse carbono quanto essa energia, seja de forma direta (como os pastejadores e a biota do solo) seja de forma indireta (como os seres humanos). No consumo desse carbono e energia, as moléculas orgânicas com carbono são quebradas e parte do carbono volta para a atmosfera na forma de CO_2 .

Ao mesmo tempo, em condições naturais, cerca de 50% da biomassa total das plantas está na forma de raízes ou biomassa subterrânea (Fidelis et al., 2009). Após a morte da planta, a parte aérea e as raízes são consumidas pela biota e microrganismos do solo. Cerca de 60% ou mais do carbono volta a ficar inorgânico e até 40% podem passar a integrar a matéria orgânica do solo. Isso é que conhecemos por “sequestro de carbono no solo”.

Como consequência desse processo, a matéria orgânica passa a compor o solo e é conhecida como fração orgânica de solos minerais. Ainda que ocupe menos de 5% do volume total destes, chega a ser responsável por mais de 70% da capacidade de troca de cátions, por toda a atividade biológica, além do tamponamento e fornecimento de todos os macronutrientes e ser imprescindível na estabilidade da estrutura física do solo (Sparks, 1995). A matéria orgânica, portanto, é um componente muito importante do sistema edáfico.

Sua composição é resultado de processos químicos, físicos e biológicos de degradação e transformação de restos orgânicos adicionados ao solo. Assim, sua composição e propriedades químicas são diferentes nos distintos solos, bem como nos distintos sistemas. Esta matéria orgânica que permanece no solo é o que conhecemos por “estoque de carbono no solo”. O estoque de carbono representa o resultado do funcionamento do sistema edáfico e da entrega das funções da vegetação (Figura 19).

Ilustração: Leandro Bochi da Silva Volk

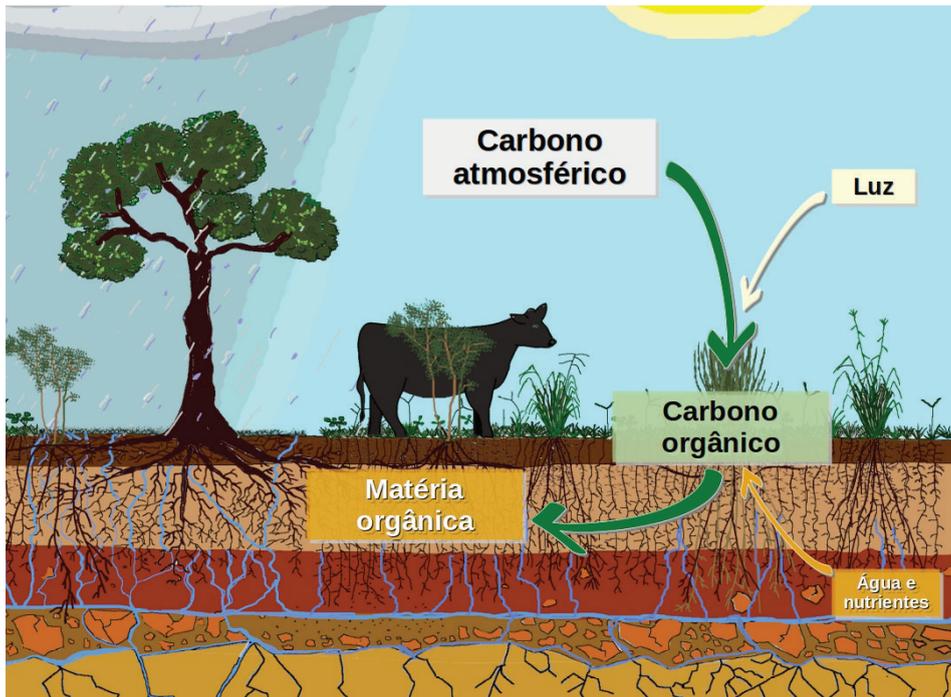


Figura 19. O carbono como parte do funcionamento do sistema edáfico.

A matéria orgânica do solo, na sua essência, é composta por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. Entre 60% e 70% da sua massa é carbono e cerca de 20% é nitrogênio.

Sua quantidade no solo é resultado de um equilíbrio dinâmico entre processos de entradas (ou adições) e de saídas (ou perdas) de material orgânico. De modo simplificado, isso indica que todo sistema produtivo com maior entrada do que saída de material orgânico, resultará em maior acúmulo de matéria orgânica. Sendo o inverso também verdadeiro: todo sistema produtivo com maior saída de que entrada de material orgânico resultará em redução do seu teor no sistema (parte integrante das emissões de gases de efeito estufa).

