

Atributos físico-químicos do solo são influenciados pelo tipo de manejo do campo nativo

Soil physical-chemical attributes are influenced by the type of management of the grassland

Los atributos fisicoquímicos del suelo son influenciados por el tipo de manejo del campo nativo

Recebido: 13/07/2022 | Revisado: 23/07/2022 | Aceito: 25/07/2022 | Publicado: 02/08/2022

Luigildo Proner Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7636-5546>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: proner@unochapeco.edu.br

Henrique von Hertwig Bittencourt

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1324-383X>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: henrique.bittencourt@uffs.edu.br

Juliano Cesar Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3950-0240>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: juliano.dias@uffs.edu.br

José Francisco Grillo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7254-2883>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: jose.grillo@uffs.edu.br

Lisandro Tomas da Silva Bonome

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-3014>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: lisandro.bonome@uffs.edu.br

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de diferentes estratégias de manejo da pastagem em campo nativo sobre características físico-químicas do solo. Para tanto foi realizado um experimento a campo testando sobresemeadura, roçada, uso de fogo e ausência de manejo em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Maior nível de compactação do solo foi registrado nos tratamentos com uso de fogo e roçada em comparação a ausência de manejo e a sobresemeadura. Todos os tratamentos aumentaram os teores de matéria orgânica do solo, com a maior variação ocorrendo na roçada e a menor no fogo. Os teores de H+Al aumentaram em todos os tratamentos com a maior variação ocorrendo na ausência de manejo e a menor na roçada e fogo. O teor de potássio diminuiu apenas na sobresemeadura e aumentou mais expressivamente no fogo. O teor de fósforo aumentou na sobresemeadura e mais expressivamente no fogo. A saturação de bases diminuiu em todos os tratamentos, mais expressivamente na sobresemeadura e na ausência de manejo. Os resultados apresentam modificações de parâmetros importantes para o uso agropecuário dos solo de campo nativo, sugerindo que de maneira geral, a utilização de práticas de sobresemeadura e roçada apresentam potencial de alteração mais favorável que ausência de manejo ou uso do fogo.

Palavras-chave: Sobresemeadura; Roçada; Fogo; Pastagem natural.

Abstract

The objective of the present work was to evaluate the influence of different pasture management strategies in a grassland on the physicochemical characteristics of the soil. For that, a field experiment was carried out, testing overseeding, mowing, use of fire and absence of management in a randomized block design with four replications. A higher level of soil compaction was recorded in the treatments with fire and mowing compared to the absence of management and overseeding. All treatments increased soil organic matter contents, with the greatest variation occurring in the mowing and the smallest in the fire. The H+Al contents increased in all treatments with the greatest variation occurring in the absence of management and the smallest in the mowing and fire. Potassium content decreased only in overseeding and increased more significantly in fire. Phosphorus content increased in overseeding and more significantly in fire. Base saturation decreased in all treatments, more significantly in overseeding and in the absence of management. The results show changes in important parameters for the agricultural use of grassland soil, suggesting that, in general, the use of overseeding and mowing practices present a more favorable change potential than the absence of management or use of fire.

Keywords: Overseeding; Mowing; Fire; Natural grassland.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de diferentes estrategias de manejo de pastos en pastizal nativo sobre las características físico-químicas del suelo. Para ello, se realizó un experimento de campo, ensayando resiembra, siega, uso de fuego y ausencia de manejo en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se registró un mayor nivel de compactación del suelo en los tratamientos con fuego y siega frente a la ausencia de manejo y resiembra. Todos los tratamientos incrementaron los contenidos de materia orgánica del suelo, ocurriendo la mayor variación en la siega y la menor en el fuego. Los contenidos de H+Al aumentaron en todos los tratamientos ocurriendo la mayor variación en ausencia de manejo y la menor en la siega y fuego. El contenido de potasio disminuyó solo en la resiembra y aumentó más significativamente en el fuego. El contenido de fósforo aumentó en la resiembra y más significativamente en el fuego. La saturación de bases disminuyó en todos los tratamientos, más significativamente en resiembra y en ausencia de manejo. Los resultados muestran cambios en parámetros importantes para el uso agrícola del suelo de pastizales nativos, sugiriendo que, en general, el uso de prácticas de resiembra y siega presentan un potencial de cambio más favorable que la ausencia de manejo o uso del fuego.

