

Potencial da fertilização nitrogenada em pastagem natural diferida em mitigar o vazio forrageiro outonal

Potential of nitrogen fertilization in deferred natural grassland to mitigate autumnal forage deficit

Franco de Almeida Ollé¹, Otoniel Geter Lauz Ferreira², Carlos Eduardo da Silva Pedroso³, Pâmela Peres Farias⁴, Gabriela Maia de Azevedo⁵, Ricardo Zambarda Vaz⁶

RESUMO: Avaliou-se por três anos a produtividade e valor nutricional de uma pastagem natural diferida e fertilizada no verão visando mitigar o vazio forrageiro de outono. Os tratamentos constaram de níveis crescentes de nitrogênio (N) na forma de sulfato de amônio (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 kg ha⁻¹ de N), dispostos em blocos completos ao acaso, com quatro repetições. O corte realizado no outono avaliou a massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), teor de matéria seca (MS) e teor de proteína bruta (PB). Os dados foram analisados através de ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey e regressão polinomial ($P \leq 0,05$). A fertilização nitrogenada proporcionou acréscimos de até 65% na MFS (1474,5 para 2454,9 kg ha⁻¹ com aplicação de 77,4 kg ha⁻¹ de N) e 100% na PB (66,18 para 132,08 g kg⁻¹ com aplicação de 140 kg ha⁻¹ de N) em anos com adequada disponibilidade hídrica. Houve aumento na TAF (+0,376 kg ha⁻¹ dia⁻¹ por kg ha⁻¹ de N aplicado) e diminuição nos teores de MS (-1,218 g kg⁻¹ por kg ha⁻¹ de N aplicado) com o acréscimo dos níveis de N e da disponibilidade hídrica. A fertilização nitrogenada em pastagens naturais diferidas no verão possibilita mitigar o vazio forrageiro outonal através do incremento da sua produtividade e valor nutricional, sendo que em anos com restrições hídricas são necessários níveis mais altos de N para a otimização da resposta.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada; Bioma Pampa; Déficit hídrico; Pastagem nativa; Sulfato de amônio.

ABSTRACT: The productivity and nutritional value of a natural grassland deferred and fertilized in the summer were evaluated for three years in order to mitigate the autumn forage deficit. The treatments consisted of increasing levels of nitrogen (N) in the form of ammonium sulfate (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 kg ha⁻¹ of N), arranged in completely randomized blocks, with four replications. The autumn cut assessed dry forage mass (DFM), forage accumulation rate (FAR), dry matter content (DM) and crude protein content (CP). The data were analyzed through ANOVA, Tukey's mean comparison test and polynomial regression ($P \leq 0,05$). Nitrogen fertilization led to increases of up to 65% in DFM (1474,5 to 2454,9 kg ha⁻¹ with application of 77,35 kg ha⁻¹ of N) and 100% in CP (66,18 to 132,08 g kg⁻¹ with application of 140 kg ha⁻¹ of N) in years with adequate water availability. There was an increase in FAR (+0,376 kg ha⁻¹ day⁻¹ per kg ha⁻¹ of N applied) and a decrease in DM (-1,218 g kg⁻¹ per kg ha⁻¹ of N applied) content with the addition of N levels and water availability. Nitrogen fertilization in deferred natural grasslands in summer allows mitigating the autumn forage gap by increasing its productivity and nutritional value, with higher N levels needed for optimization of the response in water-restricted years.

Keywords: Ammonium sulfate; Native grassland; Nitrogen fertilizer; Pampe biome; Water deficit.

Autor correspondente: Franco de Almeida Ollé
E-mail: francoolle@hotmail.com

Recebido em: 2024-01-03

Aceito em: 2024-06-21

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Campus Capão do Leão (RS), Brasil.

² Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Docente no Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) - UFPEL, Campus Capão do Leão (RS), Brasil.

³ Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Docente no Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) - UFPEL, Campus Capão do Leão (RS), Brasil.

⁴ Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) - UFPEL, Campus Capão do Leão (RS), Brasil.

⁵ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Campus Capão do Leão (RS), Brasil.

⁶ Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Docente no Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Palmeira das Missões (RS), Brasil.

INTRODUÇÃO

O ecossistema Campos, sul da América do Sul, integra uma ampla região ecológica, possuindo uma vasta biodiversidade vegetal e animal que o tornam único no mundo (Jaurena *et al.*, 2021). São usados principalmente para a produção pecuária extensiva, sustentada por pastagens naturais temperadas e subtropicais espacialmente heterogêneas (4.864 espécies de plantas; Andrade *et al.*, 2018). A produtividade primária e o valor nutricional dessas pastagens concentram-se na primavera e verão, atingindo valores mínimos no período de outono e inverno (Moreira *et al.*, 2019).

No outono e inverno na região de Campos, a acentuada escassez de forragem está associada tanto às condições climáticas quanto ao ciclo de crescimento das espécies forrageiras, em sua maioria C4 (Cruz *et al.*, 2019). É o chamado vazio forrageiro outonal, quando as pastagens de verão começam a envelhecer e as de inverno ainda estão sendo implantadas, situação que se torna particularmente agravada durante secas severas ou crises climáticas (IPCC, 2023). O desafio, portanto, é traçar estratégias de intensificação que minimizem o vazio outonal e, ainda, busquem a valorização desse recurso forrageiro.

