

DINÂMICA DA ASSIMILAÇÃO PRIMÁRIA BRUTA DA SOJA NO SUL DO BRASIL

Gustavo Pujol Veeck¹; Genei Antonio Dalmago²; Débora Regina Roberti¹; Lidiane Bulignon¹; Anderson Santi²

Autor para correspondência: veeckgp@gmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria; ²Embrapa - Trigo

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo. Com isto, uma vasta área do território brasileiro é coberto por culturas que influenciam diretamente no balanço anual de carbono entre a superfície terrestre e a atmosfera. Neste trabalho foi utilizada a técnica da covariância dos vórtices turbulentos, do inglês Eddy Covariance (EC), para calcular os fluxos atmosféricos de CO₂ e estimar a produção primária bruta, do inglês gross primary production (GPP) em um cultivo de soja no município de Carazinho-RS. Foi analisada a evolução temporal do GPP, ajustadas equações que representam o acumulado de GPP em função dos dias após a semeadura e comparado com valores medidos de biomassa. Os modelos propostos representam de forma satisfatória as medidas de GPP e biomassa no cultivo da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Covariância dos Vórtices; GPP; Modelo

DYNAMICS OF GROSS PRIMARY PRODUCTION SOYBEAN IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT

Brazil is one of the largest agricultural producers in the world. With this, a vast area of Brazilian territory is covered by cultures that directly influence the annual carbon balance between the Earth's surface and the atmosphere. In this work, Eddy Covariance (EC) was used to calculate the atmospheric CO₂ fluxes and to estimate gross primary production (GPP) in a soybean crop in Carazinho-RS. The temporal evolution of the GPP was analyzed, adjusted equations that represent the accumulated GPP as a function of the days after sowing and compared with measured values of biomass. The proposed models satisfactorily represent the GPP and biomass measurements in soybean cultivation.

KEY-WORDS: Eddy Covariance; GPP; Model

INTRODUÇÃO

As áreas agrícolas são importantes sumidouros de carbono (C) principalmente nas fases de crescimento das plantas (AUBINET et al., 2009; KUTSCH et al., 2010). Conforme FRANK et al., (2015), a absorção de CO₂ por fotossíntese é mais sensível as variações das condições meteorológicas e ambientais do que a respiração do ecossistema. As diferenças interanuais nos fluxos de CO₂ são influenciadas pelas diferenças na quantidade de nuvens e precipitação pluvial, e seus impactos causados sobre as variáveis ambientais, tais como, temperatura do ar, radiação solar incidente na superfície (R_g), horas de luz, deficit de vapor de pressão (VPD) e umidade do solo (YI et al., 2010). A fotossíntese aumenta conforme a temperatura do ar se eleva.

No entanto as altas temperaturas do ar são limitantes para a fotossíntese e podem reduzir o incremento líquido de carbono pelo aumento da respiração noturna. O desenvolvimento fenológico das plantas e por consequência a fotossíntese também é afetada pela temperatura ambiente (BALDOCCHI et al., 2005). Conforme Kramer, Leinonen e Loustau (2000) o desenvolvimento fenológico é geralmente associado a somas térmicas dos diferentes sub períodos do ciclo. Gu et al. (2003) mostram a relação entre o tempo de emissão de folhas com o tempo de crescimento da cultura e o impacto na sazonalidade da fotossíntese sobre esse processo.

No entanto, nesse sistema as trocas de energia e massa não foram ainda caracterizadas na região do estudo. Portanto, este trabalho pretende preencher esta lacuna e oferecer informações que podem ser úteis no melhor planejamento espaço-temporal destas culturas, contribuindo para sustentabilidade destas culturas na região.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a dinâmica da assimilação primária bruta pela soja no sul do Brasil e propor modelos de estimativa da mesma.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sítio experimental é localizado no município de Carazinho, RS (28°13'46"S, 52°54'32"W e 517m) em lavoura comercial, com sucessão de culturas composta de soja no verão e de trigo no inverno. O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013) e o solo é um Latossolo Vermelho Aluminoférrico (STRECK et al., 2008). A área experimental apresenta inclinação entre 5 e 10%, com exposição Leste/Nordeste.

Neste estudo foi utilizada a cultivar BMX Apolo semeada em 16 de novembro de 2015, com emergência 24 de novembro de 2015, florescimento em 15/01/2016 e colheita em 24/03/2016. A semeadura foi realizada com semeadora adubadora, em sistema de plantio direto. As sementes foram tratadas com fungicida e inseticida e receberam inoculação com *Bradyrhizobium*. O espaçamento entre linhas foi de 45 cm e densidade de 27 plantas m⁻². A adubação de base seguiu a análise de solo e correspondeu a 281 kg ha⁻¹ de NPK, na fórmula 05-20-20. O controle de plantas daninhas, de pragas e de doenças foi realizado quando necessário, utilizando produtos indicados para a cultura (REUNIÃO..., 2014) e foi baseado em monitoramento constante realizado no campo.

