

MODELAGEM DA PRODUTIVIDADE DE SOJA SOB A INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE ESPAÇOTEMPORAL DA CONCENTRAÇÕES DE CO₂ NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E MATO GROSSO DO SUL

SILVA, P. A.¹, FARIA, R. T.², ROLIM, G. S.³, LA SCALA Jr, N.⁴, VICENTINI, M. E.⁵, PANOSSO, A. R.⁶

¹ Mestre em Agronomia, Professor Substituto, Dpto de Engenharia e Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, UNESP; Jaboticabal, SP, (0XX16) 99646.5543, paullo-alex@outlook.com

² Doutor em Agronomia, Professor Assistente, Dpto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV, UNESP; Jaboticabal, SP

³ Doutor em Agronomia, Professor Adjunto, Dpto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV, UNESP; Jaboticabal, SP

⁴ Doutor em Física, Professor Titular, Dpto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV, UNESP; Jaboticabal, SP,

⁵ Mestre em Agronomia, Estudante de doutorado, Dpto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV, UNESP; Jaboticabal, SP

⁶ Doutor em Agronomia, Professor Assistente, Dpto de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV, UNESP; Jaboticabal, SP

XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line

RESUMO: Estudos realizados com a cultura da soja, sob altas concentrações de CO₂ mostraram que o CO₂ pode colaborar com o desenvolvimento e a produção da cultura. Objetivo: criar modelos para a produtividade de soja, sob a influência das concentrações de CO₂ na atmosfera para os municípios dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. As emissões de CO₂ do solo (FCO₂), foram mensuradas em 4 áreas de estudo. Os dados de CO₂ foram divididos em duas classes de concentrações na atmosfera, que foram usadas para estimar a produtividade de soja no programa DSSAT, para uma série histórica de 32 anos. Com os resultados obtidos, foram realizados os testes de hipóteses e tukey, que não apresentaram diferença sob a produção da cultura da soja em nenhuma das classes. Após isso, foram coletados os valores máximos e mínimos das massas de produção de grãos e matéria seca e definidos os modelos. Conclui-se que ocorre a variabilidade da concentração de CO₂ nos municípios estudados. Para as análises de produção de massa seca e de grãos foi possível gerar modelos para os intervalos de estudo que descrevem a produtividade da soja em função dos cenários de alta e baixa concentração de CO₂ na atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: manejo do solo, emissão de CO₂, atributos do solo

MODELING OF SOYBEAN PRODUCTIVITY UNDER THE INFLUENCE OF SPACE-TEMPORAL VARIABILITY OF CO₂ CONCENTRATIONS IN THE STATES OF SÃO PAULO AND MATO GROSSO DO SUL

ABSTRACT: Studies carried out with the cultivation of soybeans, under high concentrations of CO₂ showed that CO₂ can collaborate with the development and production of the culture. Objective: to create models for soybean productivity, under the influence of CO₂ concentrations in the atmosphere for the municipalities of the states of São Paulo and Mato Grosso do Sul. CO₂ emissions from soil (FCO₂) were measured in 4 study areas. The CO₂ data were divided into two classes of concentrations in the atmosphere, which were used to

estimate soybean productivity in the DSSAT program, for a 32-year historical series. With the results obtained, hypothesis and tukey tests were performed, which did not show any difference under soybean production in any of the classes. After that, the maximum and minimum values of the masses of grain and dry matter production were collected and the models were defined. It is concluded that the CO₂ concentration variability occurs in the studied cities. For the analysis of dry mass and grain production, it was possible to generate models for the study intervals that describe the soybean productivity according to the scenarios of high and low CO₂ concentration in the atmosphere.

