

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

**MODELAGEM POR SUPERFÍCIE DE RESPOSTA SOBRE O USO
COMBINADO DO NITROGÊNIO NA BASE COM DIFERENTES ÉPOCAS DE
FORNECIMENTO EM COBERTURA EM SISTEMA SOJA/AVEIA¹
SURFACE MODELING OF ANSWER ON THE COMBINED USE OF
NITROGEN AT THE BASIS WITH DIFFERENT TIMING PERIODS IN
SOYBEAN/OATS SYSTEM COVERAGE**

**Adriana Rosélia Kraissig², Douglas César Reginatto³, Odenis Alessi⁴,
Vanessa Pansera⁵, Ângela Teresinha Woschinski De Mamann⁶, José
Antonio Gonzalez Da Silva⁷**

¹ Pesquisa Institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários - DEAg/UNIJUI

² Doutoranda em Modelagem Matemática, Bolsista CAPES, UNIJUI, maryshelei@yahoo.com.br

³ Mestre em Modelagem Matemática, UNIJUI, reginattodouglas@gmail.com

⁴ Doutorando em Modelagem Matemática, UNIJUI, odenisalessi@hotmail.com

⁵ Doutoranda em Modelagem Matemática, UNIJUI, vpansera@hotmail.com

⁶ Doutoranda em Modelagem Matemática, UNIJUI, angelademamann@hotmail.com

⁷ Professor orientador, DEAg/UNIJUI, jagsfaem@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A aveia tem grande importância como cultura alternativa no sul do Brasil, considerada um cereal de múltiplos propósitos (CRESTANI et al., 2010; SCREMIN et al., 2017). Na alimentação animal é usada na forma de pastagens, feno, silagem e seus grãos na composição de rações. Na alimentação humana, por ser um alimento funcional, traz grandes benefícios à saúde, pelo elevado conteúdo de proteínas e fibras, responsável pela ação de redução do colesterol ruim, diminuindo os riscos de doenças cardiovasculares (CRESTANI et al., 2010; MANTAI et al., 2016).

O potencial da produtividade da aveia, está associado às características genéticas das cultivares e sua interação com condições climáticas e técnicas de manejo (PELÚZIO et al., 2008; BENIN et al., 2012). Dentre as técnicas de manejo, a dose e a época de aplicação do N-fertilizante são fundamentais para o incremento da produtividade da aveia (TAKAYAMA et al., 2006; FLORES et al., 2012). O nitrogênio é decisivo para maximização da produtividade, porém a aplicação do nutriente em condições inadequadas como a exposição aos raios solares, temperatura elevada e restrição de água disponível no solo, facilita as perdas por volatilização (BARRACLOUGH et al., 2010; ARENHARDT et al., 2015). A eficiência de uso do nitrogênio é diretamente dependente de condições adequadas de temperatura e umidade do solo (PELÚZIO et al., 2008; BENIN et al., 2012). A adubação de base por proteger o nitrogênio dos raios solares, também mantém o nutriente mais próximo às raízes, e levanta a hipótese da possibilidade de aumentar as doses de N-fertilizante na base com redução em cobertura sobre a dose total a ser fornecida para a expectativa de produtividade desejada.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