A prática de manejo “diferimento” ou “vedação” de pastagens é uma opção de intensificação de baixo custo e fácil utilização para formar bancos de forragem *in situ*, também conhecidos como “reserva de forragem em pé” ou “feno em pé” (Fedrigo *et al.*, 2021). A fertilização pode melhorar ainda mais os benefícios do diferimento, reduzindo o tempo necessário para o acúmulo de forragem. Os fertilizantes nitrogenados, em particular, fazem com que as plantas acelerem o ritmo de crescimento e a expansão de tecidos foliares, uma vez que desempenham papel importante nos diversos processos fisiológicos (Kunrath *et al.*, 2018). O significado econômico dessas ações é demonstrado pelo aumento da produtividade e valor nutricional do pasto, elevando a capacidade de suporte e, consequentemente, o rendimento de produto animal (Vilela; Martha Junior; Sousa, 2020).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da fertilização nitrogenada em pastagem natural diferida no verão, visando mitigar o vazio forrageiro outonal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado ao longo de três anos em área de campo natural do Bioma Pampa no Centro Agropecuário da Palma, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão - Rio Grande do Sul (RS), km 535 da BR 116. A área situa-se na região fisiográfica Litoral Sul, coordenadas latitude 31°52'00" Sul, longitude 52°21'24" Oeste e altitude de 7 metros acima do nível do mar.

O solo é atribuído à unidade de mapeamento Pelotas, classificado como PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO, Eutrófico solódico (Embrapa, 1999). Esta unidade de mapeamento compreende relevos planos, com solos de textura argilosa e medianamente profundos. A principal limitação destes solos diz respeito a má drenagem, consequência de um horizonte B impermeável e pouco poroso. A análise química do solo anterior ao início do experimento é apresentada na Tabela 1, realizada conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.*, 1995.

Tabela 1. Características químicas do solo antes do início do experimento e respectivas interpretações segundo a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2016)

Argila (%)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH _{água}	CTC ^{pH 7,0} (cmol _c dm ⁻³)	Ca + Mg (cmol _c dm ⁻³)	Al (cmol _c dm ⁻³)	V%*
≤20	2,7	36	2,9	4,3	5,9	2,9	0,9	51
Classe 4	Muito baixo	Médio	Médio		Baixa	Médio		

*Saturação por bases: $V\% = (Ca + Mg + K / CTC_{pH\ 7,0}) \times 100$

O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cfa, cujas letras apresentam o seguinte significado: C = climas temperados quentes, em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a -3°C; f = em nenhum mês a precipitação é inferior a 60mm; a = a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C (Mota, 1953). Os dados meteorológicos referentes ao período experimental são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica total e temperaturas médias referentes ao período experimental

Mês	Precipitação (mm)		Temperatura (°C)	
	Normal	Ocorrida	Normal	Ocorrida
<u>Ano 1</u>				
Janeiro	120,0	173,3	22,3	24,0
Fevereiro	100,0	141,6	22,5	22,8
Março	113,0	34,0	21,5	22,4
Abril	75,0	84,6	18,1	20,4
Maio	77,0	206,6	17,6	15,7
<u>Ano 2</u>				
Janeiro	120,0	64,4	22,3	22,3
Fevereiro	100,0	251,6	22,5	22,5
Março	113,0	74,1	21,5	21,6
Abril	75,0	49,8	18,1	18,1
Maio	77,0	101,6	17,6	17,7
<u>Ano 3</u>				
Janeiro	120,0	75,4	22,3	23,6
Fevereiro	100,0	169,4	22,5	22,5
Março	113,0	126,0	21,5	21,2
Abril	75,0	106,8	18,1	18,3

Fonte: Estação Agroclimatológica da EMBRAPA/UFPeL.

Quanto a vegetação, nos campos litorâneos há presença marcante de espécies prostradas, estoloníferas ou rizomatosas, cobrindo bem o solo. As gramíneas habitam solos medianamente drenados e as ciperáceas, solos mal drenados, caracterizando estes campos. Comparado com outras regiões do Estado, as espécies compostas apresentam baixa riqueza específica (Boldrini, 2009). Assim, na área experimental identificaram-se (método do ponto; Levy; Madden, 1933) alta frequência de forrageiras pertencentes aos gêneros *Paspalum*, *Axonopus*, *Bothriochloa*, *Andropogon*, *Eragrostis*, *Ischaemum*, *Panicum*, *Piptochaetium*,

Aristida, *Stipa*, *Briza* e, minoritariamente, *Desmodium*, *Medicago*, *Adesmia* e *Vicia*, porém, sem a identificação das espécies. Ainda, com frequência escassa, outras famílias botânicas entre elas *Asteraceae*, *Plantaginaceae*, *Solanaceae*, *Apiaceae*, *Verbenaceae* e *Cyperaceae*.

Nas primaveras anteriores ao início do experimento a área foi fertilizada com 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), ao longo da primavera e do verão foi cortada para colheita de forragem. Nos três anos experimentais, no início do mês de fevereiro (12/02), realizou-se o corte de uniformização e início do diferimento, ocorrendo a aplicação dos tratamentos cinco dias após o corte. Os tratamentos constaram de oito níveis de fertilização nitrogenada (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 kg ha⁻¹ de N) sob a forma de sulfato de amônio (21% N e 24% S), aplicados em cobertura. Os mesmos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas medindo 28 m² (4 x 7 m) e área útil de 10 m².

