

EFICIÊNCIA BIOLÓGICA E ECONÔMICA DO NITROGÊNIO NO USO DE NABO E TRIGO SARRACENO DURANTE O POUSIO MOMENTÂNEO SOBRE A QUALIDADE QUÍMICA DE GRÃOS DE AVEIA¹

Pedro Diel², Crithian Milbradt Babeski³, Juliana Aozane da Rosa⁴, Matheus Guilherme Libardoni Meotti⁵, Marlon Vinicius da Rosa Sarturi⁶, José Antonio Gonzalez da Silva⁷

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido na Unijuí;

² Bolsista PROFAP, Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, PPGSAS, Unijuí;

³ Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, PPGSAS, Unijuí;

⁴ Doutoranda em Modelagem Matemática e Computacional, PPGMMC, Unijuí;

⁵ Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, PPGSAS, Unijuí;

⁶ Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, PPGSAS, Unijuí;

⁷ Professor do curso de agronomia, PPGSAS, PPGMMC, Unijuí.

INTRODUÇÃO

Dentre as principais culturas de inverno existentes, o cultivo da aveia branca vem se firmando como uma importante alternativa de exploração agrícola (CASTRO et al., 2012). O principal fator ligado ao manejo das gramíneas é o fornecimento de nitrogênio, por se tratar do nutriente mais requerido pela cultura. Além de influenciar diretamente na produtividade da aveia, também atua sobre a expressão do teor de proteína, fibra e amido dos grãos (MANTAI et al., 2020). No entanto, o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, principalmente em condições desfavoráveis de manejo, caracterizadas pela presença de altas temperaturas, reduzida umidade do solo, ou ainda, elevados volumes de chuvas após a aplicação, gera um poluente ativo para o solo, aos lençóis freáticos e à atmosfera (KRAISIG et al., 2020). Nesta perspectiva, a incorporação de espécies após cultivo de verão e anterior à semeadura da aveia, com rápida cobertura vegetal para proteção do solo e controle de invasoras, bem como de reduzida relação C/N com alta capacidade de decomposição e liberação de nutrientes, representa uma possibilidade mais sustentável de reduzir o uso de N-fertilizante.

O objetivo do estudo é validar a tecnologia de uso de espécies de rápido crescimento e decomposição como nabo e trigo sarraceno durante o pousio entre a cultura de verão e inverno, com análise de benefícios à redução de N-fertilizante pela estimativa da eficiência biológica e econômica de nitrogênio e os reflexos sobre variáveis da qualidade química de grãos de aveia.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em 2020, no município de Augusto Pestana, RS, Brasil. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com oito repetições, num esquema fatorial 4 x 6 para as quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e os seis sistemas de sucessão (milho/pousio, milho/nabo, milho/sarraceno, soja/pousio, soja/nabo e soja/sarraceno), respectivamente. A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora na composição das unidades experimentais de 5 m² com uso da cultivar URS Taura na densidade de 400 sementes viáveis m⁻². A adubação ocorreu em uma única aplicação no estágio fenológico de quarta folha visível (V4), com a fonte a ureia (45% de N). Foram efetuadas aplicações de fungicida tebuconazole na dosagem de 0,75 L ha⁻¹ e controle de plantas daninhas pelo emprego do herbicida metsulfuron-metil na dose de 2,4 g ha⁻¹ e capina manual adicional.

Na maturidade de colheita, os grãos foram colhidos de forma mecanizada e direcionados ao laboratório para correção da umidade e estimativa de produtividade de grãos. Foram realizadas análises de qualidade química de grãos de aveia, a partir de uma amostra de grãos foi direcionada ao NIRS (Near infrared spectroscopy). Foi avaliado amido (AM, g kg⁻¹), proteína total (PT, g kg⁻¹), fibra total (FT, g kg⁻¹) e fibra em detergente neutro (FDN, g kg⁻¹). Os dados foram submetidas a análise de variância para detectar os efeitos principais e de interação entre os fatores de sistema de sucessão e doses de nitrogênio. Após foram submetidos a análise de regressão, na elaboração de equações que permitiram descrever o comportamento e estimativa da eficiência biológica e econômica da aveia pelo uso de nitrogênio em cada sistema de cultivo. Para estimativa de eficiência biológica foi estimado o ponto de máxima, ou seja, o valor de x, que representa as doses de nitrogênio aplicadas, determinando o maior valor de y, que representa a máxima produtividade da aveia. Para a máxima eficiência econômica, utilizou-se os preços médios de comercialização da região, sendo o preço do kg de nitrogênio de R\$11,11 e o preço do kg da aveia de R\$1,40. As análises foram realizadas com o software GENES (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, as doses de nitrogênio e os sistemas de sucessão promoveram alteração em todas as variáveis. Mostrando a necessidade de análise do efeito das doses de nitrogênio em cada sistema de sucessão, independente do ano de cultivo. Os reduzidos valores de coeficiente de variação mostram elevada qualidade dos procedimentos experimentais.



