

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS DO MANEJO DE USO DO NITROGÊNIO PELO FRACIONAMENTO EM TRIGO E A PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA VIA COMPONENTES DA ESPIGA NA SIMULAÇÃO DO RENDIMENTO DE GRÃOS¹

Rafael Pretto², Andressa Raquel Cyzeski De Lima³, Dionatan Ketzer Krysczun⁴, Guilherme Arnold⁵, Dionatas R. Da Silva⁶, José Antonio Gonzalez Da Silva⁷.

¹ Resultados do projeto de pesquisa do grupo em sistemas técnicos de produção agropecuária.

² Aluno do Curso de Graduação em Agronomia da UNIJUI, bolsista PROBITI/FAPERGS, p.rafaapreto@gmail.com;

³ Aluno do Curso de Graduação em Agronomia da UNIJUI, bolsista PROBIC/FAPERGS, andressaraqueldelima@gmail.com;

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Agronomia da UNIJUI, bolsista PIBITI/CNPQ, diona1994@hotmail.com;

⁵ Aluno do Curso de Graduação em Agronomia da UNIJUI, bolsista PIBIC/UNIJUI, guilherme.arnold@yahoo.com.br;

⁶ Aluno do Curso de Graduação em Agronomia da UNIJUI, bolsista PIBIC/CNPQ, dionatas_rodrigues16@hotmail.com;

⁷ Professor Doutor do Departamento de Estudos Agrários, Orientador, jagsfaem@yahoo.com.br;

Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o segundo cereal mais produzido no mundo, (Ministério da Agricultura - MAPA, 2015), cultivado em larga escala e em diversas regiões. É utilizado de diversas formas, desde a fabricação de farinha para a panificação, no farelo na alimentação animal, além do gérmen que é aproveitado na indústria farmacêutica para a fabricação de óleos e dietéticos (PINNOW et al., 2013). O rendimento de grãos é o produto final de uma série de interações que ocorrem no agrossistema de trigo. Assim, o máximo potencial produtivo da cultura envolve além do potencial genético, outros fatores, como o clima, solo, água, nutrientes e a interatividade com pragas e doenças. O que se pode afirmar é que o potencial genético de uma cultivar será expresso somente quando existirem condições edafoclimáticas e de manejo do agrossistema adequadas (HOEFT, 2003; SIMILI et al., 2008; BOSCHINI et al., 2011).

Entre as técnicas de manejo, a adubação nitrogenada é uma das mais importantes em razão do Nitrogênio (N) ser um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura do trigo, com respostas positivas do rendimento, considerando que afeta o crescimento e o desenvolvimento da planta, influenciando o seu potencial produtivo (SILVA et al., 2015). O nitrogênio é o nutriente que tem maior interferência na composição da planta de trigo, sendo o mais exigido durante o seu desenvolvimento. Assim, a produtividade está intensamente ligada ao manejo da adubação nitrogenada seja por meio de diferentes doses, e quanto a forma de aplicação, seja dose cheia ou fracionamento (THEAGO, 2014). Na literatura há uma discordância de que o fracionamento da dose de N não seja eficiente na melhoria do rendimento. Porém tem-se que o este fracionamento