Palabras clave: Resiembra; Siega; Fuego; Pasto natural.

1. Introdução

Os campos nativos são ecossistemas encontrados em 13,7 milhões de hectares na região Sul do Brasil (Overbeck et al., 2007). São caracterizados por clima temperado e úmido, com ocorrência de chuvas bem distribuídas durante o ano e invernos rigorosos (Pillar e Vélez, 2010).

Embora o campo nativo apresente importância ambiental, social e econômica, estima-se que a substituição das pastagens nativas por outros tipos de uso do solo ultrapassou 400 mil hectares nos últimos 20 anos. Boa parte da alteração do uso deve-se a intensificação de atividades silviculturais, monocultivo de grãos (soja, milho, trigo, etc) além de outras atividades agrícolas de curta duração (Córdova et al., 2012).

Por isso, diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de aumentar a produção e oferta de forragem para os animais. O aumento da capacidade produtiva do campo nativo para a atividade pecuária, pode constituir uma solução para a alteração do uso do solo e manutenção desse importante ecossistema. É neste contexto que se encontra o melhoramento do campo nativo que é constituído por diversas técnicas (Pillar, 2009). Estas técnicas permitem auxiliar o produtor, para que ele possa utilizar melhor a área, aumentar o ganho de peso dos animais e conservar o agroecossistema dos campos naturais.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de quatro manejos do campo nativo, utilizando fogo, roçada, sobressemeadura e ausência de manejo (pousio) sobre características físico-químicas do solo.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido entre abril de 2018 a março de 2019, em área de campo de altitude pertencente ao Centro de Educação Profissional Professor Jaldyr Bhering Faustino da Silva (CEDUP) denominada de Campos de Palmas, do tipo fisionômico “palha fina” (Córdova et al., 2012) no município de Água Doce - SC.

O clima da região é do tipo temperado 4B (Pandolfo et al., 2002) apresentando temperatura e pluviosidade médias, nos últimos dez anos, de 16,2°C e 1746 mm, respectivamente (Epagri, 2022). O solo predominante é Cambissolo Bruno Húmico (Embrapa, 2004).

O experimento foi realizado em arranjo experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições totalizando 16 parcelas (com 2025 m² de área total e 1296 m² de área útil). Os tratamentos avaliados foram: campo nativo manejado com I) sobressemeadura de azevém e aveia em abril, seguindo as recomendações de Monegat (1991), II) campo nativo manejado com roçada e III) campo nativo queimado realizando as interferências relativas no primeiro dia da primavera (22 de setembro) e IV) campo nativo com ausência de manejo. Os tratamentos foram submetidos a simulação de pastejo com uso de roçadora por quatro vezes ao longo do experimento, com o corte sendo realizado rente ao solo a cada 35 dias.

A resistência à penetração foi avaliada utilizando o penetrômetro de impacto (modelo IAAP/Planalsucar), com três

determinações por parcela, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 25-30 cm (Stolf, 1991). Foram realizadas três amostragens de resistência a penetração durante o experimento: 22 de setembro, a segunda 30 dias e a terceira 100 dias após a primeira amostragem. Os dados foram tabulados no programa para cálculo da resistência do solo ao penetrômetro de impacto, gerando as respectivas resistências do solo a penetração, em MPa, nas diferentes profundidades avaliadas.

Foram realizadas duas amostragens de solo: no dia 22 de setembro, e a outra 143 dias após a primeira. Em cada uma delas, foram realizadas quatro amostragens simples por parcela, agrupando-as através da mistura dos solos das repetições para constituir uma amostra composta que foi enviada ao laboratório de análise de solo (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004).

Os dados de resistência à penetração foram submetidos a análise de variância e posteriormente submetidos a comparação múltipla de médias de Tukey ($p < 0,05$) (Storck et al., 2011). Os dados de análise química do solo, por sua vez, foram analisados de forma exploratória.

3. Resultados e Discussão

Efeito do manejo nas propriedades físicas do solo e desenvolvimento de plantas

Foi registrada interação entre o efeito dos tratamentos com o tempo nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm ($p < 0,01$). Nas profundidades acima de 10 cm não foram registrados efeitos dos tratamentos, do tempo, ou da interação tratamento e tempo na resistência do solo à penetração. Já era esperado que a diferença entre os tratamentos fosse maior próximo a superfície, devido a natureza dos tratamentos apresentarem maior interação nessa região do solo.

