

DESENVOLVIMENTO DA SOJA COM APLICAÇÕES DE HORMÔNIOS EM DIFERENTES DENSIDADES DE CULTIVO

Sydney Antonio Frehner Kavalco¹, Velci Queiróz de Souza², Diego Nicolau Follmann², Ivan Ricardo Carvalho², Maicon Nardino³, Gustavo Henrique Demari²

RESUMO – Objetivou-se com este trabalho determinar os efeitos diretos e indiretos fenotípicos das plantas de soja submetidas a diferentes concentrações de hormônios e densidades de cultivo. Este experimento foi conduzido em 2013/2014 na Universidade Federal de Santa Maria *Campus* de Frederico Westphalen. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso organizado em esquema fatorial, sendo três densidades de cultivo, quatro concentrações de hormônios, dispostos em três repetições. As densidades utilizadas foram 110.000, 180.000 e 245.000 plantas ha⁻¹. As concentrações de hormônios utilizadas correspondem a: (I) Ausência de aplicação, (II) 250 ml ha⁻¹ de Stimulate[®] aplicado em V5, (III) 500 ml ha⁻¹ de Stimulate[®] aplicado em R1, (IV) 750 ml ha⁻¹ de Stimulate[®] aplicado em R5. A análise de variância revelou interação significativa entre densidades de cultivo x concentrações de hormônios para as variáveis RG, IPL, NLR, NRH, NRR, NR, CR, NL1, NL2, NL3 e MMG. Ausência de interação foi evidenciada para os caracteres AH e NLH. A utilização de hormônios na dose de 750 ml ha⁻¹ aplicado no estágio R5 da soja contribuiu para o incremento dos caracteres NLH, NRR, NR, CR, NL1, NL2 quando utilizou-se a densidade de 110.000 plantas ha⁻¹. O rendimento de grãos não foi influenciado pelas concentrações de hormônios, mas a densidade de cultivo de 245.000 plantas ha⁻¹ evidenciou superioridade para este caráter. Efeitos diretos positivos ao rendimento de grãos foram revelados através dos caracteres NLH e MMG, e negativos por meio de NLR, NRH, NRR e NL3.

Palavras chave: hormônios, manejo da soja, reguladores do crescimento vegetal, rendimento de grãos.

DEVELOPMENT OF SOYBEANS WITH HORMONES APPLICATIONS IN DIFFERENT CROP DENSITIES

ABSTRACT – The aim of this study was to determine the phenotypic direct and indirect effects of soy when subjected to different concentrations of hormones and plant population. This experiment was conducted in 2013/2014, the Federal University of Santa Maria Campus of Frederico Westphalen. The experimental design was randomized complete blocks arranged in a factorial design, with three stocking densities, four concentrations of hormones, arranged in three replications. The densities used were 110.000 180.000 and 245.000 plants ha⁻¹. The hormones concentrations used correspond to: (i) lack of enforcement, (II) 250 ml ha⁻¹ applied in Stimulate[®] V5, (III) 500 ml ha⁻¹ Stimulate[®] applied in R1, (IV) 750 ml ha⁻¹ applied in Stimulate[®] R5. The analysis of variance revealed a significant interaction between plant population x hormone concentrations to the RG, IPL, NLR, NRH, NRR, NR, CR, NL1, NL2, NL3 and MMG variables. No interaction was observed for the AH and NLH characters. The use of hormones at a concentration of 750 ml ha⁻¹ applied to the R5 stage of soybeans contribute to the increase of LHN, NRR, NR, CR, NL1, NL2 to the density of characters 110.000 plants ha⁻¹. The grain yield was not affected by the doses of hormones, but the density cultivation of plants 245.000 ha⁻¹ shows superiority for this character. To yield positive direct effects are revealed through the NLH and MMG characters, and negative for NLR, NRH, NRR, NL3.

Keywords: grain yield, management of soybean, regulators of plant growth hormones.

¹ Engenheiro Agrônomo, EPAGRI.

² Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail para contato: carvalho.irc@gmail.com.

³ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Pelotas.



1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) tem grande importância para o sistema produtivo brasileiro e mundial. Na safra 2013/2014 houve incremento de 7,4% na área cultivada, e de 4,8% na produção de grãos no Brasil, sendo a estimativa total de produção para esta safra de 85,4 milhões de toneladas. Entretanto, ocorreu uma redução de 2,4% na produtividade da cultura em relação à safra anterior (Conab, 2014).

O uso de hormônios estimulantes na cultura da soja é recente, porém pode ser definido como o conjunto de hormônios do grupo das auxinas, giberelinas, citocininas, ou até mesmo, aminoácidos, vitaminas e sais minerais. Algumas culturas revelam a necessidade de alto nível técnico, desta forma, o uso de estimulantes tem o intuito de incrementar a produtividade, desde que o manejo nutricional e hídrico não seja limitante (Castro, 2006).