A amplitude de níveis teve como valor central o recomendado (por aplicação) para gramíneas tropicais, que é de aproximadamente 65 kg ha⁻¹ (Monteiro, 2013). Os níveis oscilaram a cada 20 kg ha⁻¹ e tiveram limites entre 0 e 140 kg ha⁻¹. Neste intervalo situa-se a recomendação de 100 kg ha⁻¹ por aplicação para campos naturais mistos (Nabinger et al., 2009). O limite superior aos 100 kg ha⁻¹ por aplicação estipulados no presente estudo justifica-se, pois trata-se de campo composto por espécies de melhor valor forrageiro em comparação a campos mistos, o que poderá resultar em conversões de nitrogênio em produção de forragem ainda mais efetivas. Apesar do elevado potencial produtivo, espécies naturais podem apresentar respostas efetivas em doses inferiores as verificadas para gramíneas tropicais melhoradas geneticamente para altas produtividades. Deste modo, o escalonamento a cada 20 kg ha⁻¹ de N ocorre para que seja gerada uma linha de tendência de elevada sensibilidade de resposta de produção de forragem ao nitrogênio e, por consequência, gerar alta precisão na utilização deste insumo.

A colheita da forragem diferida foi realizada em 15/05 (ano 1), 18/05 (ano 2) e 11/04 (ano 3). Considerando a prática do diferimento, que visa o máximo acúmulo de forragem, os cortes foram realizados quando o dossel forrageiro de um dos tratamentos alcançou altura média de 25-30 cm, deixando-se resíduo de aproximadamente 3,0 cm do solo. Os cortes foram realizados em todas as parcelas simultaneamente, conforme Noro et al., 2003; Coelho *et al.*, 2015. No segundo ano experimental, as parcelas dos tratamentos 0, 20 e 40 kg ha⁻¹ de N foram perdidas, devido a entrada não intencional de herbívoros selvagens (*Hydrochoerus hydrochaeris*) na área.

Após o corte e pesagem da massa de forragem verde, uma amostra aleatória de aproximadamente 0,700 kg foi seca em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de $\pm 65^{\circ}\text{C}$, até peso constante, para determinação do teor de matéria seca (g kg⁻¹). A taxa de acúmulo foi calculada pela divisão entre o valor da massa de forragem seca no dia do corte e o número de dias de diferimento do ano 1 (92 dias), ano 2 (95 dias) e ano 3 (58 dias). A forragem seca foi moída em moinho tipo Willey com malha de 2,0 mm para avaliação do teor de proteína bruta, determinada indiretamente pelo teor de nitrogênio, conforme os métodos 984.13 e 2001.11 (Thiex *et al.*, 2002; AOAC, 2019).

Considerou-se como fatores de tratamento os três anos experimentais e os oito níveis de fertilização nitrogenada, anteriormente descritos. Após ser verificado o cumprimento dos pressupostos básicos da análise de variância (as amostras são aleatórias e independentes, as populações têm distribuição normal e as variâncias populacionais são iguais), os dados foram analisados individualmente através de ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey e regressão polinomial, conforme o caso ($P \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas com uso da versão “OnDemand for Academics” do pacote estatístico SAS®. O percentual de contribuição dos fatores de tratamento e suas interações para o modelo (Tabela 3) foi calculado com a seguinte fórmula: Contribuição (%) = (SQ do fator avaliado/SQ total) x 100 (Rushing; Lemus; Lyles, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos principais de ano e nível de N foram significativos para todas as variáveis (Tabela 3). Algumas interações entre esses efeitos foram observadas, no entanto, pequenas em magnitude em comparação com as influências do ano (condições ambientais) e do nível de N.

Tabela 3. F-values, significância e percentual de contribuição para o modelo dos fatores de tratamento e interações para massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), teor de matéria seca (MS) e teor de proteína bruta (PB) do corte de outono

Efeito	MFS			TAF			MS			PB		
	F-value	Pr > F	%	F-value	Pr > F	%	F-value	Pr > F	%	F-value	Pr > F	%
Ano	20,27	<0,0001	34,7	11,00	0,0001	17,2	34,56	<0,0001	39,4	145,90	<0,0001	44,5
Nível de N	8,27	<0,0001	49,6	10,63	<0,0001	58,2	6,83	<0,0001	27,2	50,69	<0,0001	54,1
Ano x Nível	1,93	0,0756	13,2	3,59	0,0022	22,5	4,39	<0,0001	27,5	0,76	0,6738	1,3

A massa de forragem seca (MFS) acumulada foi influenciada principalmente pelo nível de N (49,6%), seguido pelo fator ano (34,7%), sem interação significativa (Tabela 3). O ano 2 foi o que apresentou maior produtividade média (2888,2 kg ha⁻¹ de MFS), seguido pelo ano 1 (2347,9 kg ha⁻¹ de MFS) e ano 3 (1837,1 kg ha⁻¹ de MFS), todos diferentes entre si (teste de Tukey: P≤0,05). A análise de regressão para os níveis de N foi significativa nos anos 1 e 3, obtendo-se efeito quadrático (Figura 1).

