

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Modelagem matemática da produtividade e qualidade industrial de grãos de aveia pelo uso do nitrogênio em distintos sistemas de cultivo

Rubia Diana Mantai¹

Osmar Bruneslau Scremin²

Anderson Marolli³

Ana Paula Brezolin⁴

Ângela Teresinha Woschinski de Mammann⁵

Ari Higino Scremin⁶

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, UNIJUI, Ijuí, RS

José Antonio Gonzalez da Silva⁷

Departamento de Ciências Agrárias, UNIJUI, Ijuí, RS

Resumo. A elevada produtividade e qualidade de grãos de aveia é dependente do fornecimento do nitrogênio. Propôs com este estudo determinar o modelo matemático do aproveitamento de nitrogênio em cultivares de aveia na elaboração da produtividade e qualidade industrial de grãos pela máxima eficiência técnica e econômica de uso do nutriente em distintos sistemas de cultivo. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro repetições, seguindo um modelo fatorial simples 4x2, nas fontes de variação doses de N-fertilizante (fonte ureia) nos níveis 0, 60, 120 e 180 kg N ha⁻¹ e cultivares de aveia com genótipos URS Taura e URS Tarimba, nos sistemas de sucessão milho/aveia e soja/aveia. Foi realizado teste de médias, e modelos de regressões polinomiais na estimativa da máxima eficiência técnica e econômica de uso do nitrogênio. A cultivar URS Taura mostra-se superior em relação a URS Tarimba quanto à produtividade de grãos e massa do hectolitro, porém, inferior no índice de descasque. No sistema soja/aveia, a dose de N-fertilizante que preconiza a máxima eficiência técnica e econômica de produtividade de grãos é de 98 e 84 kg de N ha⁻¹, respectivamente, e produtividade industrial, na máxima eficiência técnica e econômica de 106 e 83 kg ha⁻¹, respectivamente. No sistema milho/aveia os valores das doses de nitrogênio para a máxima eficiência técnica e econômica foram muito similares devido as condições ambientais satisfatórias para a cultura.

Palavras-chave. Avena sativa, Eficiência técnica, Eficiência econômica, Regressão.

¹rdmantai@yahoo.com.br

²osmarscremin@hotmail.com

³marollia@yahoo.com.br

⁴anabrezolin@hotmail.com

⁵angelademamann@hotmail.com

⁶ahscremin@hotmail.com

⁷jagsfaem@yahoo.com.br

1 Introdução

A aveia branca é um cereal de inverno com múltiplos propósitos, como cobertura e proteção do solo e usos na alimentação animal e humana [2]. Seus grãos possuem um alto valor nutritivo, rico em fibras e proteínas, qualificando a espécie e evidenciando o interesse industrial [1]. Esta espécie é altamente dependente de nitrogênio, nutriente fundamental para seu crescimento e desenvolvimento [4].

O emprego adequado do N-fertilizante para a cultura pode promover elevada produtividade e qualidade, mas também pode ocorrer prejuízos, pelo excesso do nutriente, reduzindo a produtividade e/ou causando o acamamento da plantas [2]. Portanto, além do uso adequado do N-fertilizante, é fundamental a utilização de cultivares com capacidade de absorção e uso para alta expressão de caracteres ligados a produtividade de grãos e de indústria.

As condições climáticas e técnicas de cultivo também atuam sobre a eficiência de uso e aproveitamento do nitrogênio [3, 6], pois, o N-residual modifica a dinâmica de uso do N-fertilizante pela planta, através do tipo de precedente de alta ou reduzida decomposição da palha [7]. Portanto, a necessidade constante de análise sobre novos genótipos à quantificação da máxima eficiência técnica e econômica de uso do nitrogênio [3].

O objetivo do estudo é determinar o modelo matemático do aproveitamento de nitrogênio em cultivares de aveia na elaboração da produtividade e qualidade industrial de grãos pela máxima eficiência técnica e econômica de uso do nutriente em distintos sistemas de cultivo.

2 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido a campo no ano agrícola de 2015 no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) do Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da UNIJUÍ. A semeadura foi realizada na primeira semana de junho com semeadora-adubadora para composição da parcela constituída de 5 linhas de 5 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20 m, formando a unidade experimental de 5 m².

