

Uso de bioestimulante na cultura da soja sobre tráfego controlado

Use of bio-stimulators in soybean crop on controlled traffic

Uso de bio-estimuladores en la cultura de soja en el tráfico controlado

Recebido: 29/07/2020 | Revisado: 04/08/2020 | Aceito: 11/08/2020 | Publicado: 16/08/2020

Fernanda Francisco dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0060-2648>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: fernandaf.agronomia@gmail.com

Julia Seronatto Savioli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7915-072X>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: julia-savioli@hotmail.com

Luiz Gustavo dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3252-6675>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: lui98gustavosantos@gmail.com

Fabrcio Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9020-141X>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: fleite2@uem.br

João Henrique Castaldo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0039-3209>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: jhcastaldo@bol.com.br

Resumo

A cultura da soja ganha cada vez mais importância na agricultura brasileira e mundial. E devido ao seu uso diverso e ao aumento da demanda global, tem tido aumento da área de cultivo anualmente. Acompanhada deste aumento do cultivo o uso de máquinas mais eficientes e pesadas acarretam na compactação do solo, afetando o desenvolvimento das raízes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento das plantas de soja em áreas com 4 níveis de tráfego controlado (1, 6, 11 e 16 passadas) com e sem aplicação de regulador de crescimento

vegetal, Stimulate®, com os seguintes parâmetros: Número de folhas, ramos e vagens, altura de plantas e resistência do solo à penetração. O experimento foi conduzido em área experimental com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura arenosa localizada na Universidade Estadual de Maringá – UEM – Campus de Umuarama-PR. Nos maiores níveis de tráfego, o regulador de crescimento não foi capaz de superar o dano do tráfego excessivo e com o aumento do nível de tráfego há também aumento da resistência do solo à penetração em profundidade.

Palavras-chave: Soja; Compactação; Tráfego de máquinas; Regulador de crescimento.

Abstract

The cultivation of soy is gaining more and more importance in Brazilian and global agriculture. The use of oilseeds is diverse and the area of cultivation of the crop has been increasing annually due to the growth in global demand. Accompanied by this increase in cultivation, the use of more efficient and heavier machines leads to soil compaction, affecting the development of roots. The objective of this work will be to evaluate the development of soybean plants in compacted areas with the application of plant growth regulator, Stimulate®. The experiment will be conducted in an experimental area with soil classified as a typical Latossolo Vermelho Distrófico, on a sandy texture located at the State University of Maringá - UEM - Umuarama-PR Campus. At the highest levels of traffic, the growth regulator was not able to overcome the damage from excessive traffic and with the increase in the level of traffic there is also an increase in the resistance of the soil to penetration in depth.

Keywords: Soy; Compaction; Machine traffic; Growth regulator.

Resumen

El cultivo de soja está cobrando cada vez más importancia en la agricultura brasileña y mundial. El uso de semillas oleaginoso es diverso y el área de cultivo del cultivo ha aumentado anualmente debido al crecimiento de la demanda global. Acompañado por este aumento en el cultivo, el uso de máquinas más eficientes y pesadas conduce a la compactación del suelo, lo que afecta el desarrollo de las raíces. El objetivo de este trabajo será evaluar el desarrollo de plantas de soja en áreas compactadas con la aplicación del regulador de crecimiento de plantas, Stimulate®. El experimento se llevará a cabo en un área experimental con suelo clasificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, en una textura arenosa ubicada en la Universidad Estatal de Maringá - UEM - Campus Umuarama-PR. En los niveles de tráfico más altos, el regulador de crecimiento no pudo superar el daño del tráfico excesivo y con el aumento en el

nível de tráfico também hay un aumento en la resistencia del suelo a la penetración en profundidad.

Palabras clave: Soja; Compactación; Tráfico de máquinas; Regulador de crecimiento.

1. Introdução

A soja (*Glycine max* L) é uma planta da família Fabaceae, que produz grãos ricos em proteínas e pode ser consumido pela população humana e animais. Na safra 2018/2019 o Brasil produziu aproximadamente 120.883,2 milhões de toneladas de soja, tendo como área plantada aproximadamente 36.944,9 milhões de hectares, com produtividade média de 3.272 kg/ha (CONAB, 2020).

Técnicas estão sendo aplicadas na agricultura e as máquinas agrícolas são um exemplo do avanço tecnológico no campo, pois precisam atender demandas devido ao aumento da produtividade e se adequarem às necessidades de eficiência dos produtos. No entanto, os mesmos autores também comentaram que, seguido do avanço tecnológico está a adição no peso e na dimensão das máquinas que se faz necessário para suprir a tração dos equipamentos agrícolas. Durante o tráfego a máquina transfere seu peso para o solo e em condições inadequadas de umidade modifica a estrutura, resultando no aumento da densidade deste solo (Girardello et al., 2014). Devido a esta compactação ocorre aumento da resistência do solo à penetração, redução dos poros, permeabilidade e conseqüentemente a disponibilidade de água e nutrientes (Soane e Ouwerkerk, 1994).