O monitoramento das variáveis ambientais/micrometeorológicas foi feito na área experimental por meio de uma torre micrometeorológica, desde a semeadura até a colheita da soja. Os equipamentos usados foram: um anemômetro sônico 3D CSAT3 (Campbel-SCI), um medidor de temperatura do ar, pressão atmosférica e analisador de gás infravermelho (H₂O/CO₂) EC-150-Sh-EB (Campbell-SCI). Ambos equipamentos medindo com uma frequência de 10Hz, instalados a 2 metros de altura do solo. O método da covariância dos vórtices turbulentos, do inglês *Eddy Covariance (EC)* foi usado para calcular os fluxos atmosféricos de dióxido de carbono (CO₂) usando o software EddyPro®, versão 6.2.1, da LiCOR. Este método utiliza medidas de alta frequência da componente vertical da velocidade do vento, e do escalar de interesse. Os fluxos de CO₂ foram calculados usando média em bloco de 30 minutos. Para maiores detalhes sobre o processamento de dados ver (VEECK, 2018)

O fluxo de CO₂ em vegetação baixa pode ser representado pela troca líquida de CO₂ do ecossistema, NEE, (do inglês Net Exchange Ecosystem) e pode ser particionado entre a respiração do ecossistema (respiração do solo, animais e plantas) (R_{eco}) e a assimilação de CO₂ pela fotossíntese (GPP)

$$NEE = R_{eco} + GPP \quad \text{Eq. (90)}$$

por convenção o R_{eco} é positivo e o GPP é negativo. A partição do NEE, juntamente com o preenchimento de dados faltantes foi realizada utilizando a metodologia de LASSLOP et al. (2010), utilizado o pacote do R ReddyProc (REICHSTEIN, et al. 2014). Para maiores detalhes sobre o processamento dos dados ver VEECK (2018).

Para a estimativa da Massa Seca Total (MST), amostras de plantas foram coletadas a cada 7 dias e secadas em estufa, regulada para atingir temperatura do ar máxima de 65°C e com fluxo de ar quente constante.

Neste trabalho serão comparadas as estimativas de GPP com as medidas de MST. Dois modelos para estimativa de GPP em função dos dias após a semeadura (DAS) foram calibrados usando o Método dos Mínimos Quadrados. A escolha das funções foi feita observando a curva formada pelo GPP acumulado ao longo do ciclo da soja. As funções utilizadas foram:

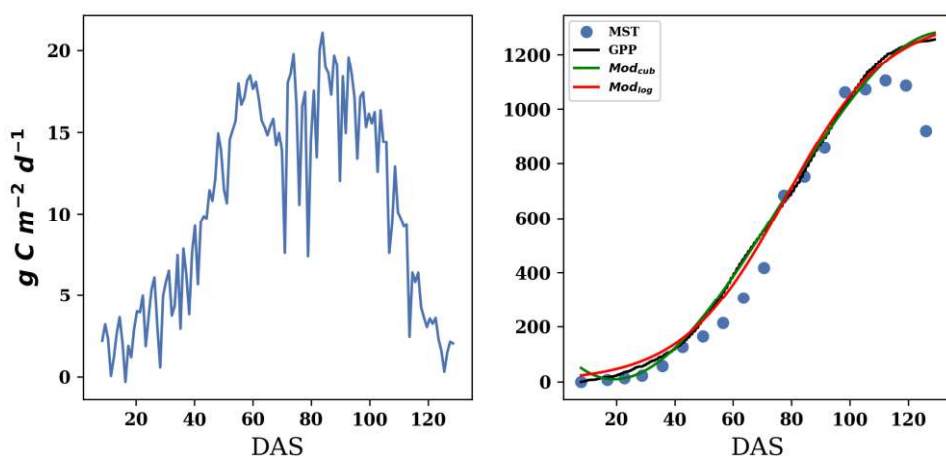
$$f(x) = a_1x^3 + b_1x^2 + c_1x + d_1 \quad \text{Eq. (91)}$$

$$f(x) = \frac{a_2}{b_2e^{-c_2x} + 1} \quad \text{Eq. (92)}$$

onde $f(x)$ é a função que descreve o GPP, x é a variável DAS e $a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2$, são parâmetros a serem calibrados. A eq. (2) é uma função polinomial de ordem 3 e a eq. (3) é uma função logística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as médias diárias de GPP obtidas ao longo do ciclo da soja na safra 2015/2016. O GPP máximo foi 21,06 g C m⁻² d⁻¹ (DAS 83), enquanto o mínimo foi 0,66 g C m⁻² d⁻¹ (DAS 17). Nota-se uma variabilidade ao longo dos dias devido principalmente a variação na quantidade de energia solar incidente sobre a cultura.



Média diária da Produção primária bruta (GPP) obtida com a técnica Eddy Covariance no ciclo da soja no sítio de Carazinho-RS (a) e GPP acumulada ao longo do ciclo da soja juntamente com os valores de Matéria Seca Total (MST) e os modelos ajustados, Modelo ‘função cubica’, eq. (2) (Modcub) e Modelo ‘função Logística’, eq. (3) (ModLog) (b).