Pode-se observar que os tratamentos sobressemeadura e sem manejo resultaram nos menores valores de resistência do solo a penetração após 100 dias, tanto de 0-5 cm, quanto de 5-10 cm de profundidade (Tabela 1). Contrariamente a esses, os tratamentos roçada e fogo apresentam os maiores valores de resistência do solo à penetração e não modificaram essa característica ao longo do tempo.

Tabela 1. Resistência à penetração do solo em MPa dos diferentes tratamentos em função da profundidade (cm) e do tempo (dias).

Profundidade (cm)	Tempo (dias)	Tratamento			
		Sobressemeadura	Roçada	Sem manejo	Fogo
0-05	0	3,50 A a	3,65 A a	3,02 A a	2,57 A a
	30	2,75 A a	2,85 A a	3,15 A a	2,60 A a
	100	0,97 B b	3,65 A a	2,70 B b	3,07 A a
05-10	0	9,07 A a	8,62 A a	8,70 A a	8,37 A a
	30	8,20 A a	8,80 A a	8,45 A a	8,75 A a
	100	6,82 BC b	7,90 AB a	6,55 C b	8,17 A a
10-15 ^{ns}	0	13,57	14,20	13,57	13,30
	30	13,25	13,27	13,90	13,95
	100	13,22	13,20	13,57	13,67
15-20 ^{ns}	0	18,75	18,50	19,00	18,47
	30	18,27	19,07	18,65	18,42
	100	18,65	18,87	18,65	19,12
20-25 ^{ns}	0	23,67	24,00	24,05	23,85
	30	23,82	24,07	24,00	23,62
	100	23,92	23,40	23,47	22,77
25-30 ^{ns}	0	28,25	29,12	28,90	28,87
	30	28,77	28,67	28,72	28,92
	100	28,12	28,35	28,82	28,82

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical dentro de cada uma das duas faixas de profundidade não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns = não significativo.

Sabe-se que a resistência do solo à penetração influencia a plasticidade do sistema radicular das plantas, com diâmetros da raiz e da ponta da raiz diminuindo com o aumento na resistência à penetração (Bécel et al., 2012). Valores de resistência à penetração a partir de 3,5 MPa, por exemplo, comprometeram o desenvolvimento de trigo (Merotto Jr. e Mundstock, 1999). Por isso, é possível que os tratamentos roçada e fogo, que demonstraram os maiores valores de resistência a penetração, tanto entre 0-5 quanto 5-10 (Tabela 1), podem implicar em alterações na capacidade de desenvolvimento das espécies forrageiras, especialmente aquelas com sistema radicular do tipo fasciculado.

Além do efeito físico direto sobre o desenvolvimento das plantas, o aumento da resistência à penetração pode apresentar efeitos indiretos ocasionados pelo aumento da densidade do solo. A umidade, a temperatura e a aeração do solo são influenciadas pelo estado de compactação e constam dentre os fatores primordiais para o desenvolvimento das plantas (Modolo et al., 2011).

O manejo com queimada, tende à formação de camada subsuperficial compactada, sendo apontado como uma das principais causas da degradação da estrutura física do solo e do decréscimo da produtividade (Campos et al., 1995). As maiores densidades na profundidade 0-5 cm foram registradas entre 0 e 30 dias, podendo ter sido causada pela maior precipitação pluviométrica neste período, e conseqüente, maior impacto de gotas de chuva sobre o solo. Segundo Schaefer et al. (2002) a gota da chuva causa a quebra mecânica dos agregados, resultando na formação de uma camada densa na superfície do solo, o selamento superficial nos tratamentos fogo e roçada, que apresentaram menor cobertura do solo ao longo do tempo nos ciclos de manejo (dados não mostrados).