A utilização destes aditivos pode modificar as respostas morfológicas e fisiológicas da soja, com isso torna-se necessário a identificação simultânea de vários caracteres através da seleção de plantas, tendo por objetivo selecionar genótipos agronomicamente superiores e desejáveis ao melhoramento. O conhecimento das correlações fenotípicas poderá auxiliar na seleção de genótipos promissores, quanto à utilização de hormônios em plantas submetidas a diferentes densidades de cultivo.

A correlação simples permite estimar a magnitude e a direção das relações entre dois caracteres, permitindo avaliar a viabilidade do emprego da seleção indireta que, em alguns casos, pode levar a progressos genéticos mais rápidos e altamente expressivos no melhoramento genético (Cruz & Regazzi, 1994). Contudo, esta técnica não permite estimar as inter-relações entre as demais variáveis utilizadas na análise, o que leva a não compreensão do efeito geral dos caracteres obtidos no genótipo. A maioria das correlações é explicada pelos efeitos aditivos dos genes, afetando dois caracteres agrônômicos simultaneamente (Vencovsky & Barriga, 1992).

Desta forma, a análise de trilha contribui para o entendimento das associações entre caracteres, através do desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos de cada caráter sobre uma variável básica (Wright, 1921). Este método baseia-se na avaliação

do efeito de uma variável independente (x) sobre uma variável dependente (y), após a remoção da influência de todas as outras variáveis independentes (xi) incluídas na análise (Cruz & Carneiro, 2006). Para este tipo de análise é de grande importância verificar o grau de multicolinearidade entre as variáveis explicativas da análise de trilha, para que os resultados sejam úteis ao melhoramento (Cruz & Carneiro, 2006). Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos diretos e indiretos fenotípicos das plantas de soja submetidas a diferentes concentrações de hormônios e densidades de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na safra agrícola 2013/2014 na área experimental do Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas da Universidade Federal de Santa Maria *Campus* de Frederico Westphalen, coordenadas geográficas latitude de 27°23'26"S, e longitude 53°25'43"O, com altitude de 461,3 metros. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Alumino Férrico. Segundo Köppen o clima caracteriza-se como Cfa subtropical úmido.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso organizado em esquema fatorial, com três densidades de cultivo, quatro concentrações de hormônios, dispostos em três repetições. Para este estudo utilizou-se a cultivar BMX Potência RR, caracterizada como de ciclo precoce e hábito de crescimento indeterminado. As densidades utilizadas foram 110.000, 180.000 e 245.000 plantas por hectare (ha^{-1}). As concentrações de hormônios utilizadas correspondem a: (I) Ausência de aplicação, (II) 250 ml ha^{-1} de Stimulate® aplicado em V5, (III) 500 ml ha^{-1} de Stimulate® aplicado em R1, (IV) 750 ml ha^{-1} de Stimulate® aplicado em R5.

Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de plantio espaçadas por 0,45 metros entre si, com 10 metros de comprimento, sendo utilizado o sistema de semeadura direta e adubação com 250 kg ha^{-1} de N-P-K (02-26-28). O controle de insetos-praga e doenças foi realizado de maneira preventiva. As avaliações procederam-se nas linhas centrais de cada unidade experimental, desprezaram-se os primeiros metros de cada extremidade com intuito de reduzir os efeitos de bordadura. Posteriormente amostraram-se dez plantas aleatórias para obtenção dos caracteres de interesse



agronômico, compondo a média de cada variável da unidade experimental.

Os caracteres avaliados foram: rendimento de grãos (RG) em kg ha⁻¹, altura de inserção do primeiro legume (IPL) em centímetros, altura de planta (AH) em centímetros, número de legumes na haste principal (NLH), número de legumes por ramificação (NLR), número de nós reprodutivos na haste principal (NRH), número de nós reprodutivos nas ramificações (NRR), número de ramificações (NR), comprimento das ramificações (CR) em centímetros, número de legumes com um grão (NL1), número de legumes com dois grãos (NL2), número de legumes com três grãos (NL3), e massa de mil grãos (MMG) em gramas.

A análise de regressão foi realizada a fim de obter informações genéticas úteis ao melhoramento de plantas pela dispersão das densidades de cultivo em relação às concentrações de hormônios, avaliando-se o crescimento e a importância de cada variável utilizada nas análises estatísticas, que foram realizadas com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2006).

A análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlações fenotípicas, considerando o caráter rendimento de grãos (RG) como a variável dependente e as demais como variáveis explicativas, utilizando o programa Genes (Cruz, 2006). Identificada a presença de elevado grau de multicolinearidade para as quatro concentrações de hormônios individualmente, procedeu-se a análise de trilha sob multicolinearidade, com acréscimo de um valor *k* aos elementos da diagonal da matriz de correlação (Cruz & Carneiro, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou interação significativa entre densidades de cultivo x concentrações de hormônios ($P < 0,05$) para as variáveis RG, IPL, NLR, NRH, NRR, NR, CR, NL1, NL2, NL3 e MMG. Ausência de interação foi evidenciada para os caracteres AH e NLH. Desta forma, todos os caracteres foram utilizados nas análises estatísticas, levando em consideração as densidades de cultivo e as concentrações de hormônios.

Ao analisar a regressão para ambos os caracteres em função das densidades de cultivo e concentrações de hormônios, foi verificado que o caráter IPL evidencia magnitudes superiores para a densidade de 245.000

plantas ha⁻¹ (Figura 1). Estudos revelaram que a altura de inserção do primeiro legume pode ser influenciada pela época de semeadura, características do genótipo, população de plantas e espaçamento entre fileiras (Carvalho & Rezende, 2007). O uso de hormônios na concentração de 250 ml ha⁻¹ proporcionou redução da IPL na densidade de 180.000 plantas ha⁻¹, concentrações superiores não revelaram efeitos significativos à variável em questão.

Em relação ao caráter AH (Figura 1) foi observado que a aplicação de hormônios proporcionou incremento ao crescimento da soja nas densidades de 180.000 e 245.000 plantas ha⁻¹, com decréscimos quando o cultivo foi realizado na densidade de 110.000 plantas ha⁻¹. Em relação à concentração de hormônios de 500 ml ha⁻¹ não houve incremento na altura na soja e baixos efeitos relativos a este caráter foram observados para a concentração de 750 ml ha⁻¹ na densidade de 180.000 e 245.000 plantas ha⁻¹. O uso de Stimulate® proporcionou o crescimento da soja nas maiores densidades de cultivo, comportamento não similar em densidades menores. Estudos conduzidos por Mauad et al. (2010) revelaram que maiores densidades populacionais influenciaram no incremento em estatura na soja.

O NLH revelou influência da utilização de hormônios (Figura 1), devido aos aumentos significativos deste caráter evidenciados nas densidades de 180.000 e 245.000 plantas ha⁻¹, não revelando respostas significativas para a densidade de 110.000 plantas ha⁻¹. Estudos revelaram que o número de legumes por planta foi afetado consideravelmente devido ao aumento da densidade populacional (Peixoto et al., 2000). Na densidade de 110.000 plantas ha⁻¹ a adição de 500 e 750 ml ha⁻¹ de hormônios contribuiu para magnitudes superiores em legumes por planta. Para as densidades de 180.000 e 245.000 plantas ha⁻¹ as diferentes concentrações de hormônios não refletiram em resultados significativos para esta variável.

Através do caráter NLR ausência de respostas são reveladas às concentrações de hormônios em todas as densidades (Figura 1). Em relação às densidades de cultivo as magnitudes inferiores de plantas por unidade de área resultaram em acréscimos significativos ao número de legumes nas ramificações. Segundo Peixoto et al. (2000), o número de legumes totais por planta apresentou-se amplamente influenciável pelo ambiente, características de manejo e população de plantas.

