



IMPACTO DO AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO SOBRE A DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUO DE COLHEITA DA SOJA

Thiers Alves Vidal⁽¹⁾, Tamires Esther Ferreira⁽²⁾, Paulo Rossi⁽³⁾, Rafael de Moura Dias⁽⁴⁾, Kátia de Lima Nechet⁽⁵⁾, Nilza Patrícia Ramos⁽⁵⁾

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estudar a dinâmica da decomposição do resíduo pós colheita da soja sob condições de enriquecimento atmosférico com CO₂, usando estrutura FACE. Foram testados dois tratamentos (CO₂⁺⁺ e CO₂^{amb}) para uma quantidade (5000 kg ha⁻¹) de resíduo vegetal pós colheita de soja, em delineamento de blocos casualizados, com seis repetições, em área experimental tipo FACE (Jaguariúna-SP). A dinâmica da decomposição foi acompanhada pelo método de sacos de decomposição com coletas aos 0, 14, 36, 60, 90, 120, 180, 290 e 360 dias após a instalação, com determinação da biomassa remanescente (kg ha⁻¹), constante k (dia⁻¹) e c a meia vida ($t_{1/2}$) de decomposição, sendo estes últimos determinados a partir da equação de cinética. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste t. Conclui-se que o enriquecimento atmosférico com CO₂ (400 para 550±100 μmol mol⁻¹) não modifica o comportamento exponencial da decomposição do resíduo de colheita da soja, porém modifica sua intensidade, com diferença de cerca de 5% após 360 dias de permanência em campo. A maior taxa de decomposição do resíduo de colheita da soja é observada nos primeiros 14 dias de sua aplicação em campo.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, enriquecimento atmosférico, palha

INCREASING OF CARBON DIOXIDE CONCENTRATION ON SOYBEAN RESIDUE POST HARVEST DECOMPOSITION

This work aimed to evaluate the decomposition dynamic of soybean plants after harvesting period under CO₂ enrichment area. Were tested two levels (CO₂⁺⁺ and CO₂ environment) using 5000 kg ha⁻¹ of soybean residue. The experimental design was randomized block with six replications inside an experimental area type FACE located in Jaguariúna-SP. The decomposition dynamic followed the litterbag method, the residue were collected at 0, 14, 36, 60, 90, 120, 180, 290 and 360 days after the installation to determine remaining biomass (kg ha⁻¹). It was used the first order exponential model to calculate the decomposition constant k (day⁻¹) and half-life ($t_{1/2}$). The data were submitted to ANOVA and t Test. Atmospheric enrichment with CO₂ (400 to 550 ± 100 μmol mol⁻¹) does not modify the exponential decomposition behavior of soybean residue, nevertheless, the intensity was modified around 5% after 360 days in the field. Higher decomposition rate of soybean residue was noted in the first 14 days after its installation.

Key-words: *Glycine max* (L.) Merrill, atmospheric enrichment, straw

⁽¹⁾ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, FAJ, Jaguariúna-SP; thiersvidal.tv@gmail.com; ⁽²⁾ Mestranda em Agricultura FCA/UNESP Botucatu; Rua José Barbosa de Barros, 1780 - Fazenda Lageado CEP: 18610-370 - Botucatu, SP, email: tamires_esther_ferreira@hotmail.com; ⁽³⁾ Eng. Agron. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, paulo.rossi@embrapa.br; ⁽⁴⁾ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, USF, Campinas-SP; rafadiaz10@hotmail.com ⁽⁵⁾ Pesquisadora Dra, Embrapa Meio Ambiente-Jaguariúna-SP; nilza.ramos@embrapa.br, katia.nechet@embrapa.br.



INTRODUÇÃO

O uso de combustíveis fósseis e o desmatamento desordenado, com e sem queima, são grandes responsáveis pelo aumento na concentração de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, que pode atingir valores entre 500 e 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ em 2100 (IPCC, 2007). Várias estratégias são propostas para evitar este cenário, como a substituição parcial da matriz energética mundial por combustíveis de fonte renovável, entre elas a biomassa (Goldemberg, 2007).