Em trabalho realizado por Spera et al. (2007) foram avaliadas as alterações das características físicas de um Latossolo

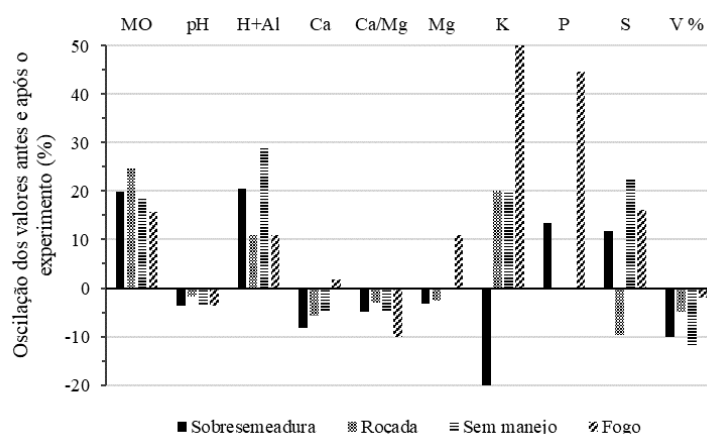
submetido a seis anos de tratamento com fogo e sem fogo. Não houve variações marcantes nas características físicas (densidade e retenção de água) do solo induzidas pelo fogo, exceto no aumento da umidade do solo nas parcelas não queimadas. Nas parcelas onde se aplicou o fogo, observou-se apenas uma tendência para o aumento da microporosidade, que pode ser atribuída à compactação promovida pelo impacto das gotas de chuva (efeito *splash*) no solo.

Especula-se que o aumento na resistência à penetração do solo, observados nos tratamentos roçada e fogo, devem ser amplificados com o tempo, reduzindo a capacidade de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas no longo prazo. O problema da compactação é bastante habitual em solos destinados a produção agropecuária, sendo considerada uma questão chave no manejo de pastagens cultivadas, uma vez que provoca redução na sua produtividade (Correa et al., 2019).

Efeito do manejo nas propriedades químicas do solo

Foram visualizadas diferenças variadas nas características químicas do solo entre a amostragem antes e após a aplicação dos manejos, ou seja, após um período de cinco meses (Figura 1).

Figura 1. Diferença percentual entre a amostragem antes e após a aplicação dos tratamentos nos atributos da fertilidade do solo: matéria orgânica (MO), pH, H+Al, cálcio (Ca), relação cálcio/magnésio (Ca/Mg), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), enxofre* (S) e saturação por base (V%).



*Enxofre S - SO₄ - forma de sulfato na análise de solo.

Entre as diferenças nos atributos químicos do solo observadas, destacam-se a matéria orgânica (MO), pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio e a saturação por bases.

O teor de matéria orgânica teve um incremento de quase 25% entre a primeira e a segunda amostragem com a roçada, enquanto o incremento dos demais tratamentos oscilou entre 15 e 20%. O aumento nos teores de matéria orgânica do solo entre as avaliações já era esperado pelo fato da primeira determinação ter sido realizada no primeiro dia da primavera, após o período de inverno, período em que há pouco crescimento vegetal em comparação ao período que sucede a primavera/verão, quando foi realizada a segunda determinação no final do verão e início do outono.

O fogo foi o tratamento com menor incremento na MO do solo, confirmando resultados de trabalhos anteriores com uso de fogo em áreas de campo nativo comparando-o com outras estratégias de manejo. Entretanto, é importante ressaltar que o efeito do fogo na MO do solo depende da intensidade do fogo, do tipo de vegetação e da textura do solo (Knicker, 2007).

De acordo com Carter e Foster (2004), estudos demonstram que a queima da vegetação sobre o solo tem mostrado efeitos benéficos para os ecossistemas em razão da forma de combustão do material orgânico, resultando na mineralização de

nutrientes para o solo que serão rapidamente absorvidos pelas plantas. A prática de queima dos campos induz a mineralização da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes na superfície do solo a curto prazo (Coutinho, 1992), enquanto a longo prazo esse efeito é contrário (Boldo et al., 2006), devido às perdas dos nutrientes por erosão hídrica (Bertol et al., 2011) e volatilização de carbono e nitrogênio (Caldwell et al., 2002). Além disso, a queimada apresenta potencial poluidor da atmosfera pela emissão de gases, podendo interferir no tráfego aéreo, ocasionar poluição do ar em diversas cidades e problemas de saúde.

Além da matéria orgânica, o pH do solo também oscilou entre as avaliações e tratamentos. Todos os tratamentos resultaram em redução nos valores de pH, sendo que a diminuição do pH da roçada (-1,8%) foi praticamente a metade da redução observada nos demais tratamentos (-3,6%).

