

SUCESSÃO À SOJA OU ARROZ E DOSES DE NITROGÊNIO ALTERAM A PRODUÇÃO E ACÚMULO DE FORRAGEM DA AVEIA PRETA

Andressa Rodrigues Alderete¹, Luiza Vandrielli Goulart Unamuzaga², Lueli Bragança², Joana Correa Sturza¹, Rodrigo Holz Krolow³, Cleiton José Ramão⁴, Deise Dalazen Castagnara³

Introdução

A América do Sul destaca-se pelo seu potencial produtivo de alimentos e pela diversidade de condições edafoclimáticas e ecossistemas sob exploração agropecuária. Destes, destaca-se o Bioma Pampa, detentor de elevada biodiversidade vegetal e animal (Jaurena et al., 2021) e que por estar sob exploração agropecuária possui papel socioambiental relevante para sua região de inserção, o Sul da América do Sul.

Entretanto, nas áreas do Bioma submetidas ao cultivo do arroz irrigado, o ecossistema encontra-se vulnerável devido ao modelo de exploração, com elevado uso de insumos e irrigação por inundação. Isso tornou o Bioma Pampa um dos *hotspots* globais de mudanças no uso da terra (Baeza et al., 2022), ou seja, uma das regiões do mundo onde estão acontecendo as maiores mudanças em maior velocidade (Bardelle et al., 2025), ameaçando sua biodiversidade.

Entretanto, a supressão das atividades econômicas desenvolvidas neste ambiente não é a prioridade, devido à sua importância social, mas sim, alternativas sustentáveis de exploração agropecuária. Destas, destacam-se os Sistema Integrados de Produção Agropecuária (SIPAS), que integram a rotação de culturas, plantio direto e produção forrageira e animal, resultando em sistemas produtivos mais sustentáveis. A introdução do componente animal requer obrigatoriamente o cultivo de espécies forrageiras, das quais, o azevém é predominantemente o mais utilizado, havendo necessidade de estudos que contemplem outras forrageiras.

Estas viabilizam a alimentação animal e permitem a cobertura vegetal e diversificação de culturas (Batista et al., 2026), podendo ser usadas estrategicamente em vazios forrageiros (Souza et al., 2025) aportando ao sistema biomassa de forragem de elevado valor nutricional (Hahn et al., 2024). No entanto, a produção de biomassa vegetal de pastagens e seu valor forrageiro é dependente de nutrientes, dos quais destaca-se o nitrogênio (Zhuang et al., 2022).

Assim, objetivou-se mensurar a produção de matéria seca, e as taxas de acúmulo de forragem da aveia preta em sucessão à lavouras de arroz ou soja e sob doses de nitrogênio.

Material e métodos

Na Estação Experimental Agronômica, do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), Uruguiana – RS foram conduzidos ensaios experimentais em 2020 e 2021. A área experimental está sob as coordenadas latitude 29°45'33"N, longitude 57°05'37"E e altitude de 74 m. O clima segundo Köppen, é o Cfa 2 e o solo, Chernossolo Ebânico (Santos et al., 2025).

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. O fator da parcela principal consistiu na cultura antecessora (Soja ou Arroz) manejados sob sistema de plantio direto com irrigação por pivô central e colhidos 30 dias antes da semeadura da aveia branca. O fator da subparcela incluiu as doses de N (0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹), totalizando 32 parcelas. Cada parcela apresentava dimensões de 10,0 m × 4m.

Nas semeaduras realizadas em 23 de abril (2020) e 30 de abril (2021) adotou-se espaçamento entre linhas de 0,17 m, 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 05-30-15 (N: P₂O₅: K₂O), e 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (00-00-60), com e 80 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta cv. Taura.

¹ Discentes de Medicina Veterinária, UNIPAMPA. E-mail: andressaalderete.aluno@unipampa.edu.br

² Med. Vet. Pós Graduação em Ciência Animal, UNIPAMPA. E-mail: luizaunamuzaga.aluno@unipampa.edu.br

³ Docentes na Medicina Veterinária, UNIPAMPA. E-mail: deiseicastagnara@unipampa.edu.br

⁴ Pesquisador do Instituto Riograndense do Arroz, IRGA, Uruguiana. E-mail: cramao@gmail.com

O N foi aplicado em cobertura (ureia – 46% N), quando a cultura se encontrava no estágio vegetativo do terceiro trifólio (V_3). Imediatamente antes da semeadura das culturas procedeu-se a amostragem da palhada residual para determinação da produção de matéria seca de palhada (kg ha^{-1}). Nestas amostras, determinou-se os teores de carbono (C), pelo método descrito por Pribyl (2010) e nitrogênio (N) pelo método Kjeldal, estimando-se a relação C: N.