A análise via superfície de resposta, permite a avaliação dos efeitos de dois ou mais fatores quantitativos e suas interações sobre as variáveis de interesse (BOX & WILSON, 1951). Nesse contexto, podem auxiliar no ajuste das doses de nitrogênio aplicadas na base junto com a época de fornecimento em cobertura, possibilitando uma melhor compreensão destes fatores sobre o manejo do nitrogênio e a produtividade. Portanto, o objetivo do estudo é analisar via superfície de resposta a eficiência de uso do nitrogênio sobre a produtividade de aveia pelas relações que envolvem as doses de nitrogênio na semeadura com as épocas de fornecimento em cobertura, no sistema de sucessão soja/aveia, buscando proposições tecnológicas mais ajustadas de manejo.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo em 2016 e 2017 na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR), Augusto Pestana, RS, Brasil. O delineamento foi de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um modelo fatorial simples 3x4, sendo três adubações nitrogenadas de base (0- testemunha, 30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro épocas de aplicação de adubação nitrogenada em cobertura (0, 10, 30 e 60 dias após a emergência), respectivamente. A dose de adubação nitrogenada fornecida nas diferentes épocas em cobertura foi definida respeitando as indicações da cultura da aveia, pelo tipo de precedente cultural, teor de matéria orgânica do solo e da expectativa de produtividade, considerando neste estudo uma estimativa de 4000 kg ha⁻¹ de produtividade de grãos. Para as doses de fornecimento de nitrogênio, foram consideradas as condições indicadas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições da aplicação de doses de nitrogênio.

Nitrogênio base (kg ha ⁻¹)	Nitrogênio cobertura (kg ha ⁻¹)	N total fornecido (kg ha ⁻¹)	Expectativa de PG (kg ha ⁻¹)
Sistema soja/aveia			
0	70		
10	60	70	4000
30	40		
60	10		

N – Nitrogênio; PG – Produtividade de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, foi observado que no ano favorável ao cultivo (2016), a dose 0 e 10 kg ha⁻¹ de adubação na semeadura promoveram a maior produtividade, com a aplicação em cobertura aos 10 e 30 dias após a emergência. Os valores mais expressivos de produtividade de grãos no uso da adubação de base com 0 e 10 kg ha⁻¹ de nitrogênio, quando fornecido aos 30 dias após a emergência, na grande maioria das condições de ano agrícola. No ano desfavorável (2017), se evidencia a necessidade de antecipação da adubação em cobertura aos 10 dias após a emergência, na adubação de base com 0, 10 e 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na expressão da produtividade de grãos. Estes resultados indicam que a amplitude da adubação de base de 0 até 10 kg ha⁻¹ mostra resultados similares de produtividade de grãos, com o fornecimento em cobertura do nutriente numa amplitude ao redor de 10 a 30 dias após a emergência.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 2. Teste de médias da produtividade de grãos sob doses de nitrogênio nos diferentes anos no sistema soja/aveia.

N Base (Kg ha ⁻¹)	N Época (dias)	PG (Kg ha ⁻¹)	
		2016 (AF)	2017 (AD)
0	0	2649 d	1421 c
0	10	3730 a	2496 a
0	30	4056 a	2006 b
0	60	2873 d	1862 b
10	0	2846 d	1505 c
10	10	3495 b	2274 a
10	30	3795 a	1951 b
10	60	3073 c	1887 b
30	0	3036 c	1722 b
30	10	3375 b	2201 a
30	30	3611 b	1942 b
30	60	3339 b	1901 b
60	0	2840 d	1778 b
60	10	3207 c	1912 b
60	30	3375 b	1882 b
60	60	3236 c	1831 b

N – Nitrogênio; PG – Produtividade de grãos; AF – Ano favorável; AD – Ano desfavorável; Médias seguidas pelas mesmas letras constituem um grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott & Knott com uma probabilidade de erro de 5%.

Na Tabela 3 estão apresentadas as significâncias de quadrado médio (QM) e o coeficiente de determinação (R²) para validação da estrutura de superfície de resposta para otimização da dose de nitrogênio na semeadura com o fornecimento em cobertura sobre a expressão de produtividade de grãos. É possível verificar maior significância de quadrado médio e coeficiente de determinação quanto a produtividade (Z), no modelo estrutural de superfície mais completo.

Tabela 3. Quadrados médios da estrutura do modelo de superfície de resposta no uso combinado de nitrogênio na base e em cobertura à produtividade de grãos de aveia.