Plantas que são cultivadas em solos compactados, as raízes são impedidas de se desenvolverem normalmente e ocasionam redução do metabolismo da planta, devido à redução da absorção de água e nutrientes, o que ocasiona na redução do porte e perda de produtividade da cultura (Beutler e Centurion, 2003).

Como alternativa para solucionar este problema utiliza-se bioestimulantes, que são o resultado da mistura de dois ou mais reguladores vegetais. Sendo capazes de estimular o crescimento vegetal através de um aumento na divisão celular, alongação celular e diferenciação. Desta forma irá proporcionar à planta maior capacidade de absorver água e nutrientes, refletindo no desenvolvimento e produtividade (Silva et al., 2008).

Dentre os bioestimulantes disponíveis, o Stimulate® é um regulador de crescimento vegetal, que contem como ingredientes ativos: Cinetina, ácido giberélico e Ácido 4-indol-3-ilbutírico. Este produto proporciona um incremento no crescimento, desenvolvimento e produtividade. Os efeitos isolados de cada ingrediente ativo são: Cinetina: induz o crescimento

através da divisão celular e alongamento celular; crescimento das gemas laterais. Ácido giberélico: determinante para o tamanho dos frutos; promove a germinação, quebrando a dormência presente em sementes de algumas espécies. Ácido 4-indol-3-ilbutírico: participa do crescimento, através do alongamento celular; atrasa a abscisão de flores; estimula o pegamento de flores sem fecundação; induz a formação de raízes (ADAPAR 2010)

Segundo Bertolin et al. (2010), a aplicação da combinação de reguladores via sementes ou via foliar na cultura da soja, resultou no aumento do número de vagens por planta e produtividade, concluiu-se também que é mais efetivo quando aplicado na fase reprodutiva da soja. Hermes et al. (2015), e avaliada a campo, o bioestimulante influencia no aumento do comprimento de parte aérea e produtividade, não interferindo no comprimento de raiz, número de vagens por planta e massa de 1.000 gr. Em vasos o uso influenciou diretamente no aumento de massa fresca e não interferiu no comprimento de raiz. Segundo Santos e Vieira (2005) uso de bioestimulantes em algodoeiro via semente proporcionou um incremento na área foliar, altura e desenvolvimento das plantas.

Desta forma, o uso de bioestimulante pode ser alternativa para a recuperação da planta afetada pela compactação proporcionando que as espécies vegetais consigam expressar seu potencial produtivo. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento da soja sobre diferentes níveis de tráfego de um conjunto trator/semeadora-adubadora com e sem uso de bioestimulante.

2. Metodologia

A implantação e avaliação do presente trabalho, foi na área experimental da Universidade Estadual de Maringá, entre os meses de novembro/2018 a março/2019, no Campus Regional de Umuarama-PR, localizado nas coordenadas geográficas de Latitude 23°47'22.37" Sul, Longitude 53°15'29.98" Oeste e altitude de 401 m. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, sobre textura arenosa (EMBRAPA, 2018). A análise de solo do local do experimento está disposta na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo no local do experimento, coletado na profundidade de 0-20 cm em um solo com percentual de argila de 180 g kg⁻¹.

pH	P	Ca	K	Mg	Al	V
CaCl₂	mg dm⁻³	-----cmol_c dm⁻³-----				%

4,50	18,77	1,35	0,22	0,65	0,50	38,45

Fonte: Autores.

Foi estabelecido um delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por 1; 6; 11 e 16 passadas do trator sobre o mesmo rastro, as subparcelas foram compostas pelo uso ou não do bioestimulante Stimulate® no tratamento de sementes, totalizando 32 parcelas. Na última passada sob o rastro o trator estava acoplado a uma semeadora-adubadora, distribuindo no leito da lavoura, sementes de soja transgênica, cultivar BS2606 IPRO.

Antes da instalação da cultura foi feita dessecação do milheto, utilizado como palha de cobertura, posteriormente a calagem na recomendação de 1,25 t ha⁻¹ e no momento da semeadura, foi feita a adubação utilizando 500 kg ha⁻¹ do formulado 0-20-20, seguindo a recomendação de Pauletti (2017). Também no dia da semeadura, foi feita a aplicação do produto Stimulate® (ingrediente ativo: Ácido 4-indol-3-ilbutírico 0.05 g/L; Ácido giberélico 0.05 g/L e Cinetina 0.09 g/L) na dose de 750 mL para cada 100 kg de sementes e posteriormente uso de inoculante líquido à base de *Bradyrhizobium japonicum* o momento da semeadura.

Aos 56 dias da implantação da cultura foi feita a adubação de cobertura com KCl utilizando 68 kg ha⁻¹ segundo a recomendação presente no Manual de adubação e calagem do estado do Paraná (2017)

Durante o cultivo realizou a aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas, inseticidas para percevejos e também preventivo para ferrugem.

Em relação ao desenvolvimento da cultura, foram avaliadas a altura de planta, comprimento de raízes, número de folhas, número de vagens, número de ramos, número de grãos e peso de 100 grãos, segundo metodologia a seguir:

Altura da planta: mediu-se com auxílio de uma trena, do nível do solo até a axila da última folha da planta, sendo avaliadas 10 plantas por tratamento.

Comprimento de raiz: mediu-se com auxílio de uma trena, da base do caule até o final da raiz, sendo avaliadas 10 plantas por tratamento.