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro repetições, seguindo um modelo fatorial simples 4x2, nas fontes de variação doses de N-fertilizante (fonte ureia) nos níveis 0, 60, 120 e 180 kg N ha⁻¹ e cultivares de aveia com genótipos elite URS Taura e URS Tarimba, nos sistemas de sucessão milho/aveia e soja/aveia, totalizando 32 unidades experimentais por sistema de cultivo.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste de comparação de médias pelo modelo de Scott e Knott, conforme expressão,

$$\lambda = \frac{\pi}{2(\pi - 2)} \cdot \frac{\beta_0}{\hat{\sigma}_0^2} \quad (1)$$

em que, β_0 é o valor máximo das somas de quadrados entre grupos de médias de tratamentos, $\hat{\sigma}_0^2$ é a estimativa de máxima verossimilhança de σ^2 , dada por,

$$\sigma_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (\bar{y}_i - \bar{y})^2 + v s^2(\bar{y}_i)}{(p + v)} \quad (2)$$

em que, \bar{y}_i é a média do tratamento i , \bar{y} é a média de todos os dados, $s^2(\bar{y}_i)$ é a estimativa da variância da média do tratamento i , n é o número de repetições, p é o número de tratamentos, e v é o número de graus de liberdade do resíduo da ANOVA.

Foram realizadas regressões para ajuste do grau de polinômio visando estabelecer a máxima eficiência técnica e econômica das variáveis de interesse pela equação,

$$y = a \pm bx \pm cx^2 \quad (3)$$

em que y é a variável resposta, x é a dose de N-fertilizante, e a , b , e c são coeficientes do modelo. A partir da equação 3 foi empregado o modelo matemático da estimativa da máxima eficiência técnica, dado por,

$$x = \frac{-b}{2c} \quad (4)$$

e o modelo da máxima eficiência econômica, dado por,

$$x = \frac{\left(\frac{t}{w}\right) \cdot (-b)}{2c} \quad (5)$$

em que t é o valor do insumo (ureia) e w o valor do produto (aveia branca), sendo que neste período, o quilograma de ureia correspondeu ao custo de R\$1,10 e o valor pago ao produtor pelo kg de aveia branca em R\$0,90.

3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1, na análise do sistema soja/aveia, o efeito das doses de N-fertilizante foram significativos em alterar a produtividade de grãos e de indústria. Nos genótipos testados, houve significância nos caracteres massa do hectolitro (MH), índice de descasque (ID) e produtividade de grãos (PG). No sistema milho/aveia, foi observado que os efeitos de doses foram significativos em alterar a PG, a produtividade industrial (PI) e a MH.

Na comparação de médias entre as cultivares (Tabela 2), no sistema soja/aveia, a cultivar URS Taura mostrou maior expressão na PG e MH, porém, a URS Tarimba foi superior no ID. No sistema milho/aveia não houve alteração da PG e ID, apenas para a MH, onde a cultivar URS Taura foi superior.

Estudos realizados em aveia salientam que a recomendação da cultivar ao produtor é decisiva na produtividade e qualidade industrial de grãos [1]. Desta forma, é fundamental o ajuste da eficiência de uso do nitrogênio sobre as cultivares disponíveis, promovendo produções economicamente satisfatórias e com menor risco de poluição ambiental [3].

Na Tabela 3, no sistema soja/aveia, equações quadráticas foram significativas para a PG e PI. Assim, a MET e MEE na PG foi de 98 e 84 kg de N ha⁻¹, numa estimativa de 3439 e 3430 kg ha⁻¹, respectivamente. Na PI, a dose para a MET foi de 106 kg de N ha⁻¹ com uma PG de 1997 kg ha⁻¹ e MEE de 83 kg de N ha⁻¹ com 1982 kg ha⁻¹.

Tabela 1: Resumo da análise de variância dos efeitos de doses de nitrogênio no cultivo de diferentes genótipos de aveia branca na expressão dos caracteres de produção e qualidade industrial sobre resíduo de soja e milho.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio/ Caracteres de produção e qualidade industrial					
		PG (kg ha ⁻¹)	MH (kg hL ⁻¹)	MMG (g)	NG>2mm (n)	ID (g g ⁻¹)	PI (kg ha ⁻¹)
sistema soja/aveia							
Bloco	3	93072	0,53	0,49	33,7	0,0001	10348
Dose (D)	3	369885*	1,44 ^{ns}	2,03 ^{ns}	22,70 ^{ns}	0,003 ^{ns}	227450*
Genótipo (G)	1	405675*	9,03*	0,004 ^{ns}	10,12 ^{ns}	0,132*	32131 ^{ns}
D X G	3	92711 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,01 ^{ns}	12,20 ^{ns}	0,005 ^{ns}	83501 ^{ns}
Erro	21	88302	0,95	1,54	9,42	0,002	51741
Total	31						
Média Geral		3246	56	33,75	75,56	0,76	1871
CV (%)	9,15	1,74	3,68	4,06	6,1	12,15	
sistema milho/aveia							
Bloco	3	70232	1,75	0,4	4,69	0,0007	34879
Dose (D)	3	4165767*	17,41*	3,26 ^{ns}	15,36 ^{ns}	0,0038 ^{ns}	1238090*
Genótipo (G)	1	85594 ^{ns}	6,12*	0,55 ^{ns}	11,28 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	11666 ^{ns}
D X G	3	37197 ^{ns}	2,2 ^{ns}	1,38 ^{ns}	11,36 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	33786 ^{ns}
Erro	21	28364	0,72	2,05	15,62	0,0017	18158
Total	31						
Média Geral		2856	54,87	32,67	72,4	0,72	1497
CV (%)		5,89	1,55	4,38	5,45	5,69	8,99