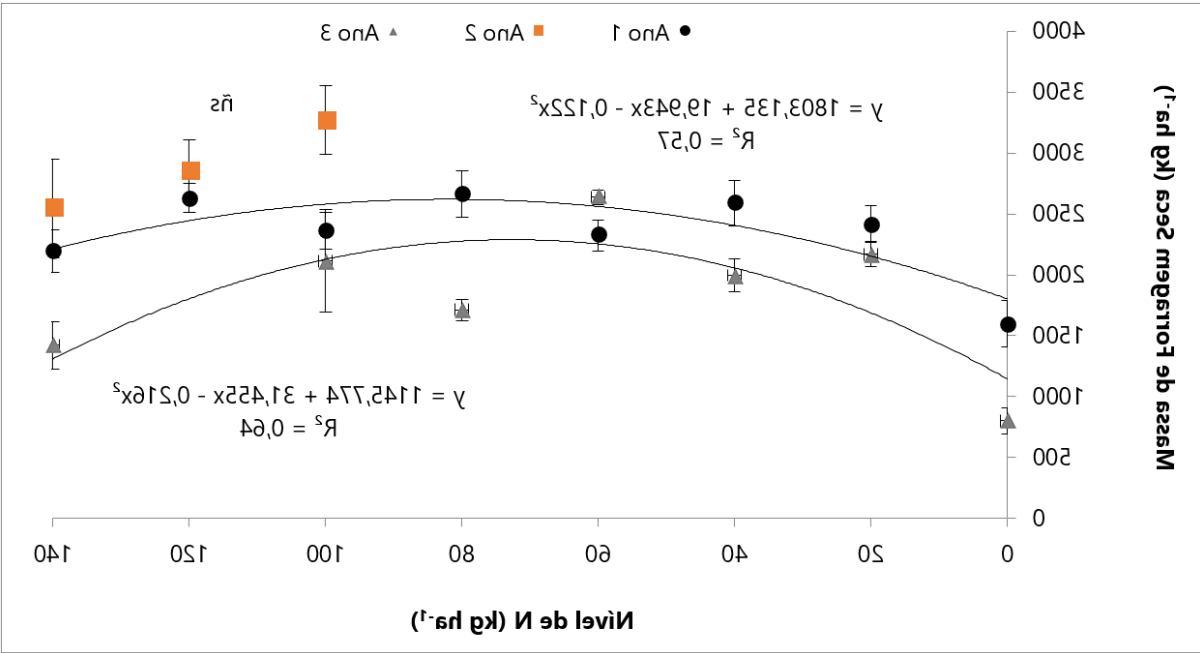


Figura 1. Massa de forragem seca (±EP) no corte de outono de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada

Os anos 1 e 3 apresentaram comportamento quadrático semelhante, atingindo a máxima produtividade 2620,8 e 2289,0 kg ha⁻¹ de MFS nos níveis 82,0 e 72,7 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. No ano 3, apesar da menor MFS, a adequada distribuição das chuvas e incidência de radiação solar, associadas a temperaturas moderadas (Tabela 2) ocasionaram maior aparecimento foliar e taxa de alongamento do

colmo, antecipando em 34 dias o momento do corte em relação ao ano 1. Tal efeito também pode ser verificado pela quantidade inferior de N que o ano 3 necessitou em relação ao ano 1 para atingir a máxima MFS, com eficiência de utilização do nitrogênio aplicado (EUAN; Alves *et al.*, 2022) de 15,7 e 10,0 kg ha⁻¹ de MFS por kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Conforme Cruz *et al.* (2019), cortes em condições climáticas desfavoráveis ou, ainda, fora da estação produtiva, tendem a apresentar limitações produtivas. No outono, a temperatura mais baixa e os dias mais curtos, que resultam em menor período de incidência solar, limita o crescimento de espécies estivais, principalmente gramíneas C4, as quais compõem a maior parte da biomassa produzida no campo natural. Ainda, segundo os autores, a produtividade primária destes campos pode apresentar valores mínimos. Notou-se, portanto, a influência do N no presente estudo que, com a adição de em média 77,4 kg ha⁻¹ de N, aumentou em 65,5% a MFS, passando de 1474,5 para 2454,9 kg ha⁻¹, comparado à não aplicação de N. Convém salientar que, à exceção do nível 0 kg ha⁻¹ de N, a MFS esteve acima dos 2000,0 kg ha⁻¹ (Figura 1), valor mínimo frequentemente citado na literatura para que a disponibilidade de forragem não ocasione diminuição no consumo por ruminantes (Van Soest, 1994; Gordon *et al.*, 2006).

Para a taxa de acúmulo de forragem (TAF) houve interação entre os anos e os níveis de N (Tabela 3), porém, assim como na MFS, o nível de N respondeu pela maior parte da variância observada (58,2%), sendo seguido pelo ano (17,2%). Os anos 1 e 2 não apresentaram diferença significativa entre si (teste de Tukey: $P > 0,05$), com TAF média de 25,25 e 26,74 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MFS, respectivamente. O ano 3 apresentou TAF de 31,67 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MFS, significativamente superior aos anos 1 e 2 (teste de Tukey: $P \leq 0,05$). O ajuste do modelo de regressão foi quadrático para os anos 1 e 3, com pontos de máximo acúmulo nos níveis de 81,8 e 72,7 kg ha⁻¹ de N, resultando em uma TAF de 28,16 e 39,47 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MFS, respectivamente (Figura 2).