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

aplicado em momentos específicos do desenvolvimento da cultura mostra incrementando no número de grãos por espiga e o número de espigas por área, sendo que estes componentes estão diretamente ligados ao rendimento da cultura (SILVA, et al., 2015). Destaca-se que grande parte dos fatores de clima, de solo e o potencial genético da cultura esteja expresso sobre os componentes ligados a espiga, determinando os reflexos da diferentes interações de manejo e clima. Desta forma, a possibilidade de emprego destes componentes num modelo matemático de previsibilidade, pode qualificar as recomendações frente as tecnologias ligadas ao manejo do nitrogênio. O uso da regressão linear múltipla vem sendo empregado na verificação de redução de produtividade pela brusone na cultura do arroz (Prabhu et al., 2003) e foi adequado para representar o período de duração(dias) entre a emergência e a floração da cultura da soja (Rodrigues et al. 2001). Além disto, Costa (2013) mostrou a possibilidade de uso deste modelo em representar a estimativa de produtividade de grãos em trigo. Deste modo o objetivo do presente trabalho visa qualificar a possibilidade alterações tecnológicas do manejo de uso do nitrogênio pelo fracionamento em trigo e a proposta de aplicação de regressão linear múltipla via componentes da espiga na simulação da produtividade de grãos nos sistemas de cultivo.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) pertencente ao Departamento de Estudos Agrário (DEAg) da UNIJUÍ. Quanto ao volume de pluviosidade, a estação meteorológica do IRDeR registra normalmente volumes próximos a 1600 mm anuais, com ocorrência de maiores precipitações no inverno. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e parcelas de 5m² num esquema fatorial 3x4 para condições de adubação nitrogenada com aplicação total ou fracionada, (V3, V3/V6 e V3/R1) e doses de adubação nitrogenada (0, 30, 60 e 120 kg de N ha⁻¹) nos sistemas de sucessão de rápida e lenta liberação de N-residual, nos anos agrícolas de 2011 e 2012, utilizando a cultivar Guamirim obedecendo as recomendações técnicas para a cultura. Os dados obtidos foram submetidos a análise de regressão linear em cada condição de dose cheia e fracionamento do nitrogênio, empregando no modelo o incremento total de uso das doses. Além disto, o uso de regressão linear múltipla, em cada condição de fracionamento de adubação e sistema de sucessão, com a inclusão das variáveis mais adequadas ao modelo via técnica de Stepwise na seleção probabilística. O modelo de regressão linear múltipla aplica-se nos casos em que y é uma função linear de duas variáveis ou mais. Neste caso, deseja-se encontrar os valores $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$, tais que a relação entre eles seja aproximada por uma expressão do tipo $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_n x_n$

Na forma matricial

FIGURA 1

De maneira análoga ao ajuste linear simples, a solução b_i que mínima os erros é dada pela solução do sistema:

FIGURA 2

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

Os resultados foram obtidos com o auxílio do programa computacional Genes.

Resultados e Discussão

Na tabela 1, considerando o efeito cumulativo de dois anos de cultivo (2011 e 2012) no sistema soja/trigo e milho/trigo, as doses de 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N indicaram significância de quadrado médio e tendência linear. A fora isto, os parâmetros das equações ajustadas confirmaram o coeficiente angular (bix) significativo, dando subsídio da linearidade positiva destas equações. Nestas condições, nos dois sistemas a expectativa de rendimento proposto foi na obtenção de 3000 kg de RG ha⁻¹. Portanto, no sistema soja/trigo, o melhor resultado foi obtida na aplicação cheia em V3, proporcionando que a cada 1 kg de N adicionado por hectare renderia aproximadamente 65 kg de RG, proporciona um rendimento estimado de 4059 kg ha⁻¹. No sistema milho/trigo, foi constatado nesta condição que o fracionamento no estágio V3/V6 pode representar benefícios mais expressivos no RG com, uma estimativa de 4693 e 4739 kg ha⁻¹ de RGE. Importante comentar que os valores estimados foram muito superiores aqueles esperados segundo as indicações técnicas da cultura do trigo (RCBPT, 2011).

Na tabela 2 está apresentada a regressão via Stepwise e as variáveis que são decisivamente importantes para elaboração do modelo de regressão múltipla. Assim, no sistema soja/trigo no estágio de aplicação V3 o NGE, o ICE e N foram as classificadas. No estágio V3/V6 a ME e o N indicaram a maior contribuição. No V3/R1 tanto o CE e N são as variáveis independentes mais promissoras. Já no sistema milho/trigo, no estágio V3, o modelo Stepwise qualifica a MGE, CE e N como os mais efetivos. E no V3/V6 o ICE e N foram os destacados. Já no V3/R1 apenas o N mostra elevada contribuição para o desenvolvimento da equação. Contudo, em todas as condições avaliadas, independente do sistema de sucessão, o N foi o componente determinante a ser incluído em todas as equações múltiplas a serem propostas, confirmando tal importância do elemento químico nos processos ligados ao desenvolvimento da planta de trigo.