*=significativo a nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns= não significativo a nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; CV= Coeficiente de variação; GL= graus de liberdade; PG= Produtividade de grãos; MH= Massa do hectolitro; MMG= Massa de mil grãos; NG>2mm= Número de grãos maior que 2mm; ID= índice de descasque; PI= Produtividade industrial.

Tabela 2: Comparação de médias dos caracteres para a produtividade e qualidade industrial para distintas cultivares e sistemas de plantio da cultura da aveia branca.

Cultivares	PG (kg ha ⁻¹)	MH (kg hL ⁻¹)	ID (g g ⁻¹)
sistema soja/aveia			
URS Tarimba	3133b	56b	0,78a
URS Taura	3358a	57a	0,74b
sistema milho/aveia			
URS Tarimba	-	54,43b	-
URS Taura	-	55,31a	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si na probabilidade de 5% de erro pelo teste de Scott e Knott. PG= Produtividade de grãos; MH= Massa do hectolitro; ID= índice de descasque.

A diferença de uso do nitrogênio pela eficiência técnica e econômica se mostrou expressiva, de modo que para a PG, a MEE reduziu 14 kg ha⁻¹ de N mantendo a produtividade

Tabela 3: Determinação da equação e grau do polinômio nas variáveis dependentes do rendimento de grãos e qualidade industrial, valores da estimativa da máxima eficiência técnica (MET) e econômica de produção (MEE) pelos efeitos de doses de nitrogênio em aveia.

Equação $y = a \pm bx \pm cx^2$	R ²	P (b_{ix}^n)	MET N(kg ha ⁻¹)	MET y_E	MEE N(Kg ha ⁻¹)	MEE y_E
sistema soja/aveia						
$PG = 3030 + 8,3113x - 0,0122x^2$	79	*	98	3439	84	3430
$PI = 1700 + 5,5756x - 0,0261x^2$	87	*	106	1997	83	1982
sistema milho/aveia						
$PG = 1817 + 26,7157x - 0,1083x^2$	98	*	123	3464	117	3460
$MH = 53 + 0,0422x - 0,0001x^2$	84	ns	-	-	-	-
$PI = 931 + 13,4530x - 0,0511x^2$	99	*	131	1816	119	1808

P= probabilidade da equação; *= significativo a 5% de probabilidade de erro; ns= não significativo a 5% de probabilidade de erro; R²= coeficiente de determinação; MET y_E = produtividade estimada pela máxima eficiência técnica da dose x; MEE y_E = produtividade estimada pela máxima eficiência econômica da dose x. PG= Produtividade de grãos; PI= Produtividade industrial; MH= Massa do hectolitro.

de grãos praticamente inalterada (Tabela 3). Do mesmo modo para a PI, com uma redução de aproximadamente 20% na dose de N-fertilizante. Estes dados, confirmam que a dose da eficiência econômica além de garantir uma boa produção, ainda proporciona menores gastos ao produtor

Na Tabela 3, no sistema milho/aveia, a MH apresentou uma tendência quadrática, mas não significativa, já as demais variáveis obtiveram-se equações quadráticas com parâmetro de grau dois efetivo. Na PG, a dose estimada à MET e MEE foi de 123 e 117 kg de N ha⁻¹, numa PG estimada em 3464 e 3460 kg ha⁻¹, respectivamente. Na PI os valores para a MET e MEE foram de 131 e 119 kg de N ha⁻¹, respectivamente, com PI estimado de 1816 e 1808 kg ha⁻¹, respectivamente. O valor da dose de nitrogênio para a PG e PI obtido pela MET e MEE foi muito similar, devido a um ano agrícola favorável para a aveia (Figura 1), com constantes precipitações ao longo do ciclo de desenvolvimento, permitindo alavancar a absorção do nutriente.

