



A EFICIÊNCIA DE EXPRESSÃO DA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE AVEIA COM CONTROLE DE AZEVEM PELA DENSIDADE DE SEMEADURA EM CONDIÇÃO ISOLADA E FRACIONADA DE NITROGÊNIO

Maria Eduarda Schmidt¹, Laura Eduarda Arnold², Lara Laís Schunemann³, Lisa Brönstrup Heusner⁴, Taís Portela Arenhart⁵, Cibele Luisa Peter⁶, Juliana Aozane da Rosa⁷, Leonir Terezinha Uhde⁸, Ivan Ricardo Carvalho⁹, José Antônio Gonzalez da Silva¹⁰.

Nas regiões sul do país, a aveia branca se caracteriza como uma excelente alternativa na produção de forragem e grãos no período de inverno, ou mesmo destinada para cobertura do solo em sistemas de rotação de cultura e plantio direto (SILVA et al., 2020). A aveia branca é um cereal altamente nutritivo devido à presença de proteínas, carboidratos, lipídios e fibras dietéticas, como a β -glucana. Assim, o consumo de aveia está associado a uma alimentação saudável e equilibrada. A expressão da produtividade e qualidade dos grãos de aveia tem relação direta com as propriedades genéticas dos cultivares, as condições meteorológicas e as técnicas de manejo (KRAISIG et al., 2020). Dentre as tecnologias de manejo, a manutenção da qualidade do solo através do fornecimento do N-fertilizante e a densidade de sementeira são relevantes para o desenvolvimento da cultura (MANTAI, et al., 2021).

Um dos fatores que afetam a eficiência do uso do nitrogênio e a produtividade da aveia é a competição entre plantas invasoras, que é também decorrente do inadequado manejo da densidade de sementeira. As indicações técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (1994), sugerem a densidade de 200 a 300 sementes m^{-2} , recomendação que se estende desde a década de 90. No entanto, as atuais cultivares de aveia apresentam grandes mudanças em sua arquitetura, porte baixo e ciclo mais curto, condição que demanda ajustes na densidade de cultivo na promoção de produtividade. Esta condição também favorece o surgimento de espécies invasoras que comprometem o desempenho agrônomo da aveia, dentre elas a maior dificuldade é o controle do azevém, que tem se destacado pelo desenvolvimento de resistência a herbicidas, afóra o excesso de agrotóxicos de alto impacto ambiental para o controle e aumento dos custos de produção.

Tendo em vista a busca por sistemas agrícolas mais eficientes, o aumento da densidade de sementeira pode também contribuir à rápida cobertura do solo favorecendo um melhor aproveitamento de luz e nutrientes, proporcionando controle mais efetivo de espécies invasoras. Importante salientar que a recomendação de uma densidade de sementeira mais elevada, aproveitando anos com condições pluviométricas favoráveis ao cultivo junto a adubação nitrogenada, poderá ocorrer o fenômeno do acamamento (HAWERROTH et al., 2015).

Nesta perspectiva, estudos que abordem conjuntamente a proposição de aumento da densidade de sementeira da aveia são necessários na busca de manejos mais eficientes e sustentáveis. Sendo assim, o objetivo do estudo é a maior eficiência de expressão da produtividade e qualidade de grãos de aveia com controle de azevém pela densidade sementeira em condição isolada e fracionada de nitrogênio em sistema soja/aveia.

O trabalho foi desenvolvido em 2020, 2021 e 2022, em Augusto Pestana, RS, Brasil. O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho distroférrico típico (SANTOS et al., 2018). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido. Antes da sementeira, foi realizada análise de solo e identificadas as seguintes características químicas: pH= 6,3; P=34,1 $mg\ dm^{-3}$; K= 198 $mg\ dm^{-3}$; MO= 3,2%; Al= 0 $cmol_c\ dm^{-3}$; Ca = 6,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ e Mg=2,5 $cmol_c\ dm^{-3}$.