Para a determinação da produção de matéria seca (PMS) e taxas de acúmulo de forragem (TAF) foram realizadas três amostragens iniciadas quando a forragem atingiu a altura recomendada para o pastejo, de 25 cm (Quatrin et al., 2017). As amostragens ocorreram aos 60, 102 e 138 dias após a semeadura. Após cada amostragem, a forragem remanescente em cada parcela experimental foi cortada e removida, simulando a realização de pastejos.

As amostragens foram realizadas em triplicata em cada unidade experimental, onde a forragem foi coletada em uma área amostral de $0,75 \text{ m}^2$, com resíduos pós coleta de 10 cm em relação ao nível do solo. Então, foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 55°C . A massa seca obtida foi posteriormente corrigida para kg ha^{-1} . A relação entre as produções e o intervalo de crescimento forrageiro foi usada para determinação da TAF, expressa em kg de MS de forragem ao dia.

Aos dados obtidos aplicou-se ANAVA com teste F de Fisher (5%). Quando significativa, aplicou-se regressão linear e polinomial às doses de N. Na escolha das equações, considerou-se a que melhor explicasse o comportamento dos dados bem como a significância dos coeficientes (Teste T de Student ao nível de 5%) e o coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e discussão

A soja produziu menos resíduos culturais ($p < 0,01$) em 2020 (1743 kg ha^{-1}) e 2021 (1568 kg ha^{-1}) em contraste com o arroz nos mesmos anos ($2020\text{-}1821$ e $2021\text{-}1711 \text{ kg ha}^{-1}$). A concentração de nitrogênio (N) nas palhadas não variou entre os anos ($p > 0,05$), mas foi inferior na palhada de arroz (0,54%) em relação à soja (0,79%). No aporte nitrogenado pelas palhadas, houve efeito das culturas e dos anos avaliados ($p < 0,01$). Em 2020 e 2021 o arroz aportou 9,72 e 9,19 kg de N ha^{-1} , enquanto os aportes da soja foram de 13,78 e 12,37 kg de N ha^{-1} , respectivamente. Na relação carbono: nitrogênio (C:N) também houve significância dos anos e culturas ($p < 0,01$), onde os resíduos culturais do arroz continham relação C:N de 102 e 95 em 2020 e 2021, enquanto nos resíduos a soja os valores foram de 60 e 58, respectivamente.

Nas produções de matéria seca (PMS) e taxas de acúmulo de forragem (TAF) houve efeito das doses e das culturas antecessoras ($p < 0,01$). Na aveia preta crescendo após arroz ou soja em 2020 e 2021 houve resposta linear positiva da PMS e TAF às doses de N (Figura 1). Em 2020, para cada kg de N aplicado a aveia preta aumentou a PMS e TAF em 21,09 e 0,17 kg ha^{-1} quando semeada após o arroz, e 12,28 e 0,10 kg ha^{-1} , respectivamente. Os incrementos mais expressivos de PMS e TAF da aveia preta semeada após o arroz fizeram com o as PMS e TAF fossem superiores no arroz após a dose de N de 100 kg ha^{-1} (Figura 1).

Em 2021, em todas as doses e N aplicadas a PMS e TAF da aveia preta semeada após a soja foram superiores à aveia preta semeada após arroz ($p < 0,01$). As respostas à cada kg de N aplicado foram semelhantes na aveia preta semeada após o arroz ou soja, com aumentos na PMS de 16,53 e 15,28 kg ha^{-1} e na TAF de 0,13 e 0,12 kg ha^{-1} , respectivamente (Figura 1).