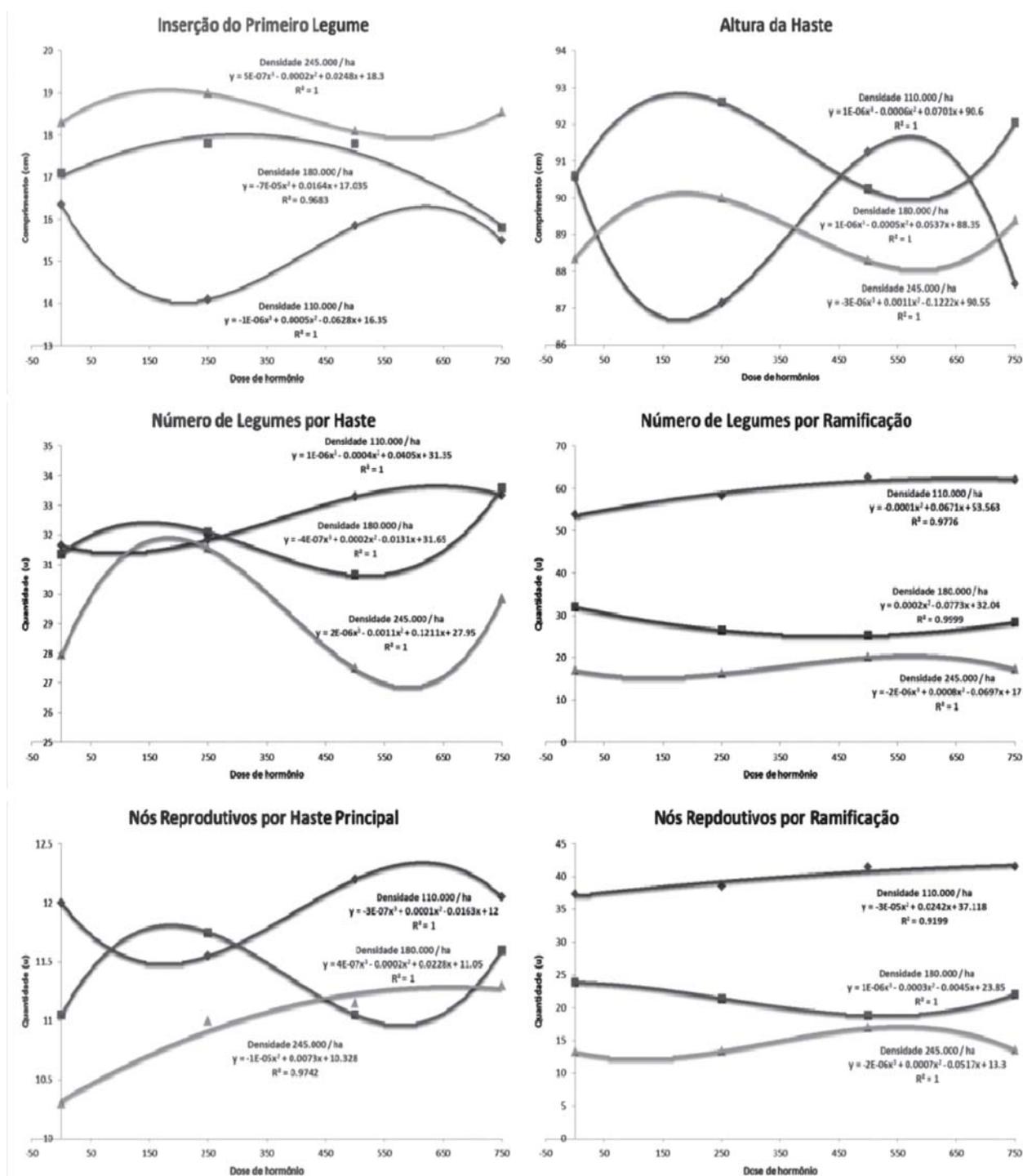


Figura 1 - Gráfico de regressão de três densidades de cultivo de soja, 110.000 (azul), 180.000 (vermelho) e 245.000 (verde) plantas por hectare, em função de quatro concentrações de hormônios (0, 250, 500 e 750 ml ha⁻¹ de Stimulate®) para as variáveis: Inserção do Primeiro Legume (IPL), Altura da Haste (AH), Número de Legumes por Haste (NLH), Número de Legumes por Ramificação (NLR), número de Nós Reprodutivos na Haste principal (NRH) e número de Nós Reprodutivos por Ramificação (NRR), LMGPP – CESNORS – UFSM, 2014.

Em relação ao NRH, foi observado incremento deste caráter para a densidade de 245.000 plantas ha⁻¹ (Figura 1), e, nestas condições o acréscimo das concentrações dos hormônios proporcionaram aumento no número de nós reprodutivos na haste da soja. Na densidade de 180.000 plantas ha⁻¹ evidência desta variável foi observada para a concentração de 250 ml ha⁻¹ de hormônios. Segundo Castro et al. (1990), os hormônios ou reguladores vegetais podem contribuir na melhoria dos caracteres morfológicos e fisiológicos de algumas leguminosas. O NRR (Figura 1) revelou superioridade para a densidade de 110.000 plantas ha⁻¹, em contrapartida, a utilização de hormônios não resultou em resposta significativa para o número nós reprodutivos nas ramificações. Portanto, a soja apresentou-se mais influenciável em relação a densidade populacional, quando comparada aos efeitos da adição de hormônios para esta característica.

Em relação ao NR, observou-se na Figura 2 a superioridade para a densidade de 110.000 plantas ha⁻¹, onde o menor número de plantas por unidade de área contribuiu para a redução na competição intraespecífica entre plantas por água, luz e nutrientes, em contrapartida, proporcionou maior número de ramificações por planta (Mauad et al., 2010). A aplicação de hormônios não influenciou no desempenho desta variável. O caráter CR apresentou pequenos acréscimos em sua magnitude à medida que a concentração de hormônio aumentou (Figura 2), e, superioridade nesta variável foi evidenciada na densidade de 110.000 plantas ha⁻¹. As densidades de cultivo de 180.000 e 245.000 plantas ha⁻¹ não revelaram respostas ao aumento das concentrações de hormônios.