Para Bautista Cruz et al. (2004), o pH é um importante indicador ligado à acidez do solo e disponibilidade de nutrientes às plantas, pois influencia diretamente na atividade microbiana do solo e no crescimento vegetal. Assim como a diferença entre as avaliações para a matéria orgânica, a diferença de pH também era esperada pelo fator estacional da produção de biomassa vegetal. Vários autores relatam mudanças no pH do solo com a queimada (Fachin et al., 2021; Silva Neto et al., 2019; Tarrant, 1954).

Outro indicador de qualidade do solo importante é o H+Al, que apresentou maior diferença entre as avaliações no tratamento sem manejo, com quase 30% de aumento entre as avaliações. Roçada e queimado foram os tratamentos que apresentaram os menores incrementos de H+Al, cujos valores foram aproximadamente 18% inferiores a ausência de manejo. O aumento nos teores de alumínio do solo pode estar relacionado com a diminuição no pH do solo, tendência observada em todos os tratamentos.

De maneira geral, a queima da vegetação morta enriquece o solo da camada superficial na maioria dos nutrientes, por catalisar o processo da mineralização (Rheinheimer et al., 2003). Por este motivo o fogo foi o único tratamento que resultou em incremento de 1,8% na disponibilidade de cálcio e de 11% de incremento de magnésio entre as avaliações, enquanto todos os outros tratamentos apresentaram diminuição desse mineral com destaque para a sobressemeadura.

Em estudo realizado por Dick et al. (2008), os teores de Ca trocável apresentaram a mesma tendência, embora diferenças estatísticas não tenham sido observadas, em razão do alto coeficiente de variação apresentado para este nutriente. Os teores de Ca, Mg e K trocáveis, nos solos sob pastagem no presente estudo, também estão em concordância com os dados obtidos por Rheinheimer et al. (2003), ao avaliar os atributos químicos de um Cambissolo Húmico Alumínico após queima de pastagem nativa.

Os resultados das oscilações de cálcio e magnésio acima justificam o comportamento da relação cálcio/magnésio, cujas maiores reduções foram registradas no tratamento com fogo (-10%). Em todos os tratamentos houve redução na relação cálcio/magnésio entre as avaliações, com menor variação no tratamento roçada (-3%).

A concentração de potássio (K) diminuiu em 20% no tratamento sobressemeadura, o único tratamento com esse comportamento, nos demais houve aumento na concentração do nutriente, com destaque para o fogo com aumento de 50% entre as avaliações. Tanto roçada quanto ausência de manejo apresentaram incremento de 20% na concentração de potássio, menos da metade do incremento registrado para o fogo.

O estudo realizado por Heringer et al. (2002) apresentando resultados semelhantes, sendo o acúmulo de nutrientes proporcional na área queimada em relação aos demais tratamentos sem queima, equivalendo a 24% do K, e 20% do P. Esses resultados vão ao encontro dos relatados por Fernández et al. (1997), que reportaram para um ecossistema de savana, logo após a queima, aumento do pH e dos teores de K, Ca, Mg, e P nas camadas superficiais do solo, sendo esses incrementos atribuídos às cinzas, o que pode acelerar a produção primária.

Para Dick et al. (2008), na área de pastagens queimadas os resultados obtidos foram diferentes pois os teores de K

trocável foram elevados no solo da pastagem nativa, até a profundidade de 40 cm, enquanto no solo de pastagem queimada, os teores foram baixos e muito baixos, e estiveram acima do nível de suficiência somente na camada superficial. Provavelmente, este fato esteja condicionado às perdas de K nas cinzas resultantes do escoamento superficial da água no solo (Certini, 2005).

Com relação ao fósforo este elemento apresentou aumento na concentração nos tratamentos sobressemeadura e queimada com 13 e 45%, respectivamente. A roçada e ausência de manejo não resultaram em diferença na concentração de fósforo entre as leituras.

A concentração de enxofre só diminuiu na roçada (-10%), enquanto todos os outros tratamentos apresentaram aumentos entre 12 e 22%, sendo o maior valor observado na ausência de manejo.

4. Conclusão

A resistência do solo à penetração é influenciada pelo manejo do solo entre 0-5 e 5-10 cm de profundidade. Enquanto os menores valores foram obtidos com a sobressemeadura de adubos verdes e sem manejo, os maiores foram registrados no manejo com fogo e roçada.

O manejo do campo nativo influenciou as características químicas do solo, com oscilação dos tratamentos nas diferentes variáveis avaliadas.

Sugere-se que trabalhos futuros repitam temporalmente os tratamentos, para verificar o comportamento das variáveis a longo prazo.