O sequestro de carbono, portanto, só ocorrerá se esses processos todos continuarem mantendo o saldo positivo e as condições ambientais favoráveis. O estoque de carbono só aumentará se o sequestro de carbono pela vegetação e solo forem maiores que sua perda.

O teor de carbono orgânico, cujo estoque no solo tem ganho destaque na pesquisa e na mídia, é um forte indicador de inúmeros padrões de funcionamento e funções entregues. Sua importância e função, portanto, vão muito além do “sequestro e estoque de carbono da atmosfera”.

Ao passar pela transformação de inorgânico para orgânico, esse carbono ganha em complexidade, não só na sua molécula (que foi transformada de gás CO_2 para complexos compostos orgânicos com base em $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), mas também nos processos bioquímicos naturais e funções ecossistêmicas que entrega, notadamente na interação solo-planta.

Reforçamos, portanto, que o entendimento do solo e da vegetação como um sistema é premissa importante. Um interfere no outro e ambos respondem ao uso e manejo adotados. O funcionamento do sistema depende dessas inter-relações e este funcionamento pode ser acessado pelo estado das funções. A capacidade do solo de dar suporte ao correto desenvolvimento das plantas e animais é uma das suas funções mais importantes (se não for a mais importante). Para entregar essa função, o solo precisa estar funcionando com qualidade em todos seus processos. Precisa infiltrar e reter água, gerenciar calor, tamponar a dinâmica de nutrientes, fomentar atividade microbiológica para permitir o crescimento e desenvolvimento das raízes e, por fim, estocar carbono.

Considerações finais

A missão institucional da Embrapa Pecuária Sul, de promover alimentos saudáveis em sistemas sustentáveis, reforça o papel essencial dos campos nativos como alicerce para a produção pecuária alinhada à conservação ambiental. Este documento abordou como o manejo consciente do campo nativo permite que os sistemas de produção alcancem a sustentabilidade, aliando produtividade, com conservação dos recursos naturais e saúde ambiental.

O manejo do campo nativo é, ao mesmo tempo, uma ciência e uma arte. Ele demanda não apenas conhecimento técnico e científico, mas também sensibilidade para compreender e respeitar as particularidades dos ecossistemas campestres. A combinação de ciência e arte permite que o manejador interprete sinais do solo, da vegetação, do clima e dos animais, transformando o campo nativo em um espaço de produção sustentável.

Os fundamentos para esse manejo estão ancorados em conceitos-chave, como o (re)conhecimento dos ecossistemas naturais e da biodiversidade, a compreensão do campo nativo como um ecossistema singular, o funcionamento do sistema edáfico, o entendimento do processo de pastejo e das práticas de manejo, além da própria habilidade do manejador em harmonizar esses elementos. Esses pilares orientam práticas que maximizam a funcionalidade do campo nativo na entrega de serviços ecossistêmicos.

Esse equilíbrio entre produção e preservação revela-se crucial para manter a resiliência e a estabilidade dos ecossistemas. As práticas conservacionistas aplicadas de forma consciente promovem o crescimento da biodiversidade, a saúde do solo e a funcionalidade das cadeias ecológicas, assegurando a entrega dos serviços ambientais fundamentais para a pecuária e para a sustentabilidade a longo prazo.

Assim, o manejo do campo nativo é uma expressão de saberes aplicados, onde cada decisão visa não apenas a produtividade, mas também a perpetuação dos recursos naturais. A valorização deste saber local e sua integração com a ciência moderna garantem que o campo nativo continue a oferecer seus benefícios, preservando suas funções ecossistêmicas para as gerações presentes e futuras.

Este documento não pretende dar por encerrado esse tema, mas sim apresentar algumas provocações, aumentar a curiosidade e trazer algumas alternativas.

Referências

ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E. J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 1, p. 2-28, Mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>.

BEHLING, H.; JESKE-PIERUSCHKA, V.; SCHÜLER, L.; PILLAR, V. DE P. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o quaternário tardio. In: PILLAR, V. DE P.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. de S.; JACQUES, A. V. A. (ed.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009. p. 13-25.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Petrópolis: Vozes, 2010. 360 p.

BRASIL. Ministério de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (MA-DNPA-DPP. Boletim técnico, 30).