No Brasil, a soja se destaca na produção do biodiesel. Devido às características favoráveis de seu óleo, mas principalmente ao elevado volume produzido, que permite atender as demandas de mercado. A viabilidade da soja para este fim está em discussão no meio técnico e científico (Castro e Lima, 2010), enquanto a adoção real deste biocombustível ainda é lenta e insuficiente para evitar altas concentrações de CO_2 atmosférico.

Estas alterações poderão interferir nos agroecossistemas terrestres em níveis desconhecidos, inclusive na própria soja. Atualmente estão disponíveis informações de mudanças na fisiologia de plantas cultivadas (Chakraborty *et al.*, 2008), na relação patógeno-hospedeiro (Ghini *et al.*, 2011), mas são raros resultados com solos e quase inexistentes para a decomposição e ciclagem de nutrientes de resíduos agrícolas.

No Brasil a soja é cultivada em sistema plantio direto há décadas (Silva *et al.*, 2010), sendo a manutenção do resíduo pós colheita parte essencial do sistema produtivo. Qualquer alteração na dinâmica de decomposição e ciclagem deste resíduo, tende a alterar a proteção do solo, a atividade microbiana e a disponibilidade de nutrientes para a planta (Cotrufo *et al.*, 2009).

Informações a respeito das mudanças climáticas e estoques de carbono do solo, decomposição da matéria orgânica e mesmo respiração microbiana ainda não são inconclusivos. Isto pela dificuldade na condução de ensaios sob enriquecimento com CO_2 , sem interferências de casas de vegetação e câmaras de crescimento, que alteram luminosidade e temperatura (Leakey *et al.*, 2004), mas também pelas análises complexas exigidas no entendimento das mudanças nos componentes solo-planta-atmosfera. Há evidências apontando para ajustes na microbiota do solo sob mudanças de temperatura, devido as mudanças na fisiologia e mesmo composição de algumas espécies (Kutsch *et al.*, 2009).

O uso da estrutura FACE (*Free-Air Carbon Dioxide Enrichment*), que simula incrementos de CO_2 em céu aberto tem se mostrado satisfatória em estudos de mudanças climáticas (Leakey *et al.*, 2004). Como na América Latina, o primeiro experimento do tipo FACE (ClimapestFACE) opera na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna-SP, desde agosto de 2011 (Ghini *et al.*, 2015), e que há um vasto campo a ser explorado no entendimento das mudanças provocadas pelo enriquecimento atmosférico com CO_2 , verificou-se a oportunidade de estudo de vários resíduos agrícolas nesta estrutura.

OBJETIVO

Estudar a dinâmica da decomposição do resíduo pós colheita da soja sob condições de enriquecimento atmosférico com CO_2 , usando estrutura FACE.



MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na estrutura ClimapestFACE cultivada com café, localizada desde 2011 em área experimental da Embrapa Meio Ambiente, município de Jaguariúna-SP, latitude 22° 41' S, longitude 47° W e altitude 581m. Esta estrutura é composta por seis blocos (com dois anéis octogonais de 10 m de diâmetro cada), que permite a comparação entre a concentração de CO₂ em condição atmosfera ambiente (400 μmol mol⁻¹) e uma concentração de CO₂ em condição aumentada (550±100 μmol mol⁻¹). O solo da área classificava-se como Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa (469 g kg⁻¹ de argila, 468 g kg⁻¹ de areia e 63 g kg⁻¹ de silte) em relevo plano, com clima subtropical úmido segundo Köppen-Geiger, cuja precipitação média mensal e acumulada no período se encontram na Figura 1.