Agradecimentos

Ao Centro de Educação Profissional Professor Jaldyr Bhering Faustino da Silva, a Universidade Federal da Fronteira Sul e a Diogo José Siqueira.

Referências

- Bautista Cruz, A. et al. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13 (2), 90–97.
- Bécel, C.; Vercambre, G.; Pagès, L. (2012). Soil penetration resistance, a suitable soil property to account for variations in root elongation and branching. *Plant and Soil*, 353 (1–2), 169–180.
- Bertol, I. et al. (2011). Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35 (4), 1421–1430.
- Boldo, E. L. et al. (2006). O uso do fogo como prática agropastoril na microrregião homogênea dos campos de cima da serra: análise da situação atual e busca de um modelo sustentável. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 1 (1), 875–878.
- Caldwell, T. G. et al. (2002). Forest Floor Carbon and Nitrogen Losses Due to Prescription Fire. *Soil Science Society of America Journal*, 66 (1), 262–267.
- Campos, B. C. et al. (1995). Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19, 121–126.
- Carter, M. C.; Darwin Foster, C. (2004). Prescribed burning and productivity in southern pine forests: a review. *Forest Ecology and Management*, 191 (1–3), 93–109.
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143 (1), 1–10.
- Córdova, U. A. et al. (2012). Validação da tecnologia de melhoramento de pastagens naturais no Planalto Sul de Santa Catarina. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 11 (1), 54–62.
- Correa, J. et al. (2019). Soil compaction and the architectural plasticity of root systems. *Journal of Experimental Botany*, 70 (21), 6019–6034.
- Coutinho, L. M. (1992). Cerrado e a ecologia do fogo. *Ciência Hoje*, 130–137.
- Dick, D. P. et al. (2008). Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (5), 633–640.
- Embrapa. (2004). Solos do estado de Santa Catarina. In: *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 721 p.

- Epagri. (2022). *Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri.
- Fachin, P. A.; Costa, Y. T.; Thomaz, E. L. (2021). Evolution of the soil chemical properties in slash-and-burn agriculture along several years of fallow. *Science of The Total Environment*, 764, e142823.
- Fernández, I.; Cabaneiro, A.; Carballas, T. (1997). Organic matter changes immediately after a wildfire in an atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (1), 1–11.
- Heringer, I. et al. (2002). Características de um latossolo vermelho sob pastagem natural sujeita à ação prolongada do fogo e de práticas alternativas de manejo. *Ciência Rural*, 32 (2), 309–314.
- Knicker, H. (2007). How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry*, 85 (1), 91–118.
- Merotto Jr., A.; Mundstock, C. M. (1999). Crescimento de raízes de trigo afetado pela resistência mecânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23 (2), 197–202.
- Modolo, A. J. et al. (2011). Efeito da compactação do solo sobre a semente no desenvolvimento da cultura do feijão. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33 (1), 89–95.
- Monegat, C. *Plantas de cobertura de solo: características e manejo em pequenas propriedades*. Chapecó: Edição do autor, 1991. 336 p.
- Overbeck, G. et al. (2007). Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9 (2), 101–116.
- Pandolfo, C. et al. (2002). *Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.
- Pillar, V. P. (2009). *Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Brasil. 403 p.
- Pillar, V. P.; Vélez, E. (2010). Extinção dos Campos Sulinos em Unidades de Conservação: um Fenômeno Natural ou um Problema ético? *Natureza & Conservação*, 8 (1), 84–86.
- Rheinheimer, D. S. et al. (2003). Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. *Ciência Rural*, 33 (1), 49–55.
- Schaefer, C. E. R. et al. (2002). Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (5), 669–678.
- Silva Neto, E. C. et al. (2019). Temporal evaluation of soil chemical attributes after slash-and-burn agriculture in the Western Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 41 (1), e42609.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (2004). *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 400 p.
- Spera, S. T. et al. (2007). Efeito de sistemas de manejo em atributos físicos do solo. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 13 (1–2), 61–68.
- Stolf, R. (1991). Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15 (2), 229–235.
- Storck, L. et al. (2011). *Experimentação vegetal*. 3rd. ed. Santa Maria: Editora UFSM. 200 p.
- Tarrant, R. F. (1954). Effect of Slash Burning on Soil pH. *PNW Old Series Research Notes*, 102, 1–5.