Modelo Estrutural/Superfície de Resposta	2016 (AF)		2017 (AD)	
	QM	R ²	QM	R ²
Sistema soja/aveia				
Z = a+bX	337385	3	57096	1
Z = a+bY	119063	1	22083	1
Z = a+bX+cY	224447	4	39590	1
Z = a+bX+cX ² +dY	159019	4	30356	1
Z = a+bX+cY+dY ²	2120567*	77	361669*	64
Z = a+bX+cX ² +dY+eY ²	1601533*	78	274224*	64
Z = a+bX+cY+dXY	245513	6	29676*	1
Z = a+bX+cX ² +dY+eXY	190283	6	25229	1
Z = a+bX+cY+dY ² +eXY	1649579*	79	273714*	64
Z = a+bX+cX ² +dY+eY ² +fXY	1327716*	80	221349	54
Z = a+bX+cX ² +dY+eY ² +fXY+gX ² Y	1114459*	80	184527	54
Z = a+bX+cX ² +dY+eY ² +fXY+gXY	1308559*	81	230665	38
Z = a+bX+cX ² +dY+eY ² +fXY+gX ² Y+hXY ²	1127046*	81	197773	38
Z = a+bX+cX ² +dY+eY ² +fXY+gX ² Y+hXY ² +iX ² Y ²	1026157*	84	275993*	78

* - Significativo a 5% de probabilidade; QM – Quadrados médios; R² - Coeficiente de determinação (%); AF – Ano favorável; AD – Ano desfavorável; X – Nitrogênio na base; Y – Nitrogênio na época; Z – Produtividade de grãos (PG); a, b, c, d, e, f, g, h, i – Coeficientes de regressão.

Na Tabela 4, está apresentado as equações de superfície de resposta que permitem otimizar o

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

ajuste da melhor dose de nitrogênio na base com a época de fornecimento em cobertura utilizando o modelo completo.

Tabela 4. Equação de superfície de resposta com os coeficientes do modelo para adubação de base (X) e época de fornecimento de nitrogênio (Y).

Ano	Equação de Superfície de Resposta
	$PG = a + bX + cX^2 + dY + eY^2 + fXY + gX^2Y + hXY^2 + IX^2Y^2$
	Sistema soja/aveia
2016 (AF)	$PG = 2817 + 13,38X - 0,20X^2 + 85,99Y - 1,42Y^2 - 2,63XY + 0,028X^2Y + 0,047XY^2 - 0,00051X^2Y^2$
2017 (AD)	$PG = 1668 + 8,13X - 0,09X^2 + 36,93Y - 0,57Y^2 - 1,02XY + 0,0086X^2Y + 0,016XY^2 - 0,00014X^2Y^2$

PG – Produtividade de grãos; AF – Ano favorável; AD – Ano desfavorável.

O modelo mais completo de superfície de resposta está ajustado para representação do processo de otimização. Nesta perspectiva, as equações apresentadas na Tabela 4, foram utilizadas para derivação parcial na obtenção da máxima produtividade de grãos (PG) em função do ajuste da combinação ideal da dose de nitrogênio na base $\frac{\partial PG}{\partial N_{Base}}$ com a época de fornecimento em cobertura $\frac{\partial PG}{\partial N_{Época}}$.

Através, da Figura 1 é possível verificar que as superfícies tridimensionais para otimização promoveram maior produtividade de grãos, independente de ano agrícola, quando há ausência de nitrogênio aplicado na semeadura e do fornecimento do nutriente em cobertura ao redor de 30 dias. Os resultados dos modelos de otimização apresentados suportam a ideia que é mais vantajoso direcionar o nitrogênio total para o fornecimento em cobertura e não fracionando uma parte para aplicação do nutriente junto a semeadura. Além disso, são resultados que discordam da literatura frente as técnicas de recomendação de adubação, que indicam a necessidade de adubação de base de 10 a 20 kg ha⁻¹ e o restante em cobertura para contemplar a expectativa de produtividade desejada.