KEYWORDS: soil management, CO₂ emission, soil attributes

INTRODUÇÃO: O aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera causa mudança no processo produtivo, gerando impactos na produção agrícola. Os efeitos positivos são: a expansão da produção agrícola devido à diminuição dos impactos do congelamento em regiões limitadas pela temperatura e também à fertilização de CO₂ da matéria orgânica sobre as culturas. Já os efeitos negativos são aqueles relacionados com o clima, desequilíbrio do regime de precipitação, baixa umidade do solo e extremas temperaturas (Porter et al., 2014). A cultura soja (*Glycine max*) é a oleaginosa mais cultivada no mundo (Schmutz et al., 2010) e os Estados Unidos é o maior produtor mundial. O Brasil é o maior exportador e o segundo maior produtor da Terra, seguidos da Argentina, China, Índia e Paraguai, que juntos produzem 323,8 milhões de toneladas, sendo responsáveis por 92% (351,2 milhões) da produção mundial. Segundo Ort et al. (2006), a maior eficiência fotossintética provoca um aumento significativo na produção de grãos. Dermody et al. (2006) mostraram que a elevada concentração de CO₂ na atmosfera em uma área cultivada com soja provocou a diminuição na condutância estomática e o aumento na assimilação de carbono, aumentando o teor de carboidratos nas folhas, o crescimento, o rendimento, a eficiência do uso da água, o índice de área foliar (IAF) e a biomassa aérea. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi criar modelos para a produtividade de soja, sob a influência da variabilidade espaçotemporal causada pelas diferentes concentrações de CO₂ na atmosfera para os municípios de Motuca (SP), Guariba (SP), Pradópolis (SP) e Aparecida do Tabuado (MS), a partir do software de simulação de cultivos Decision Support System for Agrotechnology Transfer – DSSAT.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram coletados os valores das concentrações de CO₂ do solo nos municípios de Pradópolis (SP), Guariba (SP), Aparecida do Tabuado (MS), Motuca (SP), pelo sistema LI-COR (LI-8100). Logo após, foi realizada uma busca na literatura para os valores das concentrações de CO₂ na atmosfera das localidades, foi quantificado o potencial de emissão de CO₂ do solo e divididos em dois cenários para as áreas de estudo. O cenário otimista com 400, 405, 410 e 415 ppm, respectivamente; já o cenário pessimista foi de 400, 408, 416 e 424 ppm. Depois foram realizadas as simulações utilizando o modelo SEASONAL do DSSAT. Para as obtenções dos dados, foi realizada uma simulação baseada em uma série histórica de 32 anos, tendo início em 1984 e término em 2015, resultando em 32 experimentos. A cultivar escolhida para a modelagem da produtividade de soja foi VMAX, sendo a mais indicada para as regiões estudadas. Foram ativados os seguintes parâmetros: cálculo dos recursos balanço hídrico, nitrogênio e carbono; data de plantio para todos os anos da série histórica (15 de outubro); espaçamento entre linhas (40 cm); população de plantas (6,5 m²); profundidade de semeadura (7 cm); aplicação de ureia (no sulco do plantio 20 kg/ha e na cobertura 120 kg/ha). Os solos foram definidos como de média retenção de água. Foi

simulado 2000 kg/ ha de resíduo de milho e incorporado 100% na camada superficial de 10 cm do solo. Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica do INMET do município de Jaboticabal (SP). Logo após criou-se 8 tratamentos que foram divididos em dois grupos: cenário otimista, onde foi definido Pradópolis (400 ppm), Guariba (405 ppm), Aparecida do Tabuado (410 ppm) e Motuca (415 ppm); e o cenário pessimista foram 400, 408, 416 e 424, respectivamente. Após a obtenção dos resultados, foi realizado o teste de tukey em cada cenário, onde foram avaliados a produção de grãos e a matéria seca das plantas para a validação dos coeficientes obtidos nos experimentos. Para a obtenção dos modelos de produtividade da soja foram coletados os valores máximos que foram constatados no ano de 2011 e os valores mínimos registrados em 2013 da produção de grãos e de matéria seca total (Tabela 1), nos cenários de concentração de CO₂ na atmosfera. A partir desses dados foi feita a regressão linear para a obtenção de quatro modelos que estimaram a produção com os valores máximos e mínimos de grãos e a produção máxima e mínima de matéria seca total, dentro das faixas de concentrações de CO₂ na atmosfera para a cultura da soja.

Tabela 1. Maiores (2011) e menores (2013) produções da massa de grãos e de matéria seca em cada concentração de concentração de CO₂ na atmosfera.

Maior produção de grãos		Menor produção de grãos		Maior produção matéria seca		Menor produção matéria seca	
CO ₂ (ppm)	2011 (kg/ha)	CO ₂ (ppm)	2013 (kg/ha)	CO ₂ (ppm)	2011 (kg/ha)	CO ₂ (ppm)	2013 (kg/ha)
400	4797	400	2200	400	8384	400	5192
405	4835	405	2222	405	8452	405	5241
410	4869	410	2241	410	8518	410	5282
415	4907	415	2254	415	8585	415	5322
400	4797	400	2200	400	8384	400	5192
408	4869	408	2232	408	8491	408	5264
416	4915	416	2250	416	8599	416	5317
424	4980	424	2284	424	8705	424	5396

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A quantificação da emissão de CO₂ nas áreas de estudo mostrou que o município de Motuca foi o que apresentou a maior emissão de CO₂ (2,19 Mg/ha), seguidos de Aparecida do Tabuado (1,71 Mg/ha), Guariba (1,55 Mg/ha) e Pradópolis (1,32 Mg/ha). A partir disso, foi estimada a concentração de CO₂ na atmosfera. Foram estimados dois sistemas chamados de cenários, sendo que o primeiro foi otimista com menores concentrações de CO₂ na atmosfera, conforme a tabela abaixo.

Tabela 2. Emissão e concentração de CO₂ e registradas nas áreas de Pradópolis, Guariba, Aparecida do Tabuado e Motuca.

Cidade	Emissão de CO ₂ do solo (Mg/ha)	¹ C.O. + CO ₂ na atmosfera (ppm)	² C.P. - CO ₂ na atmosfera (ppm)
Pradópolis	1,32	400	400
Guariba	1,55	405	408
Aparecida do Tabuado	1,71	410	416
Motuca	2,19	415	424

¹C.O. + CO₂ na atmosfera (ppm) = cenário otimista da concentração de CO₂ na atmosfera, em partes por milhão.