Foram utilizadas equações de ajuste de curvas para descrever o GPP em função do número do DAS. Foi utilizada uma função polinomial de ordem 3 (eq 2) e uma função Logística (eq 3) com os parâmetros ajustados. Estes parâmetros são mostrados no Quadro(1). Pode-se observar que ambas as equações se ajustam aos dados observados (Figura 1b). Estas equações podem ser usadas para estimativa do GPP para o cultivo da soja. O período final, após o DAS 100, quando as plantas entram em senescência, as equações não apresentaram a mesma resposta da MST, pois, o GPP é acumulado de acordo com a evolução das equações e a MST é obtida experimentalmente, onde ocorrem perdas, especialmente da matéria seca de folhas.

Quadro 1: Parâmetros de ajuste das funções cúbica, eq. (2), e logística, eq. (3)

Modelo 'função cúbico' – Eq. (2)		Modelo 'função Logística'- Eq.(3)	
Parâmetro	valor	Parâmetro	valor
a₁	-0,002	a₂	1337
b₁	0,4	b₂	86,7
c₁	-13,4	c₂	-0,0057
d₁	133		

O Quadro 2 mostra os parâmetros estatísticos obtidos através da regressão linear entre o MST e o GPP observado, acumulado pelos modelos Mod_{cub} e Mod_{log}. Os dois modelos representam satisfatoriamente os dados observados de MST, e apresentam erro muito próximo aos dados observados, entretanto o modelo logístico apresenta o maior R² com menor RMSE.

Quadro 2: Parâmetros estatísticos da regressão linear entre a Matéria Seca Total (MST, g C m⁻²) e a assimilação primária bruta acumulada (GPP, g C m⁻²)

	R ²	RMSE	Regressão
GPP Observado	0,97	± 106,1 g C m ⁻²	GPP(MST) = 1,05(MST) + 40,8
GPP Mod _{cub}	0,96	± 109,7 g C m ⁻²	GPP(MST) = 1,04(MST) + 44,7
GPP Mod _{log}	0,97	± 103,5 g C m ⁻²	GPP(MST) = 1,04(MST) + 50,5

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Ambos os modelos, cúbico e logístico, representam de forma satisfatória os valores acumulados do GPP em função dos dias após a semeadura da soja. Estes resultados devem ser validados para outros sítios experimentais.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A equipe agradece a UFSM, CNPq, CAPES, FAPERGS e Embrapa-Trigo por todo o apoio recebido. A equipe agradece também aos funcionários da Embrapa Trigo, Elisson S. S. Pauletti e Cristian M. Plentz, que auxiliaram na condução do experimento e coletas dos dados e a Granja Capão Alto pela parceria no trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AUBINET, Marc et al. Carbon sequestration by a crop over a 4-year sugar beet/winter wheat/seed potato/winter wheat rotation cycle. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 3-4, p. 407-418, 2009.

AUBINET, Marc; VESALA, Timo; PAPAIE, Dario (Ed.). **Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis**. Springer Science & Business Media, 2012.

BALDOCCHI, Dennis; CHU, Housen; REICHSTEIN, Markus. Inter-annual variability of net and gross ecosystem carbon fluxes: A review. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 249, p. 520-533, 2018.

GU, Lianhong et al. Phenology of vegetation photosynthesis. In: **Phenology: An integrative environmental science**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 467-485.

KRAMER, K.; LEINONEN, I.; LOUSTAU, D. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. **International Journal of Biometeorology**, v. 44, n. 2, p. 67-75, 2000.

LASSLOP, Gitta et al. Separation of net ecosystem exchange into assimilation and respiration using a light response curve approach: critical issues and global evaluation. **Global Change Biology**, v. 16, n. 1, p. 187-208, 2010.

REICHSTEIN, M. et al. REdDyProc: Data processing and plotting utilities of (half-) hourly eddy-covariance measurements. **R package version 0.6-0/r9**, 2014.

REICHSTEIN, M. , Falge, E. , Baldocchi, D. , Papale, D. , Aubinet, M. , Berbigier, P. , Bernhofer, C. , Buchmann, N. , Gilmanov, T. , Granier, A. , Grünwald, T. , Havránková, K. , Ilvesniemi, H. , Janous, D. , Knohl, A. , Laurila, T. , Lohila, A. , Loustau, D. , Matteucci, G. , Meyers, T. , Miglietta, F. , Ourcival, J. , Pumpanen, J. , Rambal, S. , Rotenberg, E. , Sanz, M. , Tenhunen, J. , Seufert, G. , Vaccari, F. , Vesala, T. , Yakir, D. and Valentini, R. (2005), On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, 11: 1424-1439. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.001002.x

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2013/2014 e 2014/2015**. XL Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124p.

YI, Chuixiang et al. Climate control of terrestrial carbon exchange across biomes and continents. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 3, p. 034007, 2010.