Na tabela 3 estão apresentadas as equações múltiplas envolvendo todas as variáveis potenciais classificadas pela técnica Stepwise. Ressalta-se, que os valores utilizados para obtenção do rendimento de grãos estimado (RGE) foi obtido das médias observadas contidas na tabela 1. Portanto, no sistema soja/trigo o RGE obtido nos estádios V3, V3/V6 e V3/R1 foram 3122, 3086 e 2887 kg ha⁻¹, respectivamente. Em todas estas condições houve uma elevada similaridade com os observados nesta condição de cultivo. Destaca-se que em todas as condições de estimativa os valores obtidos foram fixados dentro do intervalo de confiança (IC) previsto. Já no sistema milho/trigo as equações obtidas para estimativa do RG também expressaram adequado ajuste, próximos aos valores observados. Portanto, tanto no V3, V3/V6 e V3/R1 o RGE foi de 3016, 2999, 2845 kg ha⁻¹, respectivamente.

Conclusão

A tecnologia de uso do nitrogênio pela dose cheia permite resultados mais efetivos sobre o aproveitamento de uso do nutriente à elaboração de grãos. O uso de fracionamento em condições mais restritivas pela liberação N-residual parece estar mais fundamentado. A possibilidade de

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

previsão de colheitas incluindo no modelo situações de manejo que são constantemente observadas nas lavouras de trigo representa a possibilidade de qualificar a estimativa de produtividade. Neste contexto, o emprego de regressão linear múltipla se mostra eficiente, principalmente quando inserido no modelo a dose de fornecimento de N e ao menos um ou mais caracteres da inflorescência para qualificar tal estimativa.

Palavras-Chave:

Avena sativa L., adubação nitrogenada, tecnologia, eficiência;

Referências:

BOSCHINI, Ana P. M. et al. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.5, p. 450-457, 2011.

CALDEIRA, M. T. M.; LIMA, A. L. V.; SEKI, A. H.; RUMJANEK, D. F. Diversidade de trigos, tipificação de farinhas e genotipagem. Biotecnologia e Desenvolvimento, São Paulo, p. 44-48, 2003.

COSTA, J. S. P. Modelagem matemática no comportamento do trigo sobre o escalonamento e doses de nitrogênio nos sistemas de cultivo. 2013.

CRUZ, C. D. Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001.

HOEFT, R. G. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho e soja nos EUA. Informações Agrônomicas. v. 104, n. 1, p. 1-4, 2003.

MAPA–Ministério da Agricultura e Pecuária. Culturas: Trigo. <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/trigo>> Acesso em: jun. 2015.

PINNOW, C.; BENIN, G.; VIOLA, R.; SILVA, C. L. S.; GUTKOSKI, L. C.; CASSOL, L. C. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. Bragantia, v.72, p.20-28, 2013.

PRABHU, A. S.; ARAUJO, L. G.; FAUSTINA, C. ; BERNI, R. F.. Estimativa de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.38, n.9, p. 1045-1051, 2003.

Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e tritcale (RCBPT). Informações técnicas para trigo e tritcale safra 2011. Cascavel: Embrapa Trigo, 2011.

RODRIGUES, O., et al. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, n.3, p. 431-437, 2001.

SILVA, J. A. G., et al . A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 19, n. 1, p. 27-33, Jan. 2015.

SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. Ciência e Agrotecnologia, Lavras. v. 32, p. 474-480, 2008.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

THEAGO, Eduardo Quimello et al . Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa , v. 38, n. 6, p. 1826-1835, dic. 2014.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{m1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{m2} \\ 1 & x_{13} & x_{23} & \dots & x_{m3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} & \dots & \sum x_{mi} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{2i} & \sum x_{3i} & \dots & \sum x_i^{n+1} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{3i} & \sum x_{4i} & \dots & \sum x_i^{n+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_{mi} & \sum x_{1i}x_{mi} & \sum x_{2i}x_{mi} & \dots & \sum x_{mi}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_{2i} y_i \\ \vdots \\ \sum x_{mi} y_i \end{bmatrix}$$

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 1. Resumo da análise de variância de equação de regressão e seus parâmetros para o rendimento (RG) nas épocas de adubação nitrogenada V_3 , V_3/V_6 , V_3/R_1 , com o valor rendimento de grãos estimado. UNIJUI, 2015.

