



ESPÉCIES DE RÁPIDO CRESCIMENTO E DECOMPOSIÇÃO NO POUSIO MOMENTÂNEO COMO TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL NA PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E PALHA NOS SISTEMAS DE CULTIVO DA AVEIA

Willyan Júnior Adorian Bandeira², Eduarda Warmbier³, Lara Laís Schünemann⁴, Lisa Brönstrup Heusner⁵, Natália Guiotto Zardin⁶, José Antonio Gonzalez da Silva⁷

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido na UNIJUÍ;

² Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PROFAP;

³ Mestra em Modelagem Matemática e Computacional, PPGMMC, UNIJUÍ;

⁴ Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PIBIC/CNPq;

⁵ Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PIBITI/CNPq;

⁶ Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PIBITI/CNPq;

⁷ Professor do curso de Agronomia, PPGSAS, PPGMMC, UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

A aveia é uma espécie que se destaca na região sul do Brasil, devido aos inúmeros benefícios nos sistemas de rotação de cultura, nutrição animal e humana (SGARBOSSA et al., 2020). No entanto, culturas que não possuem associação com organismos fixadores de nitrogênio, como é o caso deste cereal, demandam grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados para atingir altas produtividades (KRAISIG et al., 2021). O maior aporte de nitrogênio é direcionado para cobertura, mas nem sempre o momento da aplicação coincide com as melhores condições de umidade do solo e temperatura do ar, que pode causar perdas do nutriente, trazendo sérios danos econômicos e ambientais (MAROLLI et al., 2017). Nesse contexto, as leguminosas assumem papel importante na dinâmica do nitrogênio nos sistemas de rotação de culturas, onde a soja tem papel importante na fixação do nitrogênio da atmosfera.

Tradicionalmente, as lavouras de aveia são semeadas após um período de pousio, que vai entre a colheita da cultura de verão até a semeadura da aveia. Nesse período, os solos ficam descobertos, acarretando em problemas como erosão pluvial, reduzida atividade microbiana, radiação solar direta e surgimento de espécies invasoras (MARQUES, 2019). O milho é uma espécie de elevada importância cultivada no verão, na região noroeste do Rio Grande do Sul, sendo muito usada para produção de biomassa na elaboração de silagem, pois esta região representa uma das maiores bacias leiteiras do país, portanto, acarreta em maiores problemas pelo solo descoberto e vulnerável. Algumas espécies vêm se mostrando promissoras com a sua inserção no momento de pousio entre as principais culturas de verão e inverno. O nabo forrageiro e o trigo sarraceno são exemplos destas espécies, com rápido crescimento vegetativo

que podem reduzir o uso de N-fertilizante, proteção do solo da erosão e favorecer a manutenção da umidade e ciclagem de nutrientes (CARGNELUTTI FILHO et al., 2020).

O objetivo do trabalho é analisar a contribuição de espécies de rápido crescimento e ciclagem de nutrientes em pousio momentâneo, dando suporte à redução de uso de N-fertilizante e garantia de adequada produtividade de biomassa e palha na elaboração de silagem e proteção do solo, respectivamente.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido nos anos agrícolas de 2021 e 2022, no município de Augusto Pestana, RS, Brasil. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados com oito repetições, seguindo um esquema fatorial de 4x6, para quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e seis sistemas de sucessão (milho/pousio, milho/nabo, milho/sarraceno, soja/pousio, soja/nabo, soja/sarraceno). A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora na segunda quinzena de junho dos respectivos anos para composição das unidades experimentais de 5 m², utilizando a cultivar URS Taura, com densidade populacional de 400 sementes viáveis m⁻². Na semeadura foram aplicados 60 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, com base nos teores de P e K do solo para expectativa de rendimento de 4 t ha⁻¹, e de N na base com 10 kg ha⁻¹, sendo o restante aplicado em cobertura, no estágio de quarta folha expandida (V4), com emprego da fonte ureia. Foram realizadas aplicações de fungicida utilizando o fungicida tebuconazole, de nome comercial FOLICUR® CE, na dosagem de 0,75 L ha⁻¹. Para o controle de plantas invasoras, realizou-se aplicação do herbicida metsulfuron-metil, na dosagem de 2,4 g ha⁻¹, além de capinas sempre que necessário.

A produtividade de biomassa (PB) foi obtida através do corte das três linhas centrais de cada parcela aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência para estimativa da matéria seca total, em kg ha⁻¹. A produtividade de grãos (PG) foi obtida a partir do corte das três linhas centrais de cada parcela, com colhedora mecanizada, onde a umidade dos grãos foi corrigida para 13%, com estimativa da produtividade de grãos, em kg ha⁻¹. A produtividade de palha (PP) foi obtida pela subtração da produtividade de grãos pela produtividade de biomassa.