Em relação ao número de legumes com apenas um grão (NL1), foi observado a superioridade deste caráter nas densidades de 110.000 e 180.000 plantas ha⁻¹ (Figura 2), além disso, ao relacionar os efeitos da aplicação de hormônios à dose de 750 ml ha⁻¹ houve acréscimo para esta variável. Para a densidade de 245.000 plantas ha⁻¹ desempenhos superiores foram evidenciados através das concentrações de 250 e 500 ml ha⁻¹ de hormônios. Estudos de Alleoni et al. (2000) revelaram incremento de 4,70% ao número de legumes por planta através da aplicação foliar de Stimulate® em leguminosas.

O NL2 demonstrou incrementos em sua magnitude em relação às concentrações de hormônios na densidade de 245.000 plantas ha⁻¹ (Figura 2). Para a população

de 180.000 plantas ha⁻¹ não se observou respostas quanto às concentrações de hormônios. A soja quando cultivada na densidade de 110.000 plantas ha⁻¹ revelou respostas para as concentrações de 250 e 500 ml ha⁻¹. Deste modo, a segunda aplicação do hormônio realizada no início do período reprodutivo pode ter contribuído para a menor abscisão de flores na soja refletindo diretamente no número de legumes.

Em relação ao NL3, foi verificado que não houve efeito das concentrações de hormônios (Figura 2), entretanto, as menores densidades de cultivo mostraram-se superiores quanto ao número de legumes com três grãos. Segundo Navarro Júnior et al. (2002), o número de grãos por legume caracteriza-se como um dos mais importantes componentes do rendimento da soja, sendo definido através do balanceamento entre a produção de flores por planta e a proporção de legumes formados. O desempenho da MMG apresentou-se superior quando a soja foi submetida a densidades de 180.000 e 245.000 plantas ha⁻¹, as diferentes concentrações de hormônios não influenciaram no desempenho da variável (Figura 2). Estudos conduzidos por Mauad et al. (2010) não observam diferenciações na massa de mil grãos da soja quando submetida a diferentes números de plantas por unidade de área.

O rendimento de grãos na soja evidenciou incremento em relação ao aumento da concentração de hormônios para a densidade de 110.000 plantas ha⁻¹ (Figura 2). Para as demais densidades de cultivo o uso de hormônios não influenciou significativamente o desempenho da variável. Os resultados indicaram que a utilização de hormônios estimulantes do crescimento vegetal é justificável em baixas densidades de 110.000 plantas ha⁻¹, ou através da ocorrência de problemas no estabelecimento da cultura e percentual de germinação. Desta forma, aplicações viáveis seriam realizadas no estágio fenológico V5 e no início do período reprodutivo R1.

Com base nas matrizes de correlações fenotípicas originadas das análises de variância, foi realizada a análise de trilha, utilizando o caráter RG como variável dependente e os caracteres IPL, AH, NLH, NLR, NRH, NRR, NR, CR, NL1, NL2, NL3 e MMG como variáveis independentes (Tabela 1). O diagnóstico da multicolinearidade para as quatro concentrações revelou que das 78 correlações analisadas, 37 apresentaram valor absoluto maior que 0,80 e que para a análise de