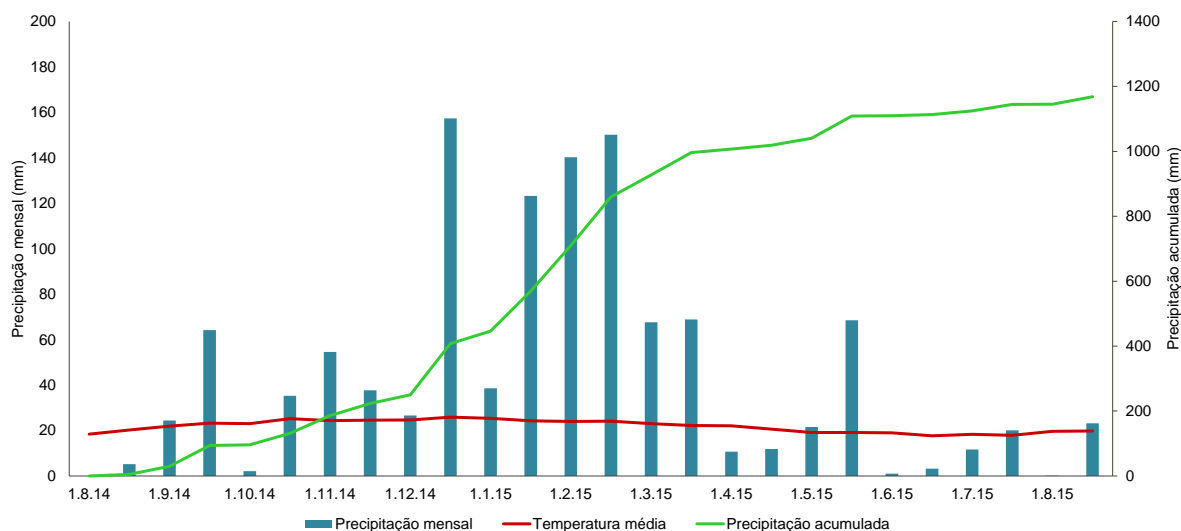


Figura 1. Temperatura média, precipitação mensal e acumulada observadas durante o ensaio, em área experimental FACE cultivada com café, Jaguariúna-SP.

Para o estudo de decomposição do resíduo da soja, sob atmosfera enriquecida com CO₂, foram testados dois tratamentos (CO₂++ e CO₂ambiente), sob delineamento experimental de blocos ao acaso e parcela subdividida no tempo, com seis repetições. A liberação de CO₂ ocorreu por injeção direta, programada para ocorrer entre 6:00 e 18:00 horas de cada dia no centro dos anéis.

O acompanhamento da decomposição foi feito pelo método dos sacos de decomposição (Bocock & Gilbert, 1957), com telas nas dimensões 20 x 20 cm com a abertura de 35 mesh. A instalação ocorreu em 30 de julho de 2014, acondicionando-se os sacos na projeção da saia do café, preenchidos com resíduos de soja (todos os restos culturais da colheita de junho de 2013), com massa inicial em quantidade referente à 5000 kg ha⁻¹. As coletas ocorreram aos 0, 14, 36, 60, 90, 120, 180, 290 e 360 dias após a instalação em campo. Após cada coleta, o material seguiu para limpeza, secagem e processamento.

Características avaliadas: a) biomassa seca remanescente ($Y_{Biom.remans}$ em kg ha⁻¹) do resíduo da soja, b) taxa de decomposição final (%), c) constante k (dia⁻¹) e



d) a meia vida ($t_{1/2}$) de decomposição, sendo estes últimos determinados a partir da equação de cinética ($Y_{Biom.remans} = y_{Biom.inicial} \cdot \exp(-k \cdot \text{tempo})$), proposta por Thomas e Asakawa (1993). A análise estatística foi feita com base na variância e na comparação de médias por pelo teste t, usando pacote estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo da interação entre enriquecimento atmosférico com CO_2 e tempo de decomposição do resíduo pós colheita de soja (Figura 2). A diferença foi observada após 90 dias de permanência do resíduo em campo, permanecendo até o final do período, com melhor desempenho do tratamento $\text{CO}_{2\text{amb}}$ em relação ao $\text{CO}_{2^{++}}$.