Na ausência da aplicação do N em cobertura, a PMS da aveia preta semeada após a soja (3314 kg ha^{-1}) foi 24% superior ao semeado após o arroz (2674 kg ha^{-1}) em 2020, enquanto em 2021, a semeadura da aveia preta após a soja permitiu PMS (3629 kg ha^{-1}) 20% superior à semeadura após arroz (3014 kg ha^{-1}). Os mesmos percentuais de aumento foram observados nas TAF (Figura 1).

Os aumentos na PMS a cada $50 \text{ kg de N ha}^{-1}$ aplicados aumentaram até a dose de N de 100 kg ha^{-1} com posterior redução (Figura 1). Em 2020, a aplicação de N em apenas 50 kg ha^{-1} aumentou as PMS em 30 e 21% na aveia preta após arroz e soja, respectivamente, em comparação à ausência e aplicação de N. No mesmo ano, ao aumentar a dose de N de 50 para

100 kg ha⁻¹, os aumentos na PMS foram de 40 e 15%, e a aplicação de N de 150 kg ha⁻¹ aumentou a PMS em apenas 18 e 13% na aveia preta após arroz e soja, respectivamente. Em 2021, respostas semelhantes foram observadas, com os maiores percentuais de aumento até a dose de N de 100 kg ha⁻¹. No primeiro intervalo de N avaliado (0-50 kg ha⁻¹) os percentuais de aumento foram de 24 e 15 na aveia preta após arroz e soja. O aumento da dose de N de 50 para 100 kg ha⁻¹ elevou a PMS da aveia preta em 25% (após arroz) e 23% (após soja), enquanto o acréscimo de N em mais 50 kg ha⁻¹ (dose de N de 150 kg ha⁻¹) proporcionou aumentos na PMS da aveia preta de apenas 16% (após arroz) e 14% (após soja) (Figura 1).

O maior aporte de resíduos culturais na superfície do solo (kg ha⁻¹) pela lavoura de arroz em 2020 (1821) e 2021 (1711) deve-se às diferenças biológicas das culturas. Por se tratar de uma leguminosa, a soja possui maior concentração de N nos seus tecidos, o que usa energia para utilização do N e reduz a energia destinada ao acúmulo de matéria seca (MS). Porém, mesmo com menor produção de resíduos culturais em 2020 (1743) e 2021 (1568) a soja aportou mais N devido à maior concentração de N na sua palhada (0,79%).

Os maiores aportes de N (kg N ha⁻¹) pela soja em 2020 (13,78) e 2021 (12,37) associados com a maior relação C:N (60 e 58:1 em 2020 e 2021, respectivamente) contribuíram para maiores produções de MS (PMS) e taxas de acúmulo de forragem (TAF). A biologia do microecossistema proporcionado pelo cultivo da soja permitiu PMS 24% (2020) e 20% (2021) superiores ao cultivo do arroz na ausência de adubação nitrogenada em cobertura. Esses aumentos podem ser justificados pela maior disponibilização do N nas condições ambientais da aveia preta semeada após a lavoura de soja.

Além da menor relação C:N, por meio da fixação biológica do N, a cultura da soja modifica a dinâmica do N no solo, aumentando sua disponibilidade para as plantas (Kumar e Sindhu, 2026). Essa disponibilidade é resultado da mineralização do N, processo pelo qual as moléculas orgânicas contidas nos resíduos culturais e matéria orgânica do solo (MOS) são degradada pelas enzimas proteolíticas secretadas pelos microrganismos do solo. Como resultado da proteólise o N é liberado na forma de peptídeos, aminoácidos e outras formas assimiláveis por microrganismos e plantas (Kasmerchak et al., 2025). Quando há aporte adequado de N no solo, os microrganismos no solo não absorvem todo o N liberado, viabilizando a absorção pelas plantas. No entanto, quando o N é utilizado pelos microrganismos, ocorre o processo de imobilização, no qual o N e também o C mineralizados são usados para criar suas proteínas e outras moléculas orgânicas dentro das células dos microrganismos, e não poderão ser utilizados pelas plantas (Wang et al., 2024).