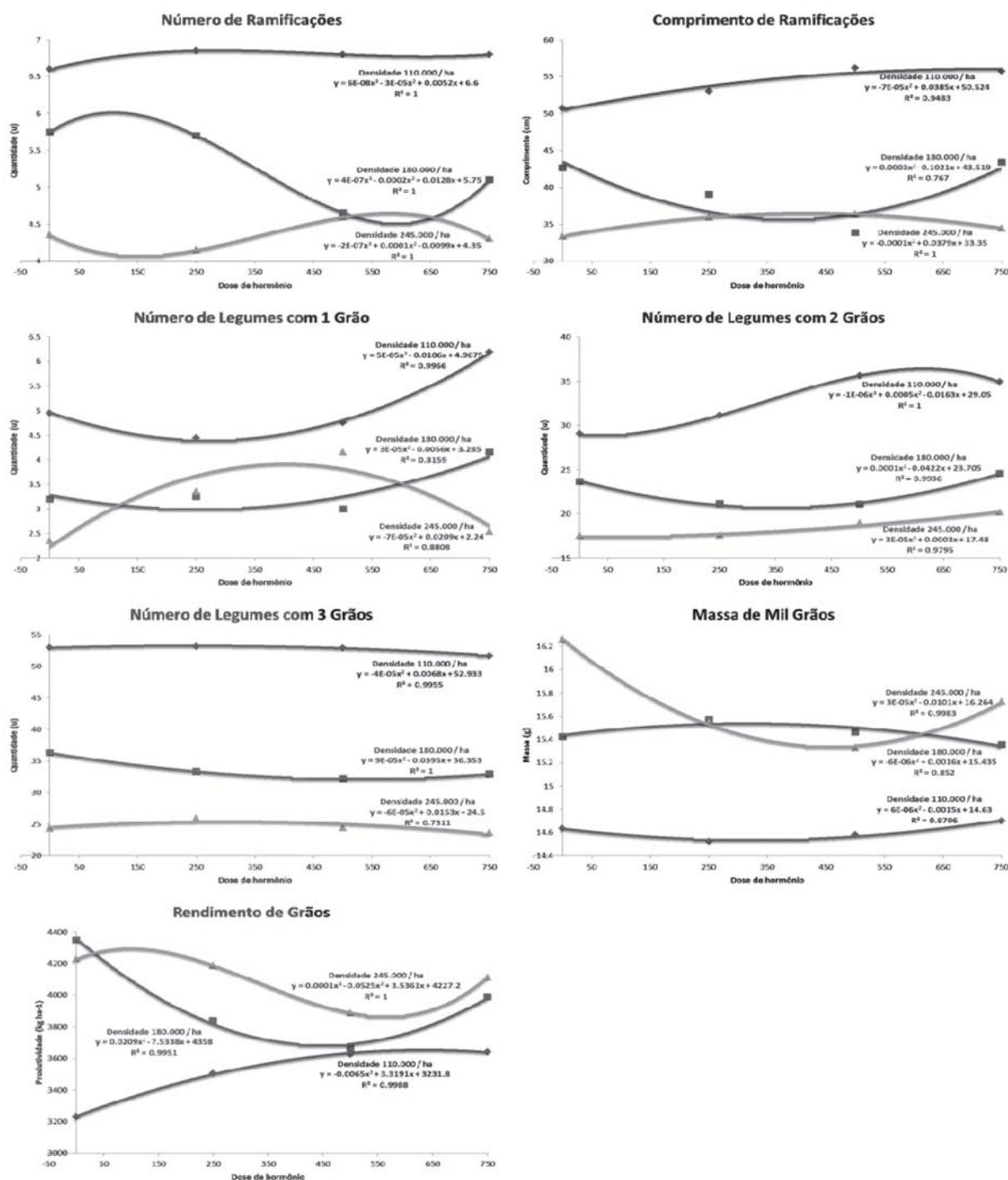


Figura 2 - Gráfico de regressão de três densidades de cultivo de soja, 110.000 (azul), 180.000 (vermelho) e 245.000 (verde) plantas por hectare, em função de quatro aplicações de hormônios (0, 250, 500 e 750 ml ha⁻¹ de Stimulate®) para as variáveis: Número de Ramificações (NR), Comprimento de Raiz (CR), Número de Legumes com um grão (NL1), Número de Legumes com dois grãos (NL2), Número de Legumes com três grãos (NL3), Peso de Mil Grãos (PMG) e Rendimento de Grãos (RG), LMGPP – CESNORS – UFSM, 2014.

Tabela 1 - Estimativas da análise de trilha sob multicolinearidade para caracteres morfológicos e fisiológicos avaliados em genótipos de Soja. LMGPP – CESNORS – UFSM, 2014

Efeito	DiretoEfeito Indireto Via Caracteres													Total
	RG	IPL	AH	NLH	NLR	NRH	NRR	NR	CR	NL1	NL2	NL3	PMG	
IPL	0.07		-0.01	-0.16	0.13	0.20	0.13	-0.03	-0.27	0.07	-0.10	0.31	0.25	0.60
AH	-0.04	0.01		0.11	0.03	-0.08	0.02	0.00	-0.03	0.02	-0.01	0.03	0.04	0.08
NLH	0.26	-0.04	-0.02		-0.09	-0.24	-0.09	0.02	0.21	-0.06	0.08	-0.24	-0.18	-0.35
NLR	-0.15	-0.06	0.01	0.16		-0.25	-0.15	0.04	0.30	-0.08	0.11	-0.36	-0.28	-0.74
NRH	-0.32	-0.05	-0.01	0.20	-0.12		-0.12	0.03	0.25	-0.08	0.09	-0.28	-0.25	-0.70
NRR	-0.15	-0.06	0.01	0.17	-0.15	-0.26		0.04	0.30	-0.08	0.11	-0.36	-0.28	-0.74
NR	0.04	-0.06	0.00	0.17	-0.14	-0.25	-0.14		0.29	-0.08	0.11	-0.35	-0.27	-0.69
CR	0.30	-0.06	0.00	0.18	-0.15	-0.26	-0.14	0.04		-0.08	0.11	-0.34	-0.28	-0.64
NL1	-0.10	-0.05	0.01	0.15	-0.13	-0.25	-0.13	0.03	0.26		0.10	-0.29	-0.27	-0.67
NL2	0.11	-0.06	0.00	0.18	-0.15	-0.26	-0.14	0.03	0.30	-0.08		-0.34	-0.27	-0.66
NL3	-0.36	-0.06	0.00	0.17	-0.15	-0.25	-0.14	0.04	0.29	-0.08	0.11		-0.28	-0.77
PMG	0.31	0.06	-0.01	-0.16	0.14	0.26	0.14	-0.03	-0.28	0.08	-0.10	0.33		0.79
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO														0.68304
VALOR DE K USADO NA ANÁLISE														0.14978
EFEITO DA VARIÁVEL RESIDUAL														0.56299
DETERMINANTE DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO														0.00001