Condição	Quadrado Médio (RG)	Equação $RG=b_0+b_1x$	P (b_1)	R ² %	RGE (kg ha ⁻¹)
Sistema soja/trigo (2011 + 2012)					
V_3	31248465*	$107,45+65,87x$	*	99	4059
V_3/V_6	26335653*	$243,37+60,47x$	*	94	3871
V_3/R_1	19509381*	$237,12+52,05x$	*	93	3360
Sistema milho/trigo (2011 + 2012)					
V_3	19015944*	$67,91+51,39x$	*	99	4693
V_3/V_6	18935858*	$124,75+51,28x$	*	98	4739
V_3/R_1	11448112*	$189,33+39,87x$	*	93	3777

V_3 = colar formado na 3ª folha do colmo principal, V_3/V_6 = Colar formado na 6ª folha do colmo principal e V_3/R_1 = Diferenciação da espiga; RG= Rendimento de Grãos; P (b_1)= parâmetro que mede a significância da reta; R²= coeficiente de determinação; RGE= Rendimento de Grãos estimado para dose de adubação nitrogenada de 60 kg N ha⁻¹ no sistema soja/trigo e 90 kg N ha⁻¹ no sistema milho/trigo, considerando uma expectativa de rendimento de 3 t ha⁻¹.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 2. Resultado para identificação de variáveis potenciais para o modelo de regressão múltipla via Stepwise. UNIJUI, 2015.

Fonte de variação	Quadrado Médio/ <u>Stepwise</u>		
	V_2	V_2/V_e	V_2/R_1
Sistema soja/trigo (2011 + 2012)			
Regressão	6508728*	7030946*	4940923*
ME	0,5	10848931*	0,5
MGE	0,5	0,5	0,5
NGE	444425*	0,5	0,5
CE	0,5	0,5	4134337*
ICE	14456663*	0,5	0,5
N	4625097*	3212961*	5747508*
Erro	99659	145805	192093
----- Sistema milho/trigo (2011 + 2012) -----			
Regressão	2597993*	4329377*	7547405*
ME	0,5	0,5	0,5
MGE	732107*	0,5	0,5
NGE	0,5	0,5	0,5
CE	2495537*	0,5	0,5
ICE	0,5	3298684*	0,5
N	4566335*	5360070*	7547405*
Erro	159756	100438	65295
----- Variáveis selecionadas -----			
	V_2	Médias observadas	
		V_2/V_e	V_2/R_1
Sistema soja/trigo (2011 + 2012)			
ME	-	1,39	-
NGE	27,88	-	-
CE	-	-	7,15
ICE	0,72	-	-
N	60	60	60
----- Sistema milho/trigo (2011 + 2012) -----			
MGE	0,97	-	-
CE	6,98	-	-
ICE	-	0,72	-
N	90	90	90

V_2 = colar formado na 3ª folha do colmo principal, V_2/V_e = Colar formado na 6ª folha do colmo principal e V_2/R_1 = Diferenciação da espiga; RG= rendimento de grãos; ME= massa da espiga; MGE= massa de grãos por espiga; NGE= número de grãos por espiga; CE= comprimento da espiga; ICE= índice de colheita da espiga; N= N; * = Significativo a 5% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F; 0,5= Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: V Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 3. Equação de Regressão Múltipla para estimativa do rendimento de grãos em trigo, com o rendimento de grãos observado. UNIJUI, 2013.

Condição RG/Época	Equação RG=f(x _i)	R	RG		IC LI-LS
			E	O	
Sistema soja/trigo					
RG V ₃	RG=-4547+70,99 _{NGE} +6947 _{ICE} +11,48 _N	0,90	3122	3277	2760-3794
RG V ₃ /V ₆	RG=-1782 +3097,92 _{ME} +9,38 _N	0,84	3086	3226	2764-3687
RG V ₃ /R ₁	RG=-6457+1156 _{CE} +17,98 _N	0,71	2887	3065	2649-3481
Sistema milho/trigo					
RG V ₃	RG=6212+2007,84 _{MGE} -904,38 _{CE} +12,99 _N	0,70	3016	2752	2382-3121
RG V ₃ /V ₆	RG=-4618+9134 _{ICE} +11,57 _N	0,80	2999	2762	2396-3128
RG V ₃ /R ₁	RG=1497+14,98 _N	0,84	2845	2546	2212-2880

V₃ = colar formado na 3ª folha do colmo principal, V₃/V₆= Colar formado na 6ª folha do colmo principal e V₃/R₁= Diferenciação da espiga; RGE= rendimento de grãos estimado; RGO= rendimento de grãos observado; ME= massa da espiga; MGE= massa de grãos por espiga; NGE= número de grãos por espiga; CE= comprimento da espiga; ICE= índice de colheita da espiga; N= nitrogênio; IC = intervalo de confiança.