A relação C:N obtida nos resíduos da soja, embora acima da faixa ótima recomendada para a mineralização líquida do N, que é de 25:1 a 30:1 (Grzyb et al., 2020) foi suficiente para contribuir com as maiores PMS e TAF na ausência e dose de 50 kg N ha⁻¹ em cobertura em 2020, e em todas as doses estudadas em 2021 (Figura 1). Nas condições deste estudo, a adubação de semeadura foi padronizada para todas as fontes de variação nos dois anos, e forneceu N em 10 kg ha⁻¹. Como o N da semeadura foi padronizado, as diferenças de solo foram isoladas pelo delineamento em blocos e as condições ambientais foram as mesmas para todos os tratamentos em cada ano, pode-se afirmar que as diferenças na PMS e TAF na ausência da aplicação de N em cobertura devem-se aos benefícios da soja, que incluem menor relação C:N e fixação biológica do N.

Além dos efeitos benéficos do N adicionado oriundo da soja, destacam-se também os efeitos das doses. Os aumentos na PMS e TAF com as doses justificam-se pelo papel nutricional que o N desempenha no metabolismo das plantas. Após a absorção do N é usado na formação de aminoácidos, enzimas e proteínas que atuam no crescimento e divisão celular (Romann et al., 2023), resultando em plantas com maior teor de clorofila nas folhas (Yang et al., 2022), maior área foliar (Yue et al., 2022) e taxas mais altas de respiração (Bonelli e Andrade, 2020). Unidas, essas características permitem maior absorção da radiação luminosa, sua conversão em energia

e geração de ATP (Verdenal et al., 2021), maior assimilação de CO₂ (Bonelli e Andrade, 2020) e maior eficiência fotossintética (Wang et al., 2024), resultando em maior acúmulo de MS.

Conclusões

O cultivo da aveia preta após a soja permite maiores produções de matéria seca e taxas de acúmulos sem adubação ou com baixas doses de N no primeiro ano de implantação do SIPA. No entanto, no segundo ano do sistema em sucessão à soja a aveia preta é mais produtiva.

A aplicação das doses de nitrogênio aumenta linearmente a produção de matéria seca e taxa de acúmulo de forragem da aveia preta.

Referências

BAEZA, S. et al. Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: the MapBiomass Pampa initiative. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v.28, n. 1, 100834, 2022

BARDELLE, A. et al. The hidden consequences of agricultural development: Soil degradation and pesticide contamination in the South American Pampa. **Science of the Total Environment**, v. 1002, n. 1, 180584, 2025

BATISTA, Y. et al. Crop sequence effects on the genesis of soil aggregates in no-tillage systems: A focus on biogenic structures. **Soil and Tillage Research**, v. 257, n. 3, 106981, 2026

BONELLI, L.E., ANDRADE, F.H., Maize radiation use-efficiency response to optimally distributed foliar-nitrogen-content depends on canopy leaf-area index. **Field Crops Research**, v. 247, n. 2, 107557, 2020

GRZYB, A. et al. Environmental factors affecting the mineralization of crop residues. **Agronomy**, v. 10, n. 12, 1951, 2020

HAHN, L. et al. Garlic yield after decomposition and nutrient release of cover crops under no-tillage and conventional tillage. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 48, n.1, e0230134, 2024

JAURENA, M. et al. 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**, v. 5, n. 1, p. 547834, 2021

KASMERCHAK, C.S. et al. Differential response of chitinolytic and proteolytic depolymerization-mineralization pathways to organic nitrogen substrates. **Biology and Fertility of Soils**, v. 61, p. 1215–1234. 2025

KUMAR, S.; SINDHU, S.S. Microbiome-mediated nitrogen cycling in soil: Impact on nitrogen use efficiency, crop production and environmental sustainability, **Soil Security**, v. 22, n. 3, 100225, 2026

PRIBYL, D.W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. **Geoderma**, v.156, n.3-4, p.75-83, 2010

QUATRIN, M. P. et al. Produtividade de genótipos de trigo duplo propósito submetidos ao pastejo com vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 6, p. 1615-1623, 2017

ROMMAN, M. et al. Nitrogen-fixing biofertilizers, in: **Biofertilizers for Sustainable Soil Management**. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, pp. 233–254, 2023

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 396 p.