¹ Estudante de Agronomia, Bolsista UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: me.schmidt@hotmail.com

² Estudante de Agronomia, Bolsista UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: laura.arnold@sou.unijui.edu.br

³ Estudante de Agronomia, Bolsista UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: lara.schunemann@sou.unijui.edu.br

⁴ Estudante de Agronomia, Bolsista UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: lisa.heusner@sou.unijui.edu.br

⁵ Matemática, Doutoranda PPGMMC, UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: tais.arenhart@sou.unijui.edu.br

⁶ Matemática, Doutoranda PPGMMC, UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: cibele.peter@sou.unijui.edu.br

⁷ Física, Doutoranda, PPGMMC, UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: juliana.aozane@unijui.edu.br

⁸ Eng. Agr., Dr., Professor, UNIJUI. E-mail: uhde@unijui.edu.br

⁹ Eng. Agr., Dr., Professor, UNIJUI. E-mail: ivan.carvalho@unijui.edu.br

¹⁰ Eng. Agr., Dr., Professor, UNIJUI. E-mail: jose.gonzalez@unijui.edu.br

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições em sistema soja/aveia, em arranjo fatorial 4 x 3, para quatro densidades de semeadura (100, 300, 600 e 900 sementes viáveis m⁻²) e três formas de fornecimento do nutriente [dose única (100%) no estágio fenológico V₄ (quarta folha expandida); fracionada (70/30%) no estágio fenológico V₄/V₆ (quarta e sexta folha expandida) e fracionada (70/30%) no estágio fenológico V₄/R₁ (início da antese)], com dose total de 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio na expectativa de produtividade de 4000 kg ha⁻¹. A semeadura foi realizada na primeira quinzena de junho com semeadora-adubadora na composição da parcela com 5 linhas de 5 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20 m, formando a unidade experimental de 5 m². A cultivar utilizada no experimento foi a URS Guará, sendo utilizado na semeadura 45 e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, com base nos teores de P e K no solo à expectativa de produtividade de grãos de 4 000 kg ha⁻¹. Durante a execução do estudo, foram efetuadas aplicações de fungicida tebuconazole na dosagem de 0,75 L ha⁻¹.

Na estimativa da produtividade de grãos foram colhidos de forma mecanizada no momento em que os grãos apresentaram umidade ao redor de 15%. Os grãos foram levados ao laboratório para correção da umidade de grãos para 13 % e posteriormente realizada a limpeza retirando as impurezas e pesagem dos grãos, convertida para a área de um hectare. (PG, kg ha⁻¹). Foram avaliados, os teores de proteína bruta (PB, g kg⁻¹), fibra bruta (FB, g kg⁻¹), os quais foram obtidos pela amostra de grãos não descascados realizadas com o aparelho espectrômetro NIR (do inglês - Near infrared Reflectance), através da espectrofotometria do infravermelho proximal. A produtividade de palha (PP, kg ha⁻¹) foi obtida com o corte, do material vegetal realizada rente ao solo, de um metro quadrado de cada parcela na maturidade fisiológica, ao redor de 120 dias após a emergência. As amostras foram direcionadas a estufa de ar forçado à 65°C, até atingir peso constante para a estimativa da produtividade de palha e convertida para a área de um hectare (PP, kg ha⁻¹). Após se obter o valor da produtividade de grãos e de palha foi somada estes valores para estimativa da produtividade de biomassa total (PB, kg ha⁻¹). Também foram analisados a campo o acamamento e as inflorescências de azevém expostas sobre as plantas de aveia. O acamamento (AC) foi estimado visualmente e expresso em porcentagem, considerado o ângulo formado na posição vertical do colmo das plantas em relação ao solo e a área de plantas acamadas, segundo metodologia sugerida por Moes & Stobbe (1991). Os valores do número de inflorescências de azevém se obteve com a contagem de inflorescências visíveis de azevém expostas sobre toda a unidade experimental. Destaca-se que as inflorescências expostas de azevém garantem a produção de sementes da espécie para aumento do banco de sementes a cada ano de cultivo. Os dados meteorológicos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica foram obtidos pela estação meteorológica automática do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) da UNIJUÍ, localizada a aproximadamente 200 metros do experimento.

Ao atender aos pressupostos de homogeneidade e normalidade via testes de Bartlett, foi realizada análise de variância para detecção da presença ou ausência da interação entre os fatores estudados. Com base nestas informações foi realizado teste de médias por Scott e Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Estas análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software computacional GENES, (CRUZ, 2006).