Os dados foram submetidos à análise de variância para detecção dos efeitos principais das doses de nitrogênio e dos sistemas de sucessão e suas interações. Os indicadores de produtividade foram submetidos a análise de regressão polinomial para a elaboração de funções

que permitem explicar a máxima eficiência biológica e econômica. Para as simulações de máxima eficiência econômica foi utilizado o preço do insumo (σ) de R\$ 11,11 para cada kg de nitrogênio e o preço do produto (α) de R\$ 1,40 para cada kg de aveia para venda. As análises foram realizadas com o auxílio do software GENES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura e precipitação durante o ciclo de cultivo da aveia, em 2021, houve concentração de precipitações, garantindo umidade no momento da adubação nitrogenada. Por volta dos 50 dias de ciclo, um grande período sem chuvas provocou grandes restrições de umidade do solo, comprometendo o desenvolvimento da cultura e afetando a produtividade. Em 2022, houve baixo volume de precipitações no início do desenvolvimento e concentração de chuvas no final do ciclo, favorecendo o acamamento de plantas, caracterizando anos desfavoráveis para o cultivo de aveia, com média geral de produtividade de grãos de 1386 e 990 kg ha⁻¹ nos anos agrícolas de 2021 e 2022, respectivamente.

Na análise de variância (dados não apresentados), os efeitos da dose de nitrogênio e sistema de sucessão alteraram a expressão dos indicadores de produtividade da aveia e com interação significativa, mostrando a necessidade de avaliar a máxima eficiência biológica e econômica do nitrogênio para os diferentes sistemas de cultivo. Assim, a máxima eficiência biológica (MEB) e econômica (MEE) de uso do nitrogênio na expressão da produtividade de grãos (em kg ha⁻¹) no ano de 2021, foram: milho/pousio (MEB= 130; MEE= 0), milho/nabo (MEB= 106; MEE= 38), milho/sarraceno (MEB= 109; MEE= 5), soja/pousio (MEB= 121; MEE= 0), soja/nabo (MEB= 98; MEE= 22), soja/sarraceno (MEB= 98; MEE= 33). No ano de 2022, as eficiências de uso do nitrogênio (em kg ha⁻¹), foram: milho/pousio (MEB= 0; MEE= 0), milho/nabo (MEB= 99; MEE= 0), milho/sarraceno (MEB=103; MEE=0), soja/pousio (MEB= 79; MEE= 0), soja/nabo (MEB= 59; MEE= 0), soja/sarraceno (MEB= 61; MEE= 0). A partir destes resultados, foram obtidas funções matemáticas que explicam o comportamento da produtividade de biomassa e palha, e usados nestes modelos as doses da eficiência biológica e econômica de nitrogênio da produtividade de grãos, como forma de estimar os valores destas variáveis a partir dos resultados da variável de maior interesse (produtividade de grãos).

Na tabela 1 e 2, no sistema milho/pousio, no ano de 2021, houve uma redução de produtividade de biomassa ao redor de 50%, com o fornecimento da dose zero que representa

a eficiência econômica obtida pela produtividade de grãos. Por outro lado, com a inclusão de sarraceno e de nabo após a cultura do milho, houve um incremento significativo de biomassa total e de palha. Para o sistema soja/aveia, tanto para o ano de 2021 como 2022, com a inclusão de nabo e sarraceno, com a dose eficiência econômica, se obteve um incremento significativo de biomassa total e palha, com valores de produtividade próximos aos obtidos com a dose de eficiência biológica, em comparação ao sistema soja/pousio. Os resultados também mostram a necessidade de análise da eficiência econômica, pois a biológica não reflete com qualidade a relação custo/benefício, mostrando claramente a inviabilidade de aplicação de N-fertilizante em anos desfavoráveis ao cultivo.

Tabela 1. Máxima eficiência biológica e econômica da produtividade de biomassa (kg ha⁻¹) da aveia pelas doses de nitrogênio nos sistemas de sucessão, em 2021 e 2022.