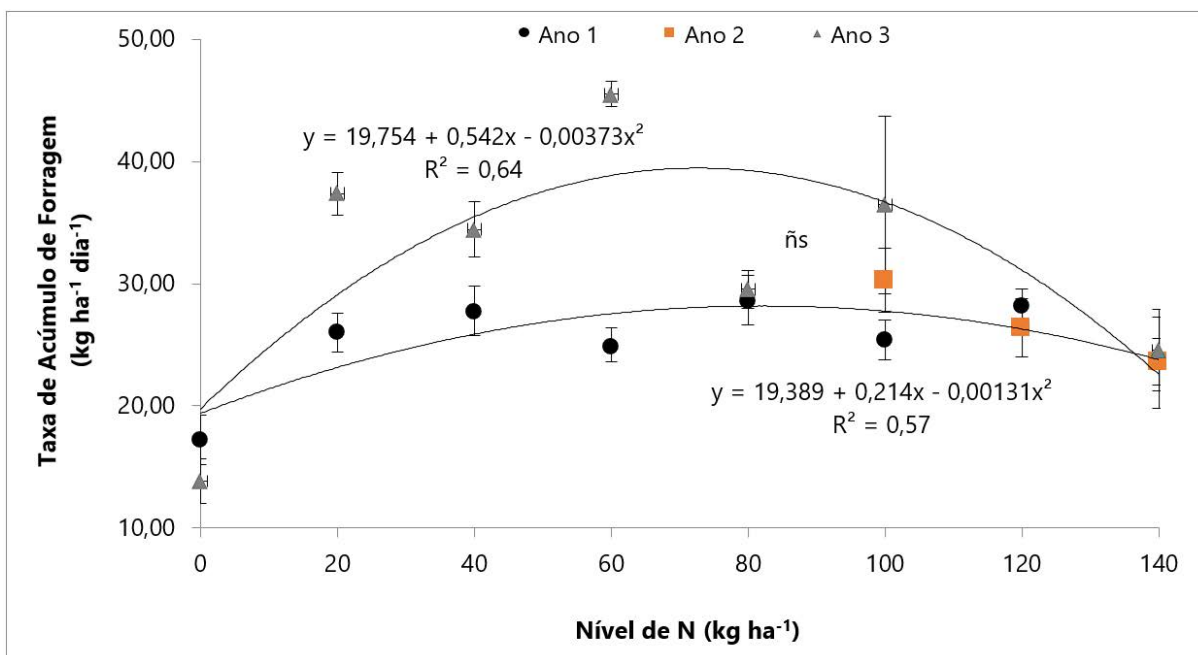


Figura 2. Taxa de acúmulo (\pm EP) no corte de outono de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada

Os resultados da TAF corroboram com o comportamento anteriormente descrito na MFS. A ocorrência de chuvas normais no ano 3 (Tabela 2) proporcionou maior TAF, com menor necessidade de N (72,7 kg ha⁻¹ de N) em relação ao ano 1 (81,8 kg ha⁻¹ de N) para atingir seus valores máximos (respectivos 39,47 e 28,16 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MFS). No ano 1, a estiagem ocorrida em março (Tabela 2), mês ainda

climaticamente favorável para o crescimento do campo natural, limitou o acúmulo de forragem e a eficiência da fertilização nitrogenada. De acordo com Jaurena et al. (2021), a produtividade primária do campo natural no outono-inverno é altamente dependente das precipitações durante o final do verão. Ainda, Agnusdei (1999) e Bandinelli et al. (2003) sugerem 8 e 9°C como temperatura base para o início do aparecimento de folhas em espécies C4 de pastagens naturais do ecossistema Campos. Sendo assim, quando as temperaturas médias se aproximam destes valores o crescimento, embora ainda exista, passa a diminuir. Nota-se, então, a importância de altas taxas de crescimento para o acúmulo de forragem disponível para os animais antes da chegada da época fria. Além das condições climáticas, é de conhecimento que o fósforo atua em sinergia com o N (Fedrigo et al., 2021), desse modo, no presente estudo, a adubação fosfatada realizada no início da primavera teve como objetivo garantir a melhor eficiência na utilização dos nutrientes.

O teor de matéria seca (MS) foi variável, resultado da interação significativa entre os anos experimentais e os níveis de N (Tabela 3). Contudo, o fator ano respondeu pela maior parte da variância observada (39,4%), seguido pelo nível de N (27,2%). Os anos 1 e 2 não apresentaram diferença significativa (teste de Tukey: $P > 0,05$), com teores médios de 340,90 e 324,42 g kg⁻¹ de MS, respectivamente. O ano 3, com adequado suprimento hídrico, apresentou teor médio de 293,18 g kg⁻¹ de MS, significativamente inferior aos anteriores (teste de Tukey: $P \leq 0,05$), tendo em vista as plantas serem mais jovens e apresentarem, naturalmente, menor teor de MS. Associa-se a isso o aumento da disponibilidade hídrica no solo que, conforme verificado por Lopes et al. (2011) e Magalhães et al. (2011) em *Brachiaria brizantha* e *B. decumbens*, pode influenciar o teor de MS da forragem.