No ano de 2020 (Tabela 1) os índices de precipitações foram bem distribuídos ao longo do ciclo da cultura, similar a média histórica, com valores mais elevados durante o ciclo vegetativo, até os 56 dias após a emergência. A aplicação de nitrogênio no estágio fenológico de quarta folha expandida (V₄), e de sexta folha expandida (V₆) foram realizadas com adequada umidade no solo, por precipitações anteriormente a aplicação. Por outro lado, na condição de fornecimento do nitrogênio fracionado no início do enchimento de grãos (R₁), as condições mostraram se mostraram restritivos a aplicação pelo longo período sem adequado volume de precipitação. Destaca-se que as condições de temperatura do ar se mostraram adequados dentro

dos parâmetros requeridos pela cultura, sem muitas variações de temperatura durante o ciclo. A produtividade média obtida neste ano foi de 3083 kg ha⁻¹ (tabela 1), classificando o ano como intermediário (AI) ao cultivo da aveia, considerando a expectativa de 4000 kg ha⁻¹.

Para o ano de 2021 (Tabela 1) ocorreram índices de precipitações abaixo da média história de 25 anos, porém, com adequada distribuição durante o ciclo da cultura. As aplicações de nitrogênio nos diferentes estágios fenológicos (V₄, V₆ e R₁) foram em condições de adequada umidade no solo e com temperaturas mais amenas, requisitos básicos para uma satisfatória eficiência de absorção dos nutrientes e processo de fotossíntese pela planta. Nesta condição, a média de produtividade de grãos foi ao redor de 4000 kg ha⁻¹, de acordo com a expectativa desejada, configurando ano favorável (AF) ao desenvolvimento da cultura.

No ano de 2022 (Tabela 1), no período inicial até os 50 dias após a emergência não ocorreram precipitações satisfatórias, mostrando forte restrição hídrica para o desenvolvimento vegetativo da cultura, dificultando emergência da cultura e a produção de afilhos, componente diretamente ligado à produtividade de grãos. Portanto, a aplicação de nitrogênio no estágio fenológico V₄ ocorreu sem umidade no solo, reduzindo a eficiência de absorção do nutriente. Os demais manejos de nitrogênio pela aplicação fracionada nos estágios fenológicos de sexta folha expandiam (V₆) e início do enchimento de grãos (R₁) foram em condições mais favoráveis de umidade no solo, porém, com fortes índices de precipitação após aplicação, contribuindo para lixiviação do nutriente. A precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura foi de 1173 mm (tabela 1), valor este superior à média dos 25 anos. Estes valores de precipitações coincidiram com o momento do enchimento de grãos, condição que pode dificultar a elaboração de fotoassimilados direcionados aos grãos. A reduzida média de produtividade de 2291 kg ha⁻¹ quando comparada ao demais anos e expectativa desejada (4000 kg ha⁻¹), comprovam a classificação de ano desfavorável (AD) ao cultivo da aveia.

Na tabela 2 de médias em 2020, a densidade de 600 sementes viáveis m⁻² independente da condição de fornecimento de nitrogênio evidencia superioridade na expressão da produtividade de grãos. A produtividade de palha é incrementada com a densidade mais elevada de semeadura, independente da condição de uso do nitrogênio.

O acamamento de plantas em 2020 mostrou menor expressão em densidade mais reduzida, com 100 sementes viáveis m⁻² independente da condição de uso de nitrogênio. A exposição de inflorescências de azevém com valores mais reduzidos foram observados em densidades mais elevadas, principalmente de 600 e 900 sementes viáveis m⁻².

Em 2021 (Tabela 2), a maior produtividade de grãos foi obtida nas densidades de 300, 600 e 900 sementes viáveis m⁻² seja em V₄ e fracionamento V₄/V₆ que não diferiram entre si. Neste ano de cultivo também o acamamento foi reduzido com a menor densidade, de 100 sementes viáveis m⁻². Em 2022 (Tabela 2) a maior média de produtividade foi obtida nas densidades de 600 e 900 sementes viáveis m⁻², independente da condição de nitrogênio. O acamamento neste ano de 2022, mostrou valores reduzidos quando comparado aos demais cenários agrícolas. Alguns estudos comentam em sistema de sucessão soja/aveia, o uso da densidade mais elevada pode favorecer o acamamento de plantas. Por outro lado, em sistema milho/aveia, embora de menor liberação de N-residual, mostra como alternativa eficiente na expressão da produtividade com forte redução do acamamento de planta, mesmo em densidades mais elevadas.

Os resultados mostram a necessidade de investigações em qualificar a recomendação da densidade de semeadura, considerando a evolução em direção a ciclos cada vez mais precoces e de reduzida estatura. Independente do manejo de fungicida, o aumento da densidade superior a atual recomendação em regiões de temperatura mais elevada no inverno, como as condições da região noroeste do estado do RS, se mostra necessária.