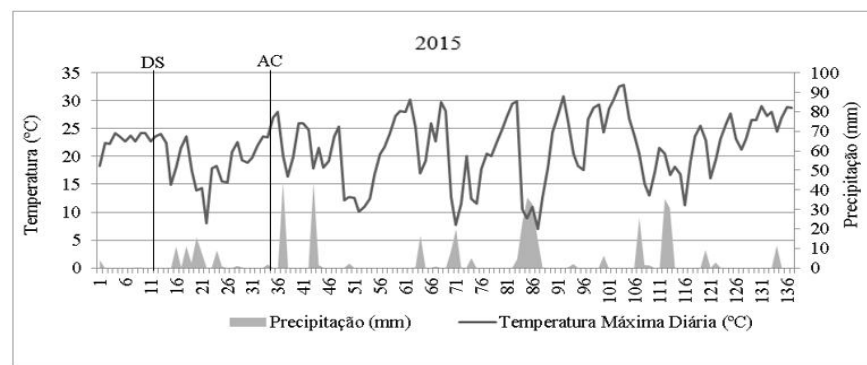


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica e temperatura máxima do ano de 2015; DS - Data da Semeadura; AC - Adubação em Cobertura. Fonte: Instituto Regional de Desenvolvimento Rural.

O aumento de precipitação pluviométrica proporciona maiores condições para decom-

posição do resíduo de cobertura sobre o solo, melhorando a liberação de nutrientes para o aproveitamento das plantas em sucessão [5].

4 Conclusões

A cultivar URS Taura mostra-se superior em relação a URS Tarimba quanto à produtividade de grãos e massa do hectolitro, porém, inferior no índice de descasque.

No sistema soja/aveia, a dose de N-fertilizante que preconiza a máxima eficiência técnica e econômica de produtividade de grãos é de 98 e 84 kg de N ha⁻¹, respectivamente, e produtividade industrial, na eficiência técnica e econômica de 106 e 83 kg ha⁻¹, respectivamente.

No sistema milho/aveia os valores das doses de nitrogênio para a máxima eficiência técnica e econômica foram muito similares devido as condições ambientais satisfatórias para a cultura.

5 Agradecimentos

Ao CNPq, CAPES, FAPERGS e à UNIJUI pelo aporte dos recursos destinados ao desenvolvimento deste estudo e pelas bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica, de Apoio Técnico, de Pós-graduação e de Produtividade em Pesquisa.

Referências

- [1] M. Crestani, F. I. F. de Carvalho, A. C. de Oliveira, J. A. G. da Silva, L. C. Gutkoski, J. F. Sartori, R. L. Barbieri, D. Baretta. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia branca cultivadas em diferentes ambientes, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45 : 261 – 268, 2010.
- [2] M. C. Hawerth, J. A. G. da Silva, C. A. Souza, A. C. de Oliveira, H. de S. Luche, C. M. Zimmer, F. J. Hawerth, J. Schiavo, J. C. Sponchiado. Redução do acamamento em aveia branca com uso do regulador de crescimento etil trinexapac, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50 : 115 – 125, 2015. DOI: 10.1590/S0100 – 204X2015000200003.
- [3] R. D. Mantai, J. A. G. da Silva, A. T. Z. R. Sausen, J. S. P. Costa, S. B. V. Fernandes, C. Ubessi. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 : 343 – 349, 2015. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p343-349.
- [4] L. Sangoi, A. C. Berns, M. L. de Almeida, C. G. Zanin, C. Schweitzer. Características agrônomicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura, *Ciência Rural*, 37:1564-1570, 2007. DOI:10.1590/S0103-84782007000600010.

- [5] J. A. G. da Silva, M. B. da Motta, C. A. M. Bianchi, M. Crestani, J. Gaviraghi, C. Fontaniva, E. Gewbwe. Alelopatia da canola sobre o desenvolvimento e produtividade da soja. *Revista Brasileira de Agrociência*, 17:428-437, 2011.
- [6] R. Viola, G. Benin, L. C. Cassol, C. Pinnow, M. F. Flores, E. Bornhofen. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto, *Bragantia*, 72:20-28, 2013. DOI:10.1590/ S0006-87052013005000013.
- [7] A. Wendling, F. L. F. Eltz, M. M. Cubilla, T. J. C. Amado, J. Mielniczuk, T. Lovato. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:985-994, 2007. DOI:10.1590/S0100-06832007000500015.