A curva de crescimento dos anos 1 e 3 ajustou-se ao modelo de regressão quadrática, enquanto a do ano 2 ao modelo linear (Figura 3). Nos três anos experimentais, verificou-se redução do teor de MS conforme houve aumento nos níveis de N. Segundo Black (1963), se as condições ambientais estiverem adequadas para o crescimento da planta, ocorre a formação de células e protoplasma (responsáveis pela formação de tecidos para novas folhas) no conteúdo celular, ao invés de haver o espessamento da parede celular, reduzindo o teor de MS. Nesse sentido, Dupas et al. (2016) descreveram resultados mostrando que a concentração de componentes fibrosos pode diminuir quando há aumento de substâncias solúveis no conteúdo celular. Essa alteração no teor de MS pela aplicação de N representa um importante efeito sobre a composição química da forragem, resultando na maior digestibilidade (menos lignina) e valor nutricional (Taiz et al., 2017). Dietas com níveis inadequados de MS podem levar a distúrbios digestivos, como acidose ruminal. Sendo assim, é importante manter o equilíbrio adequado para promover um ambiente ruminal saudável, favorecendo a fermentação microbiana e a digestão da fibra.

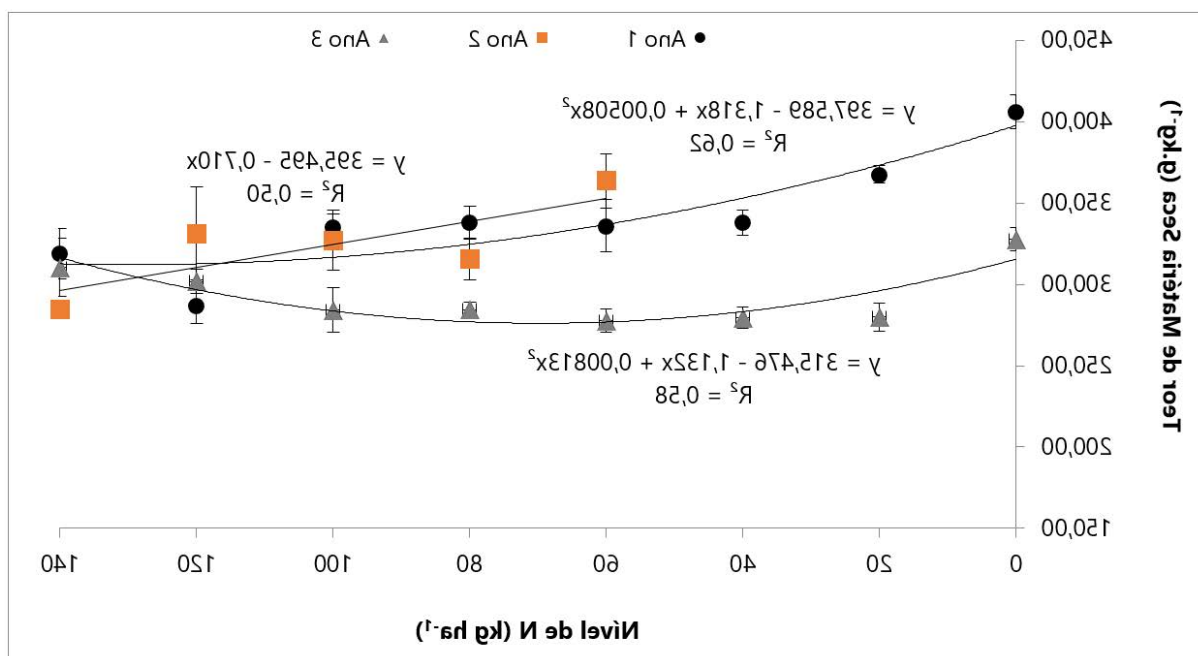


Figura 3. Teor de matéria seca (\pm EP) no corte de outono de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada

O teor de proteína bruta (PB) foi influenciado pelos efeitos dos níveis de fertilização nitrogenada (54,1%) e de ano (44,5%), não sendo significativa a interação entre estes (Tabela 3). Os anos 1 (99,86 g kg⁻¹ de PB) e 3 (98,39 g kg⁻¹ de PB) não diferiram entre si (teste de Tukey: $P > 0,05$) e foram superiores ao ano 2 (68,03 g kg⁻¹ de PB) (teste de Tukey: $P \leq 0,05$).

A menor PB no ano 2 foi decorrente da limitação hídrica que antecedeu o corte. Dentro deste contexto, a bibliografia cita que restrições da disponibilidade hídrica do solo podem causar diminuição da PB por limitarem a capacidade de absorção de N, bem como pelo aumento na proporção de material senescente (He; Dijkstra, 2014; Núñez *et al.*, 2022).

Em ambos anos experimentais houve aumento linear no teor de PB com o acréscimo de N (Figura 4). Sob adequada disponibilidade hídrica (anos 1 e 3), esta variável duplicou no maior nível de N testado (140 kg ha⁻¹), passando de 66,18 para 132,08 g kg⁻¹ de PB, um aumento de 100%. Os teores de PB da MFS mantiveram-se acima de 70 g kg⁻¹ de PB, mesmo no menor nível de N, valor estipulado por Van Soest (1994) como mínimo para a eficiente fermentação ruminal e consequente produção de ácidos graxos voláteis (AGVs), essenciais à síntese de proteínas microbianas e digestão da fibra. Em contrapartida, sob déficit hídrico (ano 2), esse valor somente seria alcançado a partir de 100 kg ha⁻¹ de N. Dietas com menos de 70 g kg⁻¹ de PB comprometem a digestibilidade da forragem e a eficiência no uso de nutrientes, resultando em menor consumo voluntário e balanço negativo de N (Van Soest, 1994).