Tabela 1. Temperatura do ar e precipitação pluviométrica nos meses e anos de cultivo da aveia com a média de produtividade de grãos e classificação de ano agrícola.

Ano	Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)		PG \bar{X}	Classe
		Min	Max	Md	Média de 25 anos*	Ocorrida		
2020	Maio	13.1	22.7	17.9	134	181	3083 b	AI
	Junho	9.7	21.1	15.4	136	228		
	Julho	10.2	18.7	14.4	134	212		
	Agosto	13.4	24.6	19.0	122	87		
	Setembro	12.4	19.6	16.0	165	127		
	Outubro	16.1	24.8	20.4	236	162		
	Total	-	-	-	927	997		
2021	Maio	11.1	20.9	16.0	134	56	4001 a	AF
	Junho	4.7	19.3	12.0	136	12		
	Julho	8.2	21.2	14.7	134	81		
	Agosto	9.4	22.5	15.9	122	169		
	Setembro	8.4	23.8	16.1	165	56		
	Outubro	13.2	26.8	20.0	236	326		
	Total	-	-	-	927	700		
2022	Maio	14.1	22.8	18.5	134	434	2291 c	AD
	Junho	10.6	21.6	16.1	136	146		
	Julho	8.3	24.3	16.3	134	11		
	Agosto	11.4	23.7	17.6	122	117		
	Setembro	15.4	27.1	21.3	165	161		
	Outubro	14.1	26.8	20.5	236	304		
	Total	-	-	-	927	1173		

Min= mínima; Max= máxima; Md= média; PG \bar{X} = produtividade média de grãos; *= Média de precipitação pluviométrica obtida dos meses de maio a outubro de 1989 a 2016; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si na probabilidade de 5% de erro pelo teste de Scott & Knott; AI= Ano intermediário; AF= Ano favorável; AD= Ano desfavorável.

Tabela 2. Médias das densidades de semeadura nas condições de uso de nitrogênio sobre indicadores agrônômicos e de qualidade e inflorescências de azevém.

N - Condição	Densidade	PG (kg ha ⁻¹)	PP (kg ha ⁻¹)	AC (%)	PB (g kg ⁻¹)	FB (g kg ⁻¹)	IAz (n° em 5 m ²)
2020 (AI)							
V4	100	2593 c	7007 c	16 c	117 a	125 a	107 a
	300	3402 b	7463 b	30 b	111 a	126 a	81 b
	600	3737 a	7914 b	35 b	114 a	128 a	52 c
	900	3222 b	8785 a	80 a	115 a	127 a	33 d
V4/V6	100	2381 c	6327 c	36 d	118 a	122 a	142 a
	300	3089 b	6937 b	51 c	116 a	126 a	101 b
	600	3553 a	7591 a	73 b	110 a	129 a	76 c
	900	3295 b	7939 a	97 a	113 a	127 a	63 c
V4/R1	100	2305 d	5425 c	32 c	114 a	128 a	155 a
	300	3193 b	6224 b	40 c	117 a	126 a	100 b
	600	3468 a	6158 b	65 b	115 a	126 a	81 c
	900	2755 c	7499 a	91 a	116 a	128 a	69 c
2021 (AF)							
V4	100	3508 b	7179 d	10 c	107 a	120 a	70 a
	300	4282 a	7674 c	15 c	113 a	114 a	51 b
	600	4537 a	8376 b	25 b	115 a	115 a	35 c
	900	4283 a	9087 a	50 a	113 a	120 a	23 d
V4/V6	100	3382 b	7042 c	17 c	114 a	122 a	91 a
	300	4238 a	7271 c	32 b	113 a	117 a	66 b
	600	4430 a	7747 b	37 b	114 a	119 a	42 c
	900	4207 a	8714 a	75 a	105 a	120 a	32 d
V4/R1	100	3450 b	7242 b	28 c	109 a	121 a	107 a
	300	3734 b	7216 b	32 c	113 a	116 a	75 b