Número de folhas por planta: foram anotados os números de folhas de cada planta sendo que dentro de cada parcela foram feitas 10 avaliações.

Número de vagens por planta: foram contados os números de vagens de cada planta anotando separadamente, depois foi obtida a média de 10 plantas dentro de cada parcela, dado em vagens por planta.

Número de ramos por planta: foram contados os números de ramos da haste principal de cada planta anotando separadamente, depois foi obtida a média de 10 plantas dentro de cada parcela, dado em ramos por planta.

Número de grãos por planta: foram contados os números de grãos de cada planta anotando separadamente, depois foi obtida a média de 10 plantas dentro de cada parcela, resultando em grãos por planta.

Peso de 100 grãos: foi feita a média do peso em 8 repetições, utilizando balança de precisão.

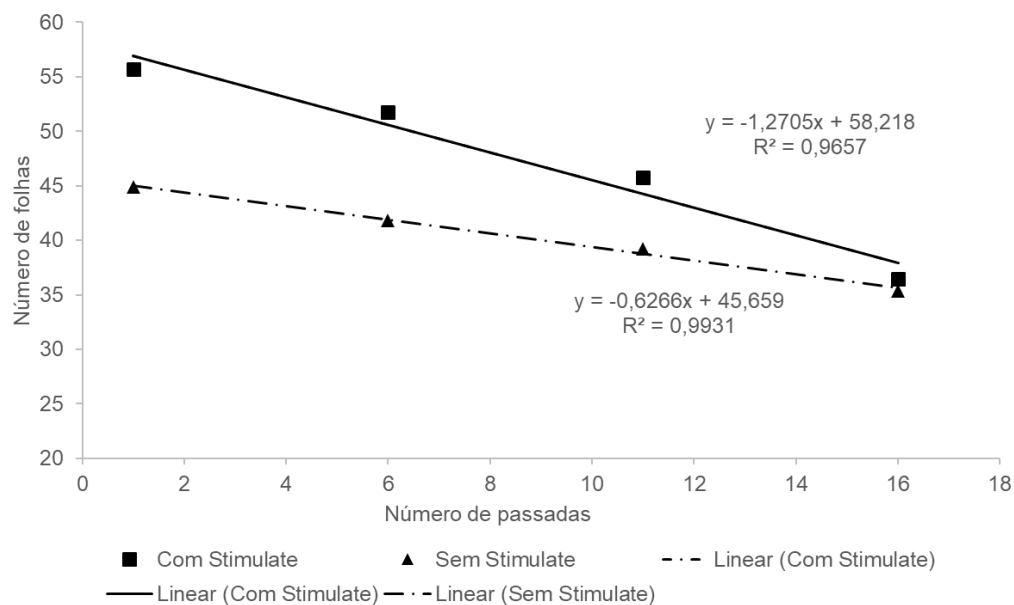
Para a avaliação de resistência do solo à penetração foi utilizado um penetrômetro de anel dinamométrico da empresa Contenco, onde foram retiradas 7 amostras à cada 45 cm no sentido transversal da parcela e em cada ponto foram amostrados 4 níveis de profundidade de resistência do solo à penetração com intervalos à cada 10 cm.

A análise estatística usada foi a de variância, a 5% de probabilidade. As médias do uso ou não do bioestimulante foram comparadas pelo teste de Tukey. Também foi utilizada a análise de regressão para as médias oriundas dos níveis de tráfego. Ambas foram feitas, tomando como base 5% de probabilidade. Os testes foram realizados utilizando o programa SISVAR (2011). Já valores de resistência à penetração foram submetidas ao programa MathLab, para a elaboração dos gráficos de contorno, onde foi realizada a interpolação de valores próximos por camada analisada, ou seja, por níveis de profundidade analisado.

3. Resultados e Discussão

Para a avaliação de número de folhas (Figura 1), onde utilizando o produto observa-se que a medida que se aumenta o nível de tráfego, diminui a emissão de folhas, quando no nível máximo de tráfego, 16 passadas, se iguala à não utilização. Resultado visto também por Voltan et al. (2000) onde testou diversas cultivares e a cultivar de soja cultivar IAC-8 à medida que se aumentava o grau de compactação a densidade do solo aumentava consequentemente e o número de folhas diminuía.