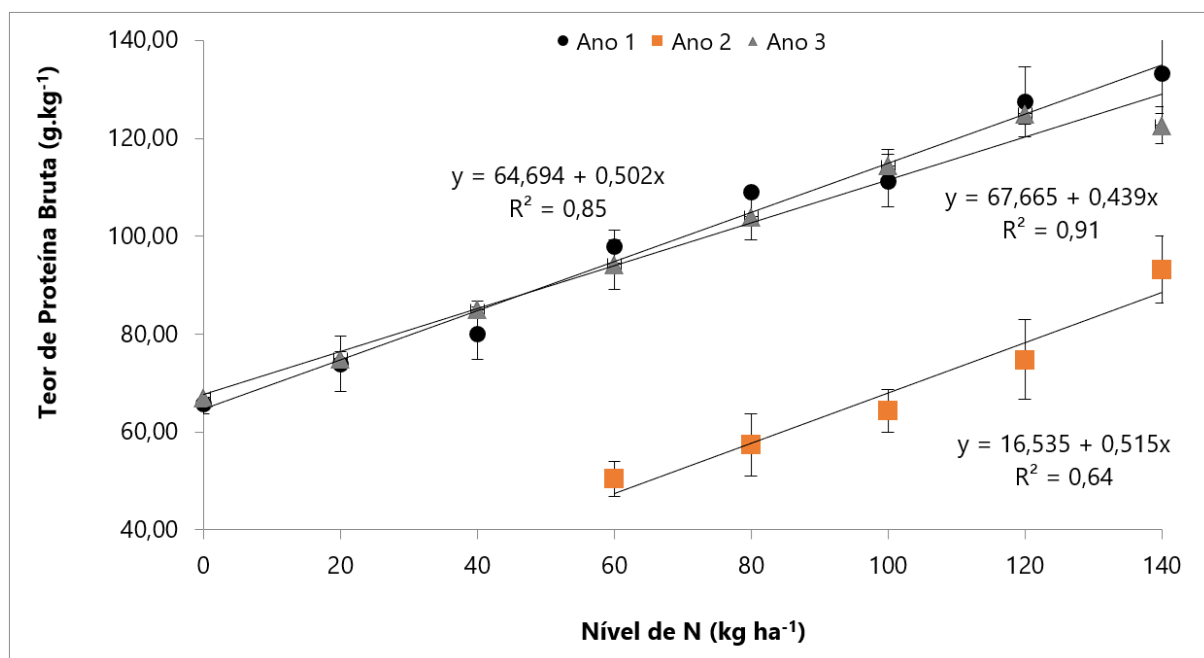


Figura 4. Teor de proteína bruta (\pm EP) no corte de outono de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada

4 CONCLUSÕES

A fertilização nitrogenada de pastagens naturais diferidas no verão contribui para mitigar o vazio forrageiro outonal através do incremento da sua produtividade e valor nutricional.

Em anos com restrições hídricas não limitantes para absorção de nutrientes, são necessários níveis mais altos de fertilização nitrogenada para a otimização da resposta à aplicação deste nutriente.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AGNUSDEI, M. **Analyse de la dynamique de la morphogenèse foliaire et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à un pâturage continu dans une communauté végétale de la Pampa Humide (Argentine)**. Thèse (Doctorat-Agronomie) - Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy. p.108, 1999.
- ALVES, J. P.; MENDES, S. S.; GALEANO, E. S. J.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; FERNANDES, T.; RETORE, M.; ORRICO, A. C. A.; LOPES, L. S. Yield, chemical composition, and efficiency of utilization of applied nitrogen from BRS Kurumi pastures. *Ciência Rural*, v. 53, p. e20210461, 2022. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210461>.
- ANDRADE, B. O.; MARCHESI, E.; BURKART, S.; SETUBAL, R. B.; LEZAMA, F.; PERELMAN, S.; SCHNEIDER, A. A.; TREVISAN, R.; OVERBECK, G. E.; BOLDRINI, I. I. Vascular plant species richness and distribution

in the Río de la Plata grasslands. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 188, p. 250-256, 2018. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boy063>.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**, v. 21, 2019.

BANDINELLI, D. G.; QUADROS, F. L. F. D.; GONÇALVES, E. N.; ROCHA, M. G. D. Variáveis morfológicas de *Andropogon lateralis* Nees submetido a níveis de nitrogênio nas quatro estações do ano. **Ciência Rural**, v. 33, p. 71-76, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000100011>.

BLACK, C. A. **Soil-plant relationships**. New York: John Wiley and Sons Inc. v. 2, p. 792, 1968.

BOLDRINI, I. I. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR V. D.; MÜLLER S. C., CASTILHOS Z. M. S.; JACQUES A. V. A. (eds). **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, p. 63-77, 2009.

COELHO, R. A. T.; FERREIRA, O. G. L.; SILVA, J. L. S.; COSTA, O. A. D.; FARIAS, P. P.; KRONING, A. B.; DE CONTO, L. Características produtivas de cultivares do gênero *Trifolium* no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Científica Rural**, v. 17, p. 17-28, 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS - RS/SC). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11 ed., Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, p. 376, 2016.