Tabela 1. Análise de variância dos indicadores de qualidade química dos grãos de aveia pelas doses de nitrogênio nos sistemas de sucessão para o ano de 2020.

Variação	GL	QM/Indicadores de qualidade química			
		AM (g kg ⁻¹)	PT (g kg ⁻¹)	FT (g kg ⁻¹)	FDN (g kg ⁻¹)
Bloco	7	1096	147	111	2275
Dose (D)	3	1410*	4611*	467*	1468*
Sistema (S)	5	333*	326*	64*	1000*
D x S	15	45*	95*	30*	369*
Erro	161	31	29	10	184
Total	191	-	-	-	-
Média Geral	-	457	105	125	322
CV (%)	-	1	5	2	4

GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; AM – amido; PT – proteína total; FT – fibra total; FDN – fibra em detergente neutro; CV – coeficiente de variação; * - significativo a $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Na Tabela 2, os sistemas milho/sarraceno e soja/nabo foram os responsáveis pelas médias mais elevadas para a variável amido na ausência de nitrogênio. No ponto de 60 e 120 kg ha⁻¹ de nutriente as médias mostraram estabilidade em todos os sistemas. No ponto de 60 kg ha⁻¹ já se evidencia máxima expressão do amido na grande maioria dos sistemas. Para proteína total, em todos os sistemas se observa que conforme é aumentada a dose de nitrogênio, aumentam os teores de proteína. A presença de nabo nos sistemas reduziu os valores de proteína nos grãos de aveia na ausência de N-fertilizante (0 kg ha⁻¹). Uma condição que pode ter favorecido maior produção de afilhos férteis e/ou grãos por panícula em detrimento da formação da proteína nos grãos. Quanto as variáveis fibra total e fibra em detergente neutro, se percebe uma tendência em diminuir seus teores com o incremento de nitrogênio. Para fibra total não há um efeito de contribuição dos sistemas sem uso do nitrogênio, o mesmo observado para fibra em detergente neutro, com exceção do sistema milho/sarraceno, com menor resultado.

Tabela 2. Média dos indicadores de qualidade química dos grãos de aveia em função do uso de nitrogênio nos sistemas de sucessão no ano de 2020.

N (kg ha ⁻¹)	Sistemas de sucessão para aveia					
	Milho/pousio	Milho/nabo	Milho/sarraceno	Soja/pousio	Soja/nabo	Soja/sarraceno
Amido (g kg ⁻¹)						
0	447Bb	448Bb	456Ab	446Bb	452Ab	448Bc
60	461Aa	457Aa	460Aa	451Aa	456Ab	457Aa
120	460Aa	460Aa	466Aa	457Aa	463Aa	462Aa
180	458Ba	464Aa	462Aa	456Ba	460Ba	464Aa
Proteína total (g kg ⁻¹)						
0	94Ab	86Bc	100Ab	98Ac	85Bc	95Ac
60	99Ab	99Ab	103Ab	103Ab	107Ab	102Ab
120	110Aa	102Bb	116Aa	111Aa	110Ab	110Aa

180	115Ba	112Ba	119Aa	115Ba	119Aa	113Ba
Fibra total (g kg ⁻¹)						
0	131Aa	131Aa	128Aa	129Aa	129Aa	130Aa
60	128Aa	124Bb	123Bb	124Bb	126Ab	127Aa
120	124Ab	123Ab	121Ab	121Ab	124Ab	123Ab
180	126Ab	123Bb	121Bb	124Ab	125Ab	121Bb
Fibra em detergente neutro (g kg ⁻¹)						
0	343Aa	331Aa	315Ba	332Aa	329Aa	332Aa
60	329Ab	312Ab	319Aa	315Ab	321Ab	323Ab
120	328Ab	320Ab	309Ab	321Ab	312Ab	318Ab
180	330Ab	318Ab	318Aa	325Ab	321Ab	314Ab

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL constituem grupo estatisticamente homogêneo. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL constituem grupo estatisticamente homogêneo.