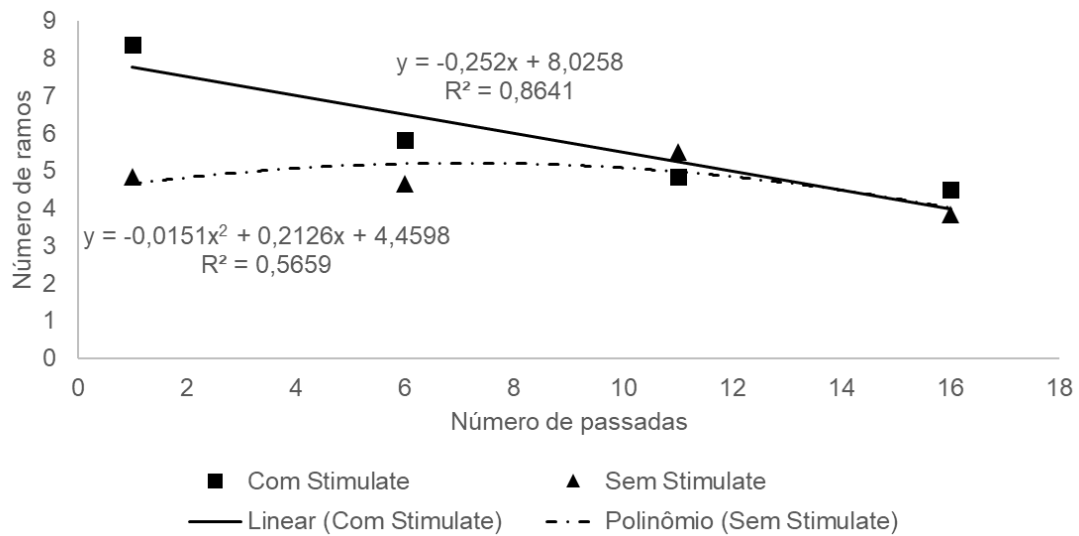
Figura 1 - Número de folhas em resposta ao uso ou não do biorregulador Stimulate® em função dos níveis de tráfego.



Fonte: Os próprios autores (2020).

Para a avaliação de número de ramos (Figura 2), quando não utilizado o produto, obteve-se uma regressão linear, onde à medida que se aumenta o nível de tráfego, a emissão de ramos produtivos, ou seja, com vagens, diminui. Já para a avaliação com o uso do produto, o ponto de máxima se encontra com 7,74 passadas, com a presença média de 19,10 ramos por planta.

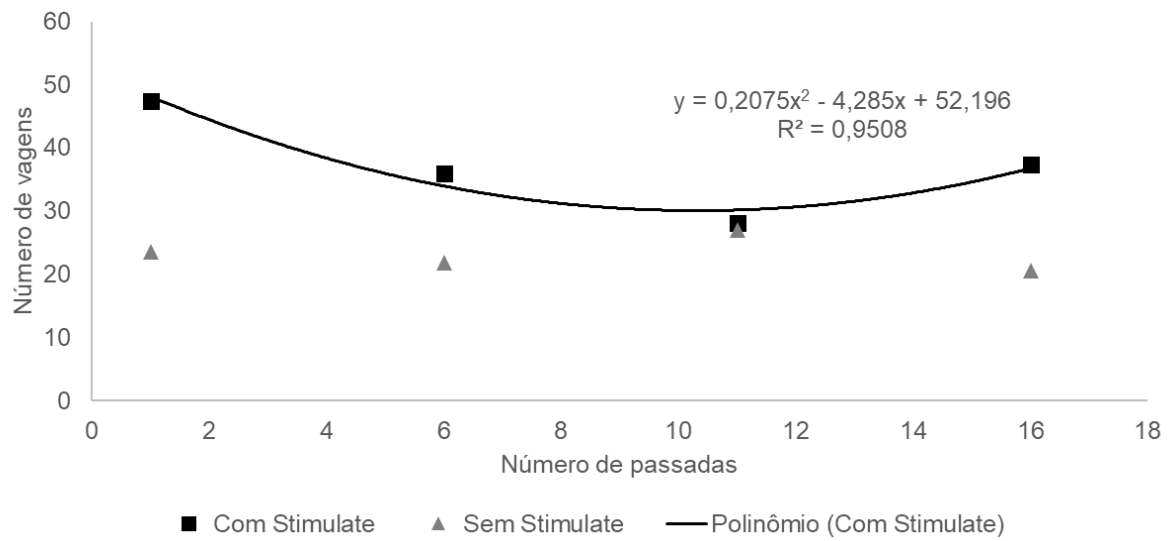
Figura 2 - Número de ramos em resposta ao uso ou não do biorregulador Stimulate® em função dos níveis de tráfego.



Fonte: Os próprios autores (2020).

Em relação ao número de vagens (Figura 3), verifica-se que à medida que se aumenta a intensidade de tráfego, diminui-se o número de vagens e quando no nível de 11 passadas, se iguala à não utilização. Não houve ajuste significativo aos modelos lineares e quadráticos para a não utilização do bioestimulante. Este resultado pode ser explicado pela incapacidade da planta em absorver água e nutrientes para o desenvolvimento e também pela produção e concentração de ácido abscísico (ABA) onde Davies et al., 1994 comenta que o mesmo atua como mensageiro químico que reduz a respiração, produção de carboidratos e conseqüentemente a atividade fotossintética, todos contribuem para uma redução da produtividade, ou seja, menor número de vagens (Atwell, 1990; Tubeileh et al., 2003). Quando relacionado à não utilização do bioestimulante, a planta não possuía um suporte para que essa demanda fosse suprida mesmo em condições de estresse, então se manteve igual independente do nível de tráfego, diferente da utilização do produto, onde a planta ainda conseguiu produzir em níveis mais baixos de tráfego.