	600	4151 a	7397 b	45 b	112 a	119 a	43 c
	900	3810 b	8466 a	77 a	116 a	117 a	35 c
2022 (AD)							
V4	100	1708 b	5284 c	1 b	113 a	134 a	36 a
	300	2589 a	5721 b	4 b	113 a	133 a	18 b
	600	2620 a	6014 b	7 b	111 a	130 a	18 b
	900	2425 a	7350 a	25 a	114 a	130 a	5 c
V4/V6	100	1844 b	5335 b	1 b	109 a	132 a	43 a
	300	2197 b	5093 b	4 b	109 a	131 a	28 b
	600	2624 a	5530 b	6 b	112 a	131 a	16 c
	900	2457 a	6967 a	25 a	110 a	132 a	7 d
V4/R1	100	2029 b	4703 a	3 b	111 a	132 a	44 a
	300	2373 a	4638 b	6 b	110 a	131 a	28 b
	600	2518 a	5162 b	8 b	109 a	128 a	11 c
	900	2116 b	5492 a	35 a	109 a	130 a	7 c

PG= Produtividade de grãos; PP= Produtividade de palha; AC= Acamamento; PB= Proteína bruta; FB= Fibra bruta; IAz= Inflorescência de azevém; AI= Ano intermediário; AF= Ano favorável; AD= Ano desfavorável.

REFERENCIAS

- CRUZ, C. D. GENES - Software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum – Agronomy**. v.35, n.3, p:271–276, 2013.
- HAWERROTH, M.C.; SILVA, J.A.G.; SOUZA, C.A.; OLIVEIRA, A.C.; LUCHE, H.S.; ZIMMER, C.M.; HAWERROTH, F.J.; SCHIAVO, J.; SPONCHIADO, J.C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesq. agropec. bras** 50(2):115-125, 2015.
- KRAISIG, A. R.; SILVA, J. A. G. DA.; CARVALHO, I. R. MAMANN, Â, T. W. DE.; CORSO, J. S.; NORBERT, L. Época de fornecimento de nitrogênio na produção, qualidade industrial e química dos grãos de aveia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.10, 2020.
- MANTAI, R. D., SILVA, J. A. G., CARVALHO, I. R., LAUTENCHLEGER, F., CARBONERA, R., RASIA, L. A., KRAISIG, A. R., PANSERA, V., ALESSI, O., ROSA, J. A., WARMBIER, E., BASSO, N. C. F., MATTER, E. M. Contribution of nitrogen on industrial quality of oat grain components and the dynamics of relations with yield. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 3, p. 334-342, 2021.
- REGINATTO, D. C., SILVA, J. A. G., CARVALHO, I. R., LAUTENCHLEGERE, F., ROSA, J. A., PETER, C. L., HENRICHSEN, L., JUNG, M. S., BASSO, N. C. F., ARGENTA, C. V., NORBERT, L., BABESKI, C. M. Nitrogen management at sowing and topdressing with the time of supply in the main biotype of oats grown in southern Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 4, p. 524-530, 2021.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Brazilian Soil Classification System**. 5th ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SCREMIN, O.B.; SILVA, J.A.G. DA; MAMANN, A.T.W. *et al.* Nitrogen efficiency in oat yield through the biopolymer hydrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, p.379-385, 2017.
- SCREMIN, O. B., SILVA, J. A. G., CARVALHO, I. R., DE MAMANN, A. T. W., KRAISIG, A. R., ROSA, J. A., PETER, C. L., WARMBIER, E., PEREIRA, L. M., BASSO, N. C. F., ARGENTA, C. V., MATTER, E. N. Artificial intelligence by artificial neural networks to simulate oat (*Avena sativa* L.) grain yield through the growing cycle. **Journal of Agricultural Studies**, v. 4, p. 610-628, 2020.
- SILVA, J.A.G.; DE MAMANN, Â, SCREMIN, O., CARVALHO, I., PEREIRA, L., LIMA, A., LAUTENCHLEGERE, F., BASSO, N., ARGENTA, C., BERLEZI, J., PORAZZI, F., MATTER, E., NORBERT, L. Biostimulants in the Indicators of Yield and Industrial and Chemical Quality of Oat Grains. **Journal fo Agricultural Studies**. v.8, n.68. p.1-14, 2020.
- SILVEIRA, G. da; CARVALHO, F.I.F.de; OLIVEIRA, A.C.de et al. Efeito da densidade de semeadura e potencial de aphilamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. *Bragantia*, São Paulo, v.69, p. 63-70, 2010.
- TRAUTMANN, A. P. B.; SILVA, J. A. G.; CARVALHO, I. R.; COLET, C. F.; LUCCHESI, O. A.; BASSO, N. C. F.; ALESSI, O.; SGARBOSSA, J.; DIAS, J. E. L.; PETER, C. L. Sustainable nitrogen efficiency in wheat by the dose and mode of supply. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, n.9, p.670-679, 2022.