CRUZ, P.; LEZANA, L.; DURANTE, M.; JAURENA, M.; FIGARI, M.; BITTENCOURT, L.; THEAU, J. P.; MASSA, E.; VIEGAS, J.; QUADROS, F. L. F. Una clasificación funcional de 63 Poáceas comunes de los pastizales naturales de Sudamérica. **Ecología austral**, v. 29, n. 2, p. 239-248, 2019. <https://doi.org/10.25260/EA.19.29.2.0.727>.

DUPAS, E.; BUZZETTI, S.; RABÊLO, F. H. S.; SARTO, A. L.; CHENG, N. C.; GALINDO, F. S.; DINALLI, R. P.; NIRO GAZOLA, R. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 10, n. 9, p.1330-1338, 2016. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.09.p7854>.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA - SPI, p. 412, 1999.

FEDRIGO, J. K.; JAURENA, M.; PINTO, M. F.; DEVINCENZI, T.; CADENAZZI, M.; CARASSAI, I.; NABINGER, C. Spring deferment and NP fertilization in natural grasslands vulnerable to summer water deficit. **Agrociencia Uruguay**, v. 25, n. 2, 2021. <https://doi.org/10.31285/agro.25.354>.

GORDON, I. J.; PRACHE, S.; RIMPEL, K. M.; TORCHIO, M. Effects of Sward Structure and Herbage Allowance on Intake and Grazing Behaviour by Lactating Dairy Cows. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 61, n. 2, p. 152-160, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2006.00555.x>.

HE, M.; DIJKSTRA, F. A. Drought effect on plant nitrogen and phosphorus: a meta analysis. **New Phytologist**, v. 204, n. 4, p. 924-931, 2014. <https://doi.org/10.1111/nph.12952>.

IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>.

- JAURENA, M.; DURANTE, M.; DEVINCENZI, T.; SAVIAN, J. V.; BENDERSKY, D.; MOOJEN, F. G.; PEREIRA, M.; SOCA, P.; QUADROS, F. L. F.; PIZZIO, R.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F.; LATTANZI, F. A. Native grasslands at the core: A new paradigm of intensification for the Campos of Southern South America to increase economic and environmental sustainability. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, p. 11, 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.547834>.
- KUNRATH, T.; LEMAIRE, G.; SADRAS, V. O.; GASTAL, F. Water use efficiency in perennial forage species: Interactions between nitrogen nutrition and water deficit. **Field Crops Research**, v. 222, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.031>
- LEVY, E. B., MADDEN, E. A. The point method of pasture analysis. **New Zealand Journal of Agriculture**, v. 46, p. 179-267, 1933.
- LOPES, W. B.; CARVALHO, G. G. P.; PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; MACÊDO, T. M.; FRIES, D. D.; SALES, R. M. P. Dinâmica, produção e qualidade da *Brachiaria brizantha* submetida a regime hídrico e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal [online]**, v.12, n.1, p.43-58, 2011.
- MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SOUSA, R. S.; SILVA, F. F.; BONOMO, P.; VELOSO, C. M.; MAGALHÃES, D. M. A.; PEREIRA, J. M. Composição bromatológica e concentrações de nutrientes do capim braquiária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, 2011.
- MONTEIRO, F. A. Uso de corretivos agrícolas e fertilizantes. In: REIS, R. A.; BERNARDES T. F.; SIQUEIRA G. R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**, Jaboticabal, Ed. Funep, p. 398-424, 2013.
- MOREIRA, A.; BREMM, C.; FONTANA, D. C.; KUPLICH, T. M. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 24-32, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0173>.
- MOTA, F. S. Estudo do clima do Estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Koeppen. **Revista Agrônômica**, 8(193), p. 132-141, 1953.
- NABINGER, C.; FERREIRA, E. T.; FREITAS, A. K.; CARVALHO, P. C. F.; SANT'ANNA, D. M. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. (Ed.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília/DF, MMA, p.175-198, 2009.
- NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: Avaliação preliminar de cultivares. **Agrociencia Uruguay**, Montevideo, v.7, n.1, p. 35-40, 2003.
- NÚÑEZ, L.; HIRIGOYEN, A.; DURANTE, M.; ARROYO, J. M.; CAZZULI, F.; BREMM, C.; JAURENA, M. What Factors Control the Crude Protein Content Variation of a Basaltic "Campos" Native Grassland of South America?. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1756, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081756>.
- RUSHING, J. B.; LEMUS, R. W.; LYLES, J. C. Nitrogen Fertilization and Moderate Accumulation Intervals Can Maximize Stockpiled Warm-Season Forage Grasses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 3, p. 1039-1045, 2019. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0461>.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN H.; VOLKWEISS S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed., Boletim Técnico n. 5. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 174, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 888, 2017.

THIEX, N. J.; MANSON, H.; ANDERSON, S.; PERSSON, J. Å. Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oilseeds by using block digestion with a copper catalyst and steam distillation into boric acid: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 2, p. 309-317, 2002. <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.2.309>.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, New York, p. 476, 1994.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. **Revista Plantio Direto e Tecnologia Agrícola**, Edição Especial Centro-Oeste, p. 54-64, 2020.