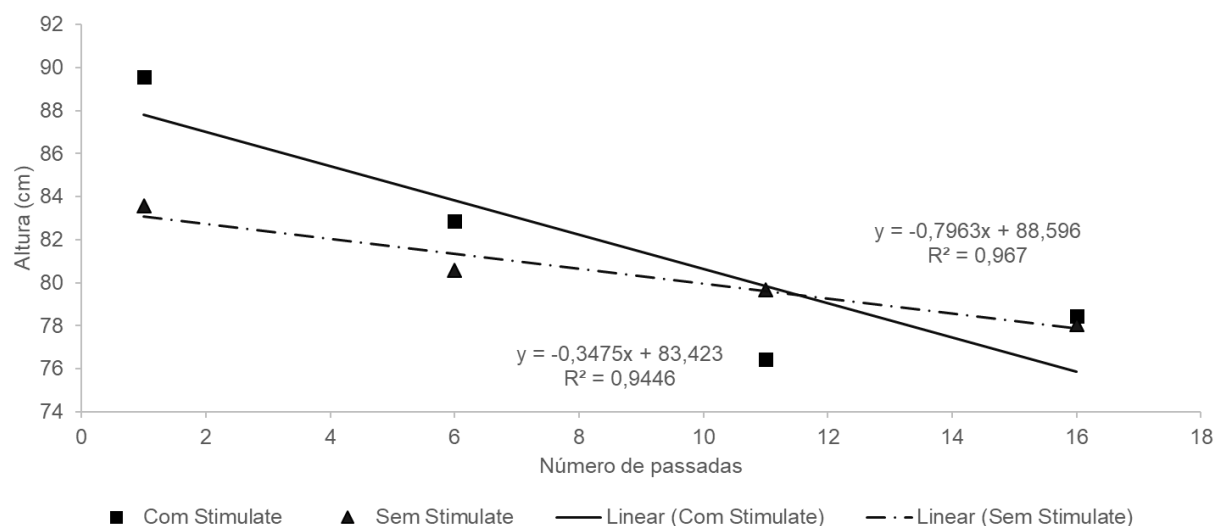
Figura 3 – Número de vagens em resposta ao uso ou não do biorregulador Stimulate® em função dos níveis de tráfego.



Fonte: Os próprios autores (2020).

A análise para a variável altura de planta (Figura 4), tanto para o uso do produto, quanto para o não uso, obteve-se regressões lineares, sendo interpretadas como à medida que se aumenta o nível de tráfego e densidade do solo, a altura de planta diminui.

Figura 4 - Altura de plantas de soja em resposta ao uso ou não do biorregulador Stimulate® em função dos níveis de tráfego.



Fonte: Os próprios autores (2020).

Na Tabela 2, através dos pontos de máximo desempenho, pode se observar que o ideal está entre 7,59 e 10,35 passadas, através de uma média entre as variáveis, temos que 8,56 é o número adequado de passadas.

Tendo como base as explicações fisiológicas de Voltan (2000) e Unger & Kaspar (1994) à medida que se aumenta o nível de tráfego, aumenta-se o grau de compactação e conseqüentemente há o aumento da densidade e a diminuição da porosidade do solo. Estes fatores afetam a realização de funções metabólicas da planta justamente pela falta de água, pois devido à redução da porosidade, a água não penetra no solo e fica indisponível para que seja absorvida pela raiz que também é afetada, por estar restringida na camada superficial do solo.

Tabela 2 - Quadro resumo da análise de variância para as variáveis com regressões quadráticas e seus respectivos ponto de máximo desempenho e valor da variável no ponto de máximo desempenho.

Variável	Stímulo	Equação de regressão	Ponto máximo de passadas do trator	Valor da variável no ponto máximo de passadas do trator no mesmo rastro
Número de folhas	SEM	$-0,1684x^2 + 2,5553x + 40,030$	7,59	49,72
Número de ramos	SEM	$-0,0151x^2 + 0,2126x + 4,459$	7,74	19,10
Número de vagens	COM	$0,2075x^2 - 4,285x + 52,196$	10,35	74,37
Média			8,56	

Fonte: Os próprios autores (2020).

De acordo com a Tabela 3, verificou-se que houve valores significativos em todos os tratamentos, com relação à posição de semeadura na parcela e profundidade dos valores de resistência do solo à penetração. Também se considerou que houve interação entre posição de semeadura na parcela e profundidade da resistência do solo à penetração.

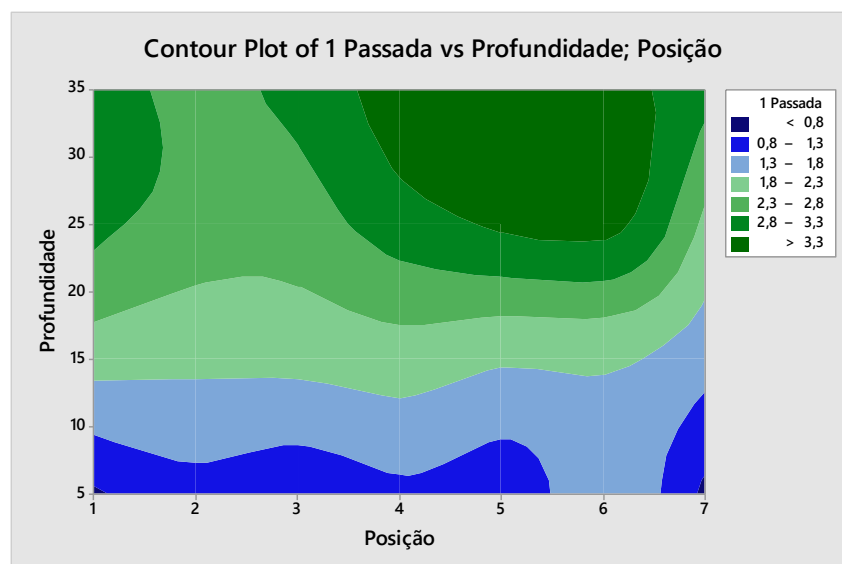
Tabela 3 - Valores do quadrado médio pela análise de variância de superfície de resposta da resistência do solo à penetração nas linhas de semeadura na cultura da soja.