Variável dependente o Rendimento de Grãos (RG) e os caracteres, Inserção do Primeiro Legume (IPL), Altura da Haste (AH), Número de Legumes por Haste (NLH), Número de Legumes por Ramificação (NLR), Número de nós Reprodutivos na Haste principal (NRH), Número de nós Reprodutivos por Ramificação (NRR), Número de Ramificações (NR), Comprimento de Raiz (CR), Número de Legumes com um grão (NL1), Número de Legumes com dois grãos (NL2), Número de Legumes com três grãos (NL3) e Peso de Mil Grãos (PMG) como variáveis independentes.

trilha, dos 144 efeitos avaliados 29 apresentaram fatores de inflação da variância (VIF) superiores a um (dados não mostrados) e número de condição (NF) maior do que 1,00 caracterizando existência de colinearidade severa. Esse resultado não inviabilizou a realização da análise de trilha, uma vez que existem metodologias eficientes para estudo de efeitos diretos e indiretos sob multicolinearidade (Carvalho 2004; Coimbra et al., 2005). Trabalhando com trigo sob estresse por encharcamento (Kavalco, et al., 2014) também encontraram multicolinearidade severa na matriz de correlações genotípicas.

Utilizou-se a metodologia proposta por Carvalho (1995), denominada análise de trilha em crista, para estimação dos parâmetros como forma alternativa à metodologia dos quadrados mínimos. A constante k adicionada à diagonal da matriz $X^T X$ foi determinada pelo exame do traço da crista, por meio da construção de um gráfico onde foram plotados os coeficientes de trilha em razão dos valores de k no intervalo de $0 < k < 1$.

Foi possível observar para a análise de trilha que o efeito direto de NLH sobre o RG foi positivo e de grande magnitude (0,26). Os efeitos indiretos negativos de NRH (-0,24), NL3 (-0,24) e PMG, (-0,18) e positivo

de CR (0,21) foram os responsáveis pela correlação fenotípica negativa de baixa magnitude (-0,35). A seleção de plantas com maior número de legumes por haste poderá promover o aumento do rendimento de grãos na soja. Contudo devido aos efeitos indiretos negativos dos demais caracteres, a seleção de plantas com maior NLH promoveu a redução da produtividade. Resultados semelhantes foram observados por Kavalco et al. (2014) trabalhando com trigo, onde o rendimento de grãos foi fortemente influenciado pelo número de espigas por planta.

Efeito direto negativo de baixa magnitude (-0,15) foi observado para a relação de NLR com o RG, sendo que, os efeitos indiretos positivos de NLH (0,16), CR (0,30), NL2 (0,11) e negativos de NRH (-0,25), NRR (-0,15), NL3 (-0,36) e MMG (-0,28) determinaram a correlação fenotípica negativa de alta magnitude (-0,74) entre NLR e RG. A Correlação fenotípica negativa e de alta magnitude (-0,70) foi observada entre NRH e o RG. Tal correlação foi explicada pelo efeito direto negativo e de alta magnitude (-0,32) entre NRH e RG, e pelos efeitos indiretos positivos de NLH (0,20), CR (0,25) e negativos de NLR (-0,12), NRR (-0,12), NL3 (-0,28) e MMG (-0,25). Foi observada correlação fenotípica de alta magnitude e negativa entre NRR e RG (-0,74),

promovida pelo efeito direto negativo de NRR (-0,15) e pelos efeitos indiretos e negativos de NLR (-0,15), NRH (-0,26), NL3 (-0,36) e PMG (-0,28), assim como pelo efeito indireto e positivo de CR (0,30).