Na Tabela 3, se percebe praticamente nula redução da dose biológica para a dose econômica em todos os cenários. Na proteína total, houve uma maior expressão com a dose de eficiência biológica, no entanto, são valores que ainda mostram a eficiência econômica mais atraente, pelo valor do produto ser dimensionado pela massa e número de grãos e não pelo conteúdo de proteína. Na fibra total, há uma leve tendência de aumento com a redução de uso do nitrogênio. Ainda se mostrando mais eficiência a dose de eficiência econômica, principalmente para a fibra, que representa uma fração de grande importância nutracêutica da aveia. O mesmo acontecendo para a fibra em detergente neutro em que as doses do nutriente não mostraram alteração.

Tabela 3. Máxima eficiência biológica e econômica dos indicadores de qualidade química dos grãos de aveia pelo uso do nitrogênio nos sistemas de sucessão para o ano de 2020.

Sistema	Regressões		Eficiência		Simulação	
	$y=b_0+b_1x+b_2x^2$	R ²	N/MEBPG	N/MEEPg	Y/MEBPG	Y/MEEPg
Amido (g kg ⁻¹)						
Milho/pousio	$447+0,25x-0,0011x^2$	0,90	130	0	447	447
Milho/nabo	$450+0,082*x$	0,92	106	38	458	453
Milho/sarraceno	$455+0,14x-0,00057*x^2$	0,83	109	5	463	455
Soja/pousio	$447+0,056*x$	0,85	121	0	453	447
Soja/nabo	$451+0,13x-0,00047*x^2$	0,88	98	22	459	453
Soja/sarraceno	$450+0,089*x$	0,93	98	33	458	452
Proteína total (g kg ⁻¹)						
Milho/pousio	$94+0,12*x$	0,97	130	0	109	94
Milho/nabo	$88+0,13*x$	0,94	106	38	101	92
Milho/sarraceno	$99+0,11*x$	0,92	109	5	110	99
Soja/pousio	$98+0,099*x$	0,98	121	0	109	98
Soja/nabo	$89+0,17*x$	0,88	98	22	105	92
Soja/sarraceno	$95+0,10*x$	0,96	98	33	104	98
Fibra total (g kg ⁻¹)						
Milho/pousio	$130-0,032*x$	0,73	130	0	125	130

Milho/nabo	129-0,045 [*] x	0,75	106	38	124	127
Milho/sarraceno	126-0,036 [*] x	0,80	109	5	122	125
Soja/pousio	129-0,13x+0,00055 [*] x ²	0,98	121	0	121	129
Soja/nabo	128-0,021 ^{ns} x	0,58	98	22	-	-
Soja/sarraceno	130-0,048 [*] x	0,98	98	33	125	128
Fibra em detergente neutro (g kg ⁻¹)						
Milho/pousio	338-0,067 ^{ns} x	0,54	130	0	-	-
Milho/nabo	325-0,052 ^{ns} x	0,27	106	38	-	-
Milho/sarraceno	316-0,0068 ^{ns} x	0,18	109	5	-	-
Soja/pousio	331-0,28x+0,0014 ^{ns} x	0,80	121	0	-	-
Soja/nabo	325-0,053 ^{ns} x	0,35	98	22	-	-
Soja/sarraceno	331-0,096 ^{ns} x	0,95	98	33	-	-

b_0, b_1, b_2 – parâmetros da regressão; R^2 – 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. Espaços da tabela preenchidos com um traço (-) representam as equações em que o coeficiente b_1 (linear) ou b_2 (quadrático) não é significativo, permanecendo a análise apenas do intercepto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas com incorporação de nabo de trigo sarraceno no período de pousio reduzem significativamente o uso de N-fertilizante em aveia em sistema com milho e soja no verão. Se verifica grandes vantagens com a recomendação pela eficiência econômica, trazendo grande redução de N-fertilizante e resultados similares de variáveis da qualidade química.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. N-fertilizante. Sustentabilidade. Qualidade nutricional. Agenda 2030.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, G. S. A; DA COSTA, C. H. M; NETO, J. F. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2012.

CRUZ, Cosme Damião. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

KRAISIG, A.R.; SILVA, J.A.; CARVALHO, I.R.; DE MAMANN, Â.T.; CORSO, J.S.; NORBERT, L. Época de fornecimento do nitrogênio na produtividade, qualidade industrial e química de grãos de aveia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.10, p.700-706, 2020.

MANTAI, R.D.; SILVA, J.A.; BINELO, M.O.; SAUSEN, A.T.; ROSSI, D.S.; CORSO, J.S. O manejo do nitrogênio nas relações entre componentes da inflorescência da aveia com a produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.6, p.385-393, 2020.