²C.P. - CO₂ na atmosfera (ppm) = cenário pessimista da concentração de CO₂ na atmosfera, em partes por milhão.

Estudando-se o modelo SEASONAL foi observado que a produtividade da soja no decorrer dos 32 anos de estudo (1984-2015) apresentou alterações da produção média de massa seca e na produção de grãos, devido ao clima e a quantidade de CO₂ na atmosfera conforme a localidade, mostrando uma variabilidade espacial e temporal no período de avaliação, porém conforme o teste tukey com $\alpha = 0,05$ essa diferença não foi significativa para a produção de massa dos grãos, bem como para a produção da massa da matéria seca. O ano de 2011 foi o que apresentou a maior produção de grãos e de matéria seca na cultura da soja. Com relação às concentrações de CO₂ na atmosfera, o ano de 2013 apresentou a menor produção,

representando assim o cenário otimista e pessimista, respectivamente. Para a produtividade de grãos e de massa seca constatou-se que as concentrações de CO₂ na atmosfera proporcionaram um incremento significativo, de acordo com os aumentos das concentrações de CO₂ na atmosfera, apresentando significância de 5% (p<0,05), exceto para a máxima produção de massa seca. De forma geral, o aumento produtividade é diretamente proporcional ao aumento da de CO₂ na atmosfera válido para esse intervalo de concentrações do gás.

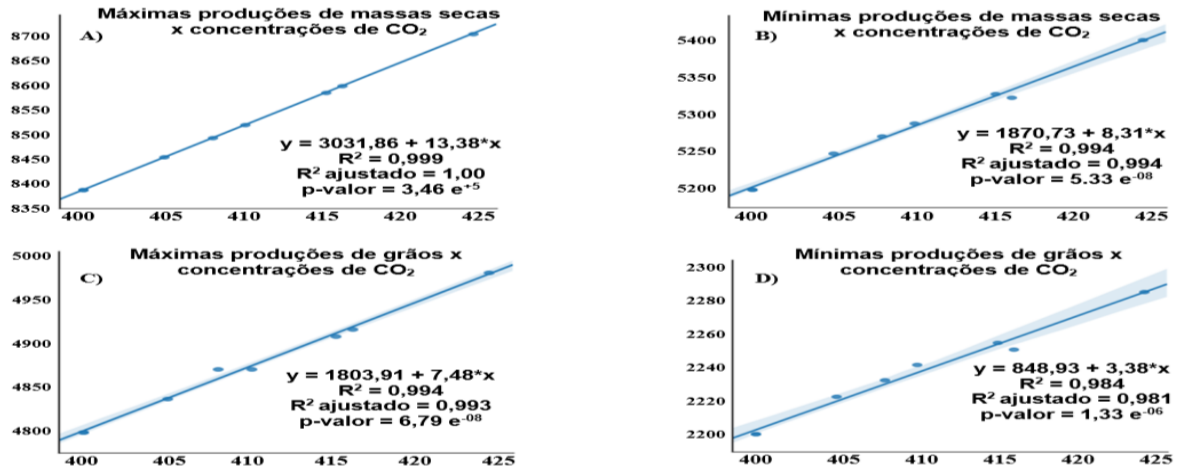


Figura 1. Estimativa das produções máximas (A) e mínimas (B) da massa da matéria seca, e máximas (C) e mínimas (D) da massa de grãos, em função das concentrações de CO₂, estimados pelo método da regressão linear.

CONCLUSÕES: A produtividade da soja apresentou variabilidade espaçotemporal em função da concentração de CO₂ da atmosfera nas áreas de estudo. Ocorreu variabilidade espacial nas concentrações de CO₂ da atmosfera. A cidade mais influenciada foi Motuca, seguida de Aparecida do Tabuado, de Guariba e de Pradópolis. Os testes de hipóteses e de tukey, com $\alpha = 0,05$, mostrou que para esses níveis de concentração de CO₂ não existe diferença significativa para a produção de massa dos grãos e para a produção de matéria seca. A geração de modelos que descrevessem os cenários de produção permite ao produtor estimar a sua margem de lucro, ajudando na gestão de recursos, manejo e produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS:

- Dermody, O., Long, S. P., Delucia, E. H. How does elevated CO₂ or ozone affect the leafarea index of soybean when applied independently? - **New Phytol.** v.169, p. 145–155, 2006.
- Ort, D. R., Ainsworth, E. A., Aldea, M. et al.: SoyFACE: the effects and interactions of elevated [CO₂] and [O₃] on soybean. – In: *Managed Ecosystems and CO₂: Case Studies, Processes and Perspectives*, Berlin, **Springer**, p. 71–85, 2006.
- Porter, Jr; Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., Lobell, D. B., Travasso, M. I. Food security and food production systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., White, L.L. (Eds.)]. United Kingdom and New York, Cambridge University Press, **Cambridge**, p. 485–533, 2014.
- SCHMUTZ, J., CANNON, S. B., SCHLUETER, J. et al.: Genome sequence of the palaeopolyploid soybean. – **Nature**, v.463, p. 178–183, 2010.