SOUZA, D.P. et al. Structuring and parameterizing a model for simulating annual ryegrass growth. **European Journal of Agronomy**, v.170, n. 9, 127735, 2025

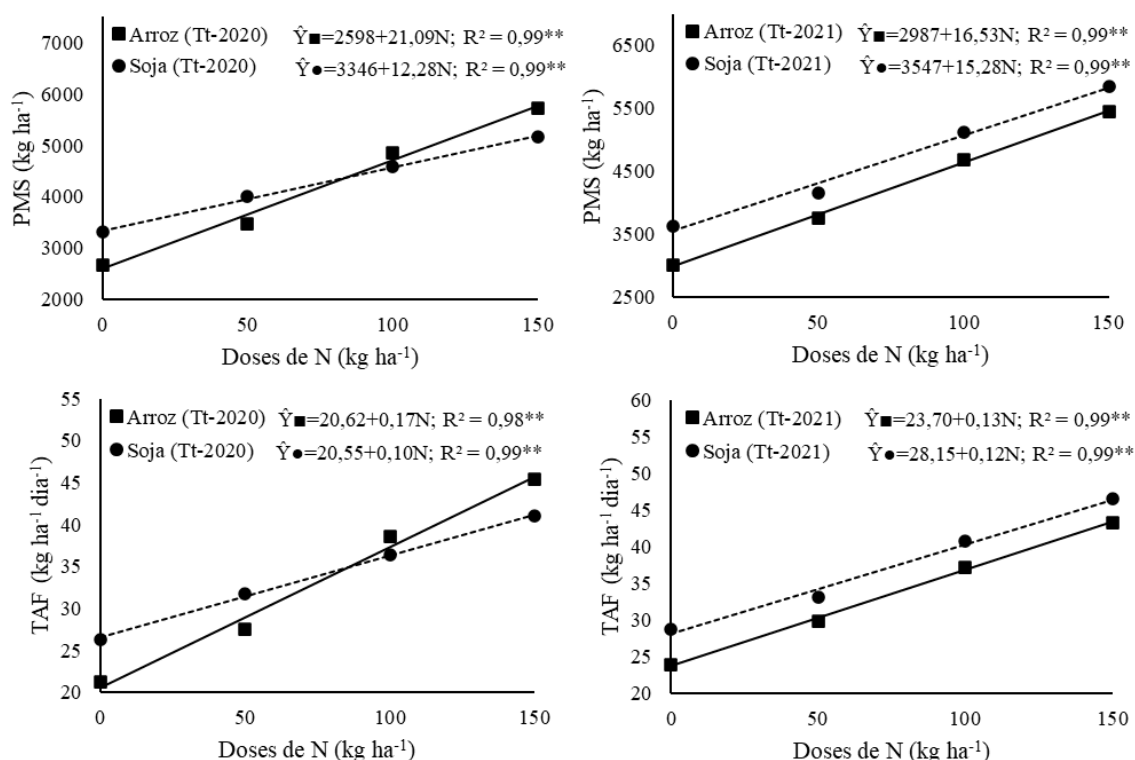
VERDENAL, T. et al. Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: A review. **OENO One**, v. 55, n. 1, p. 1–43, 2021

WANG, Q. et al. The utilization and roles of nitrogen in plants. **Forests**, v. 15, n. 7, p. 1191, 2024.

YANG, L. et al. Straw return and nitrogen fertilization regulate soil greenhouse gas emissions and global warming potential in dual maize cropping system. **Science of The Total Environment**, v. 853, n. 12, 158370, 2022

YUE, K. et al. Tillage and nitrogen supply affects maize yield by regulating photosynthetic capacity, hormonal changes and grain filling in the Loess Plateau. **Soil Tillage Research**, v. 218, n. 4, 105317, 2022

ZHUANG, Q. et al. Monitoring the impacts of cultivated land quality on crop production capacity in arid regions. **Catena**, v. 214, n. 7, 106263, 2022



**Significativo pelo teste T de Student (1%). Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 1. Produtividade de matéria seca (PMS - kg ha⁻¹) e taxa de acúmulo de forragem (TAF - kg ha⁻¹ dia⁻¹) em pastagens de Aveia Preta, cultivadas em sucessão ao arroz ou soja, fertilizadas com doses de nitrogênio, em três cortes, realizados de abril a setembro nos anos de 2020 e 2021, Uruguiana, Rio Grande do Sul, Bioma Pampa, Brasil.