	GL	T1	T2	T3	T4
Posição	6	1,063676**	1,372971**	0,878716**	2,780408**
Prof.	3	18,232546**	12,550532**	16,094387**	9,689027**
Posição*Prof	18	0,432505**	0,675203**	0,290522**	0,424183**
Erro	81	0.034697	0.023874	0.041700	0.049683
CV%		8,81	7,04	7,53	9,43
Média Geral		2,1148214	2,1956250	2,7101786	2,3643750

Resultados significativos apresentados com ** P< 0,01. Fonte: Os próprios autores (2020)

Na Figura 5, verifica-se que superficialmente até a profundidade de 15 cm a resistência do solo à penetração não é elevada e não afeta o desenvolvimento da planta, pois apresenta uma variação entre <0,8 e aproximadamente 2,3 MPa, sendo este, menor que o valor estabelecido por Tormena et al. (1998), como um nível crítico ao desenvolvimento radicular adotando o valor de 2,5 MPa para solos arenosos.

Figura 5 - Gráfico de contornos da resistência do solo à penetração sobre tráfego de 1 passada do trator no mesmo rastro em profundidade e nas linhas de semeadura.

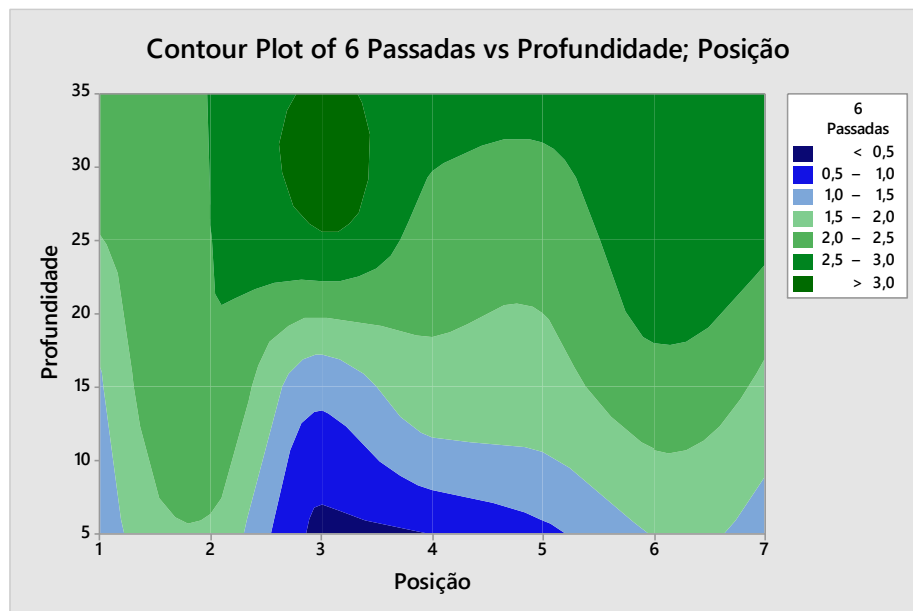


Fonte: Autores.

Observando as Figuras 6 e 7, é evidente o efeito das passadas do trator no mesmo rastro nas posições 2 e 6, onde nota-se um aumento da resistência do solo, quando comparado à Figura