COELHO, A. A.; TRINDADE, J. P. P.; VOLK, L. B. da S.; SILVA, R. D. D.; QUADROS, F. L. F. de. A ciência sobre os campos sul-brasileiros. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EN FORRAJERAS DEL CONO SUR, 24., 2017, Tacuarembó. **Bioma Campos: retomando un camino de oportunidades para una producción ganadera sustentable: memorias**. [Tacuarembó]: INIA: UDELAR, 2017. p. 177-179.

DÖBEREINER, J. *Azotobacter paspali* sp. n., uma bactéria fixadora de nitrogênio na rizosfera de *Paspalum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, p. 357-365, 1966.

ECOSYSTEMS and human well-being: biodiversity synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC: World Resources Institute, 2005. 86 p.

FIDELIS, A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; PFADENHAUER, J. A importância da biomassa e das estruturas subterrâneas nos Campos Sulinos. In: PILLAR, V. DE P.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. de S.; JACQUES, A. V. A. (ed.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009. p. 88-100.

LINDEMAN, R. L. The trophic-dynamic aspect of ecology. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 53, p. 167-191, Mar. 1991. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02464428>.

PILLAR, V. DE P.; LANGE, O. (ed.). **Os campos do Sul**. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos-UFRGS, 2015. 179 p.

RODRIGUES, C. A. G.; GOMES, K. E.; CAMPONOGARA, T.; AROSEMENA, D. R. **Avaliação do sistema radicular e de rizomas de um campo natural diferido em Bagé, RS**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 17 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 10).

SENGER, C. C. D.; SANCHEZ, L. M. B. C.; PIRES, M. B. G.; KAMINSKI, J. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. I. Cálcio, fósforo, magnésio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 12, p. 897-904, dez. 1996.

SIMPSON, J.; WEINER, E. (ed.). **Oxford English dictionary**. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 1989. 1728 p.

SPARKS, D. L. Chemistry of soil organic matter. In: SPARKS, D. L. (ed.). **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 53-80.

TRINDADE, J. P. P.; VOLK, L. B. da S.; ROCHA, D. S. da. **Avaliação do índice normalizado de vegetação no monitoramento de sistema de unidades de manejo**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2021. 31 p. (Embrapa Pecuária Sul. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 47).

TRINDADE, J. P. P.; BORBA, M. F. S.; VOLK, L. B. da S. **Pastejo e a estabilidade de pastagens naturais**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2011. 17 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 125).

TRINDADE, J. P. P. **Re-conhecimento dos campos sul-brasileiros**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2011. Não paginado.

TRINDADE, J. P. P.; ROCHA, D. S. da; VOLK, L. B. da S. **Uso da terra no Rio Grande do Sul: ano de 2017**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 18 p.

VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P. **Avaliação do estado de funcionamento do sistema edáfico campestre por sensores resistivos**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2021. 44 p. (Embrapa Pecuária Sul. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 49).

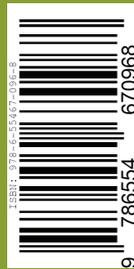
VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P. **Ferramentas para o (re)conhecimento da pecuária de campo nativo**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2016. 1 fôlder.

VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P.; COELHO, A. A.; QUADROS, F. L. F. de. Funções ecossistêmicas em vegetação campestre de dupla estrutura acentuada. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EN FORRAJERAS DEL CONO SUR, 24., 2017, Tacuarembó. **Bioma Campos**: retomando un camino de oportunidades para una producción ganadera sustentable: memorias. [Tacuarembó]: INIA: UDELAR, 2017. p. 106-108.

WEIGELT, A.; WEISSER, W.W.; BUCHMANN, N.; SCHERER-LORENZEN, M.
Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. **Biogeosciences**, v. 6, n. 8, p. 1695-1706, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-6-1695-2009>.

WORKSHOP ESTADO ATUAL E DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO DOS
CAMPOS, 2006, Porto Alegre. [Ata...]. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 24 p. Disponível
em: [https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.
download&id=15673](https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=15673) Acesso em: 11 fev. 2025.

WUNSCH, C.; BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, E. R.; COSTA, E. C. da; MONTANHOLI,
Y. R.; BRANDÃO, F. Macrominerais para bovinos de corte nas pastagens nativas dos
Campos de Cima Da Serra - RS. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1258-1264, jul./ago. 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400033>.



CGPE 19086