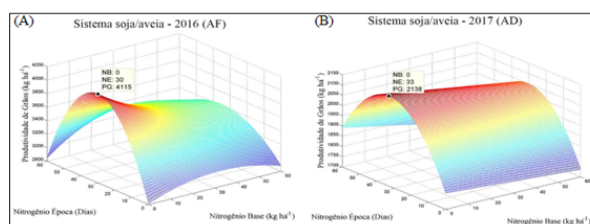


Figura 1. Otimização do uso combinado de nitrogênio aplicado na base e em diferentes épocas para a produtividade de grãos nas condições de ano. NB – Nitrogênio base; NE – Nitrogênio época; PG – Produtividade de grãos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de análise via superfície de resposta se mostra eficiente na recomendação de uso do nitrogênio sobre a produtividade de aveia pelas relações que envolvem as doses de nitrogênio na semeadura com as épocas de fornecimento em cobertura. Na perspectiva de maior produtividade é mais vantajoso direcionar o nitrogênio total em cobertura ao redor de 30 dias, sem fornecimento do nutriente na semeadura no sistema soja/aveia.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

Palavras-chave: Avena sativa; otimização; produtividade de grãos; técnicas de manejo.

Keywords: *Avena sativa; optimization; management techniques; grain yield.*

REFERÊNCIAS

- ARENHARDT, E. G.; DA SILVA, J. A. G.; GEWEHR, E.; ARENHARDT, L. G.; ARENHARDT, C. L.; NONNENMACHER, G. Cultivar release CG picaço : a new cultivar of sudangrass with high forage performance and seed yield, **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 1, p. 51-55, 2015.
- BARRACLOUGH, P. B.; HOWARTH, J. R.; JONES, J.; LOPEZ-BELLIDO, R.; PARMAR, S.; SHEPHERD C. E.; HAWKESFORD, M. J. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environment variation and prospects for improvement. **European Journal of Agronomy**, v.33, p.1-11, 2010.
- BENIN, G.; BORNHOFEN, E.; BECHE, E.; PAGLIOSA, E. S.; DA SILVA, C. L.; PINNOW, C. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n.3, p. 275-283, 2012.
- BOX, G.E.P.; WILSON, K.B. On the experimental attainment of optimum conditions. **Journal of the royal statistical society**, v.13, n.1, pp. 1-45, 1951.
- CRESTANI, M.; DE CARVALHO, F. I. F.; DE OLIVEIRA, A. C.; DA SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; BARBIERI, R. L.; BARETTA, D. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 261-268, 2010.
- FLORES, R. A.; URQUIAGA, S. S.; ALVES, B. J. R.; COLLIER, L. S.; DE MORAIS, R. F.; PRADO, R. de M. Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim elefante no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1282-1288, 2012.
- MANTAI, R. D.; DA SILVA, J. A. G.; ARENHARDT, E. G.; SCREMIN, O. B.; DE MAMANN, A. T. W.; FRANTZ, R. Z.; VALDIERO, A. C.; PRETTO, R.; KRYSCZUN, D. K. Simulation of oat grain (Avena sativa) using its panicle components and nitrogen fertilizer. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 40, p. 3975-3983, 2016.
- PELÚZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; GIONGO, P.; DA SILVA, J. C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H. B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 1439-1447, 2008.
- SCREMIN, O. B.; SILVA, J. A. G. da; MAMANN, Â. T. W. de.; MAROLLI, A.; MANTAI, R. D.; TRAUTMANN, A. P. B.; KRAISIG, A. R.; SCREMIN, A. H.; KRUGER, C. A. M. B.; DORNELLES, E. F. Nitrogen and hydrogel combination in oat grains productivity. **International Journal of Development Research**, v.7, n.7, p.13896-13903, 2017.
- TAKAYAMA, T.; ISHIKAWA, N.; TAYA, S. The effect to the protein concentration and flour quality of nitrogen fertilization at 10 days after heading in wheat. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v.40, p.291-297, 2006. <http://dx.doi.org/10.6090/jarq.40.291>.