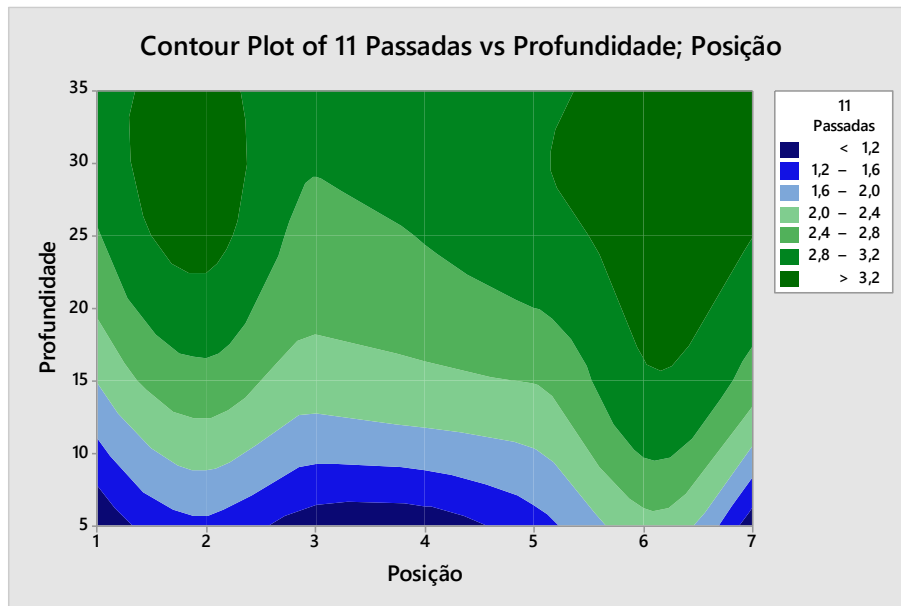
5 onde o nível de tráfego era menor e consequentemente a resistência à penetração também. É notável também a interferência nas linhas laterais onde há um aumento da resistência nas posições vizinhas às do tráfego. No nível de 11 passadas, já há uma interferência na resistência do solo e também no desenvolvimento das raízes que se concentram até a camada de 15 cm. Beutler e Centurion (2004), verificaram em seu trabalho que ocorreu uma maior densidade de raízes na camada de 0,0-0,05 m e um aumento da resistência à penetração na camada de 0,5-0,15 m. Os mesmos autores ainda constataram que no nível de tráfego de 6 passadas houve um aumento da resistência chegando à 4,07 MPa na camada de 0,15-0,18 m

Figura 6 - Gráfico de contornos da resistência do solo à penetração sobre tráfego de 6 passadas do trator no mesmo rastro em profundidade e nas linhas de semeadura.



Fonte: Autores.

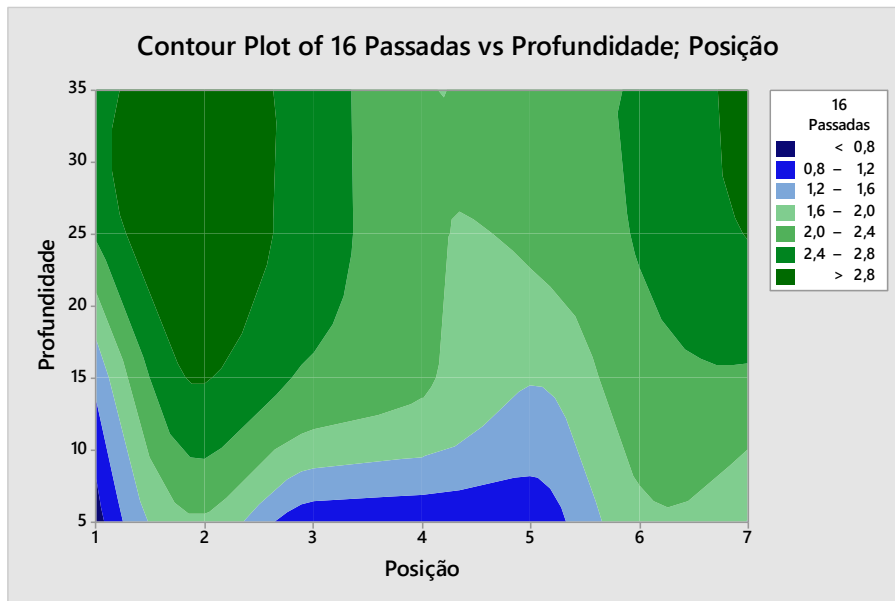
Figura 7 - Gráfico de contornos da resistência do solo à penetração sobre tráfego de 11 passadas do trator no mesmo rastro em profundidade e nas linhas de semeadura.



Fonte: Os próprios autores (2020).

Na Figura 8, a resistência do solo à penetração em subsuperfície se igualou em todas as linhas e apresentou valores acima de 2,0 MPa, resultando assim em um efeito negativo do uso do regulador de crescimento vegetal, ou seja, em níveis maiores de tráfego como 16 passadas, o Stimulate[®], não auxilia em um melhor desenvolvimento da cultura.

Figura 8 - Gráfico de contornos da resistência do solo à penetração sobre tráfego de 16 passadas do trator no mesmo rastro em profundidade e nas linhas de semeadura.



Fonte: Os próprios autores (2020).

Quando comparados as Figuras 1, 2, 3 e 4, pode-se observar um aumento gradual da resposta da resistência do solo entre subsuperfície e superfície de tráfego à medida que se aumentava o nível de tráfego nas posições 2 e 6 onde foram alocados os rodados do trator. Resultado visto por Girardello et al. (2017), onde foi observado um aumento da resistência do solo à penetração na profundidade de 0,15 a 0,40 m e por Rosa et al. (2012) que identificou um aumento da resistência do solo à penetração abaixo da camada de 0,15 m em um Argissolo Vermelho.