Sistema	Regressões		Eficiência		Simulação	
	$y=b_0+b_1x+b_2x^2$	R ²	N/MEB _{PG}	N/MEE _{PG}	Y/MEB _{PG}	Y/MEE _{PG}
Ano 2021						
Milho/pousio	$2610+37,90x-0,14*x^2$	0,99	130	0	5171	2610
Milho/nabo	$3218+40,44x-0,14*x^2$	0,98	106	38	5931	4552
Milho/sarraceno	$3846+20,57x-0,073*x^2$	0,93	109	5	5220	3947
Soja/pousio	$3623+13,71*x$	0,87	121	0	5281	3623
Soja/nabo	$3885+31,70x-0,11*x^2$	0,98	98	22	5935	4529
Soja/sarraceno	$3466+36,39x-0,14*x^2$	0,99	98	33	5687	4359
Ano 2022						
Milho/pousio	$2306+37,33x-0,12*x^2$	0,95	0	0	2306	2306
Milho/nabo	$2631+37,20x-0,13*x^2$	0,96	99	0	5042	2631
Milho/sarraceno	$3569+14,41*x$	0,89	103	0	5053	3569
Soja/pousio	$4765+6,82*x$	0,7	79	0	5303	4765
Soja/nabo	$4273+24,94x-0,081*x^2$	0,99	59	0	5462	4273
Soja/sarraceno	$5128+7,08*x$	0,79	61	0	5559	5128

b_0, b_1, b_2 – parâmetros da regressão; R² – coeficiente de determinação; N/MEB_{PG} – máxima eficiência biológica do nitrogênio para produtividade de grãos; N/MEE_{PG} – máxima eficiência econômica do nitrogênio para produtividade de grãos; Y/MEB_{PG} – simulação da máxima eficiência biológica para variável Y; Y/MEE_{PG} – simulação da máxima eficiência econômica para variável Y; * – significativo a $p \leq 0,05$ pelo teste F; ns – não significativo a $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Tabela 2. Máxima eficiência biológica e econômica da produtividade de palha (kg ha⁻¹) da aveia pelas doses de nitrogênio nos sistemas de sucessão, em 2021 e 2022.

Sistema	Regressões		Eficiência		Simulação	
	$y=b_0+b_1x+b_2x^2$	R ²	N/MEB _{PG}	N/MEE _{PG}	Y/MEB _{PG}	Y/MEE _{PG}
Ano 2021						
Milho/pousio	$1576+32,61x-0,12*x^2$	0,99	130	0	3787	1576
Milho/nabo	$2519+13,11*x$	0,87	106	38	3908	3017
Milho/sarraceno	$2861+5,83*x$	0,86	109	5	3496	2890
Soja/pousio	$2477+11,86*x$	0,92	121	0	3912	2477

Soja/nabo	2776+10,27*x	0.88	98	22	3782	3001
Soja/sarraceno	2684+9,60*x	0.82	98	33	3624	3000
Ano 2022						
Milho/pousio	1364+37,74x-0,12*x ²	0,96	0	0	1364	1364
Milho/nabo	1791+32,55x-0,10*x ²	0,96	99	0	4033	1791
Milho/sarraceno	2722+13,65*x	0,93	103	0	4127	2722
Soja/pousio	3750+7,36*x	0.85	79	0	4331	3750
Soja/nabo	3465+11,70*x	0.91	59	0	4155	3465
Soja/sarraceno	3932+8,15*x	0.9	61	0	4429	3932

b_0, b_1, b_2 – parâmetros da regressão; R^2 – coeficiente de determinação; N/MEBPG – máxima eficiência biológica do nitrogênio para produtividade de grãos; N/MEEPG – máxima eficiência econômica do nitrogênio para produtividade de grãos; Y/MEBPG – simulação da máxima eficiência biológica para variável Y; Y/MEEPG – simulação da máxima eficiência econômica para variável Y; * – significativo a $p \leq 0,05$ pelo teste F; ns – não significativo a $p \leq 0,05$ pelo teste F.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de trigo sarraceno e nabo em pousio momentâneo, como espécies de rápido crescimento e decomposição, proporcionam condições de melhoria da eficiência de uso do nitrogênio, garantindo melhoria dos índices agrônômicos na elaboração de silagem e de palha de aveia para proteção do solo.

Estudos de eficiência biológica e econômica com espécies melhoradoras do solo são fundamentais para recomendações de adubação mais ajustadas aos agricultores, na busca de produções economicamente satisfatórias e com menor risco de poluição ambiental.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. Manejo sustentável. Qualidade do Solo. Agenda 2030.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARGNELUTTI FILHO, Alberto et al. Tamanho de parcela, números de tratamentos e de repetições e a precisão experimental em trigo mourisco. **Revista Caatinga**, v.33, n.4, p.1131-1139, 2020.
- MARQUES, João Fernando. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.36, n.1, p.61-80, 2019.
- MAROLLI, Anderson et al. Contributive effect of growth regulator Trinexapac-Ethyl to oats yield in Brazil. **Afri Jour of Agric Res.** 12:795–804, 2017.
- SGARBOSSA, Jaqueline et al. Morphology, growth and yield of black oats cultivated in agroforestry systems in southern Brazil. **Agr Syst.** 184, 102911, 2020.
- KRAISIG, Adriana Rosélia et al. Efficiency of nitrogen use by wheat depending on genotype and previous crop. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.** 25: 235-242, 2021.