Efeito direto e positivo foi observado para o CR (0,30) em relação ao RG. Entretanto, a correlação fenotípica entre estes caracteres foi negativa (-0,64). Isto ocorreu devido aos efeitos indiretos negativos de NLR (-0,15), NRH (-0,26), NRR (-0,14), NL1 (-0,08), NL3 (-0,34) e MMG (-0,28). Apenas dois caracteres apresentaram efeito indireto positivo com magnitude, o NLH (0,18) e o NL2 (0,11). Devido a isto, a seleção de plantas com maior comprimento de ramificações promoverá a obtenção de plantas mais produtivas, de forma direta, entretanto, deve-se considerar a seleção de plantas com menor NRH, NL3 e MMG. Resultados semelhantes foram obtidos em trabalho realizado com diferentes concentrações de fósforo aplicados em soja, onde o rendimento de grãos foi fortemente influenciado pelo número de vagens por planta (Alcantara Neto et al., 2011).

Correlação fenotípica e de alta magnitude foram observadas entre NL3 e RG (-0,77). Isto ocorreu devido ao efeito direto negativo de NL3 (-0,36) e aos efeitos indiretos e negativos de NLR (-0,15), NRH (-0,25), NRR (-0,14) e MMG (-0,28). Cabe ressaltar, que os caracteres NLH (0,17), CR (0,29) e NL2 (0,11) apresentaram efeitos indiretos positivos e de alta magnitude. Correlação positiva e de alta magnitude foi observada para o MMG sobre o RG (0,79), assim como efeito direto positivo de MMG (0,31). Efeitos indiretos e positivos ainda foram observados para IPL (0,06), NLR (0,14), NRH (0,26), NRR (0,14), NL1 (0,08) e NL3 (0,33) e negativos para NLH (-0,16), CR (-0,28) e NL2 (-0,10). Relação direta da massa de mil grãos com o rendimento de grãos também foram observados em trabalhos com trigo, submetido ao estresse por encharcamento (Kavalco et al., 2014), cultivado em ambiente normal (Vesohoski et al., 2011) e também quando submetido a desfolha (Gondim et al., 2008).

Esses resultados indicam que a seleção de plantas com maior massa de mil grãos poderá promover o incremento ao rendimento de grãos, e indiretamente através do ajuste do NLR, NRH, NRR, NR, CR, NL1, NL2 e NL3.

4. CONCLUSÕES

A utilização de hormônios na concentração de 750 µL ha⁻¹ aplicado no estádio R5 da soja contribui

no incremento dos caracteres NLH, NRR, NR, CR, NL1, NL2 para a densidade de 110.000 plantas ha⁻¹.

O rendimento de grãos não é influenciado pelas concentrações de hormônios, mas a densidade de cultivo de 245.000 plantas ha⁻¹ evidencia superioridade para este caráter.

Efeitos diretos positivos ao rendimento de grãos são revelados através dos caracteres NLH e MMG. Assim como efeitos diretos negativos via NLR, NRH, NRR, NL3.

5. LITERATURA CITADA

ALCANTARA NETO, F. et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Comunicata Scientiae**, v.2, n.2, p.107-112, 2011.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito do regulador vegetal Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio Uepg**, v.6, p.23-25, 2000.

CARVALHO, S.P. **Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção, sob multicolinearidade**. Viçosa: UFV, 1995. 163p.

CARVALHO, E.A.; REZENDE, P.M. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1616-1623, 2007.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2004. 142p.

CASTRO, P.R.C.; APPEZZATTO, B.; LARA, C.W.A.R. et al. Ação de reguladores vegetais no desenvolvimento, aspectos nutricional, anatômicos e na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioca. **Anais Esalq**, v.47, p.11-28, 1990.

CASTRO, P.R.C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba, 2006. 46p.



- COIMBRA, J.L.M. Consequências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, v.35, p.347-352, 2005.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, 2013.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV, 2003. 585p.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV, 1994. 390p.
- GONDIM, T.C.O.; ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, C. et al. Análise de trilha para componentes do rendimento e caracteres agronômicos de trigo sob desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.4, p.487-493, 2008.
- KAVALCO, S.A.F. et al. Análise de trilha em genótipos de trigo submetidos ao estresse por encharcamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.4, p.1683-1696, jul./ago. 2014.
- MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; NETO, A.I. et al. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v.3, p.175-181, 2010.
- NAVARRO JUNIOR, H.M.; COSTA, J.A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.269-274, 2002.
- PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C. et al. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. **Scientia Agricola**, v.57, p.89-96, 2000.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.A. et al. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.3, p.337-341, 2011.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v.20, p.557-585, 1921.

Recebido para publicação em 26/10/2014 e aprovado em 22/12/2014.