Portanto, ao se relacionar os resultados avaliados nos parâmetros anteriores (Figuras 1, 2, 3 e 4) e os resultados em relação à resposta de resistência do solo à penetração (Figuras 5, 6, 7 e 8), nota-se que à medida que se aumenta o nível de tráfego, há um aumento gradual da resistência deste solo à penetração, interferindo assim na região onde se localizam as raízes, impedindo seu aprofundamento para absorção de água e nutrientes, refletindo diretamente no desenvolvimento da cultura. Espessato et al., (2017) verificaram que níveis de compactação maiores podem levar à perda de produtividade devido à redução no crescimento das raízes pivotantes e gerando um acúmulo de raízes secundárias em camadas superficiais do solo e também verificou que a partir de 11 passadas houve uma redução de produtividade e também do parâmetro altura de planta.

4. Considerações Finais

A aplicação de regulador de crescimento vegetal, Stimulate®, não auxilia no desenvolvimento da cultura em maiores intensidades de tráfego.

O aumento do nível de tráfego gradual, proporciona uma maior resistência à penetração em profundidade e nas linhas laterais à linha de tráfego.

Portanto, é importante continuar buscar por alternativas que amenizem os efeitos causados pelo aumento da densidade do solo, aliando sempre a um manejo adequado que proporcione um cultivo com baixo grau de compactação. Assim, realizar nos próximos experimentos, comparação de diferentes vias de aplicação, comparando também doses e épocas durante o cultivo, com o objetivo de estabelecer o momento e dose ideal de aplicação do bioestimulante para que se consiga melhor desenvolvimento da cultura, determinando também outros parâmetros relacionados ao desenvolvimento da planta.

Referências

ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Recuperado de <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/STIMULATE0520.pdf>>

Atwell, B. J. The effect of soil compaction on wheat during early tillering: III. Fate of carbon transported to the root structure. *New Phytol.*, 115, 43-49, 1990b.

Bertolin, D. C., Sá, M. E., Arf, O., Junior, E. F., Colombo, A. S., Carvalho, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com aplicação de bioestimulantes. *Bragantia*, Campinas, 69(2), 339-347, 2010.

Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 38(7), 849-856, jul. 2003.

Beulter, A. N., Centurion, J. F. Compactação do solo sem desenvolvimento radicular e no uso da soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 39(6), 581-588, junho de 2004. Recuperado de <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2004000600010&lng=en&nrm=iso>. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000600010>.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - Décimo levantamento, Brasília, p. 1-74, julho 2020. Acompanhamento da safra brasileira. 73p, Brasília 2020. Recuperado de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10/08/2020.

Davies, W. J., Tardieu, F., & Trejo, C. L. How do chemical signals work in plants that grow in drying soil?. *Plant Physiol.*, 104,309-314, 1994.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (5a ed.) Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 532p.

Espessato, R. R., Leite, F., Guerreiro, J. C., Quiqui, E. M. D., Azevedo, A. P., Aleixo, E. V. Desenvolvimento da soja em função do tráfego de tratores com pneus radiais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21 (10), 726-730. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p726-730>, 2017.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 35(6), 1039-1042, 2011.

Girardello, V. C., Amado, T., Ertel, C., & Garlet, L. Revista A granja. Benefícios do tráfego controlado de máquinas. Edição 785. Maio, 2014. Recuperado de <<https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/785/materia/5996> >

Girardello, V. C., Amado, T. J. C., Santi, A. L., Lanza Nova, M. E., & Tasca, A. Resistência do solo a penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. *Scientia Agraria*, [S.l.], 18(2), 86-96. ISSN 1983-2443. Recuperado de <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/50693>>. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/ras.v18i2.50693>.

Hermes, K. C. E., Nunes, J., & Nunes, D. V. J. Influência do bioestimulante no enraizamento e produtividade da soja. *Revista cultivando o saber - Edição Especial*, 35-45, 2015.

Pauletti, V., & Motta, A. C. V. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

Rosa, D. P., Reichert, J. M., Mentges, M. I., Rosa, V. T., Vieira, D. A., & Reinert, D. J. Demanda de tração e propriedades físicas de um Argissolo em diferentes manejos e intensidades de tráfego. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 47, 118-126, 2012.

Santos, C. M. G., & Vieira, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de grãos, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. Magistra, 17(3), 124-130, 2005.

Silva, T. T. A., Pinho, E. R. V., Cardoso, D. L., Ferreira, C. A., Alvim, P. O., & Costa, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, 32(3), 840-846, 2008.

Soane, B. D., & Ouwerkerk, V. C. Soil compaction in crop production. Amsterdam, Elsevier. 11, 684, 1994

Tormena, C. A., Silva, A. P., & Libardi, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22, 573-581, 1998.

Tubeileh, A., Groleau-Renaud, V., Plantureux, S., & Guckert, A. Effect of soil compaction on photosynthesis and carbon partitioning within a maize soil system. Soil Till. Res., 71, 151-161, 2003.

Unger, P. W., & Kaspar, T. C. Soil Compaction and Root Growth: A Review. Agron. J., 86: 759-766. doi:10.2134/agronj1994.00021962008600050004x, 1994.

Voltan, Q. R. B., Nogueira, S. S. S., Miranda, M. A. C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. Pesq. agropec. bras. [online]. 2000, 35(5), 929-938. ISSN 1678-3921.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Fabício Leite – 21%

Fernanda Francisco dos Santos – 31%

João Henrique Castaldo – 16%

Julia Seronatto Savioli – 16%

Luiz Gustavo dos Santos – 16%