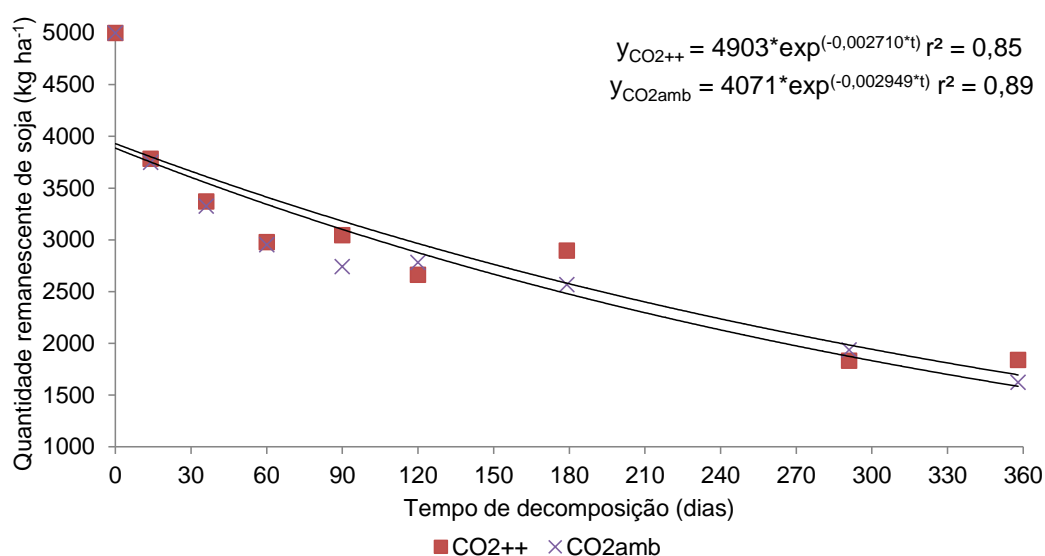


Figura 2- Dinâmica da decomposição da biomassa remanescente do resíduo de colheita da soja (kg ha^{-1}), sob condições de CO_2 enriquecido ($\text{CO}_{2^{++}}$) aplicados entre julho de 2013 e agosto de 2014, na estrutura FACE em Jaguariúna-SP.

A maior taxa de decaimento de biomassa foi verificada nos primeiros 14 dias de avaliação, com média de 25%, independente do tratamento aplicado, que não diferiu entre si neste período. Nos períodos posteriores as taxas de decaimento quinzenais não ultrapassaram 4%. Os 25% corresponderam a aproximadamente 38% do total mineralizado ao longo dos 365 dias de decomposição (65%), demonstrado na Tabela 1. Padovan *et al.* (2006) observaram maior decaimento de resíduos pós colheita de soja num período de 30 dias após a instalação em campo.

Uma fase inicial rápida seguida por uma fase lenta corresponde justamente ao modelo matemático exponencial, proposto por Thomas & Asakawa (1993), como representativo da decomposição de vários resíduos vegetais, e observado em ambos os tratamentos no presente estudo. Também Cotrufo *et al.* (2009) descrevem como exponencial a dinâmica de decomposição de resíduos agrícolas, atribuindo a fase rápida à decomposição de compostos pouco complexos (celulose e



hemicelulose), seguida de outra mais lenta, com quebra de elementos recalcitrantes, como a lignina (Fengel & Wegener, 1989).

As diferenças entre os tratamentos foram observadas justamente durante a fase mais lenta da decomposição (após 90 dias em campo), com o favorecimento do processo no CO_{2amb} , evidenciado pelo menor valor da constante k , ou constante de decomposição (Tabela 1). Cabe destacar que as diferenças mesmo que não expressivas foram suficientes para alterar em 5% a taxa final de decomposição, bem como a meia vida de decaimento em 21 dias.

Tabela 1. Biomassa Remanescente ($Mg\ ha^{-1}$), taxa de decomposição final (%), constante de decomposição (k) e meia vida (dias) da decomposição da palha de soja sob enriquecimento com CO_2 após 36 dias do início ao final do experimento.

Tratamentos	Biomassa remanesc. ($Mg\ ha^{-1}$)	Taxa final decomp. (%)	k	$\frac{1}{2}$ vida (dias)
CO_2^{++}	1842a	63b	0,002710b	256
$CO_{2\ amb}$	1624b	68a	0,002949a	235
Média	1733	66	0,002830	245
Teste t	**	**	**	**

n.s. não significativo e ** significativo pelo teste t

A decomposição de resíduos vegetais depende da temperatura, umidade ambiental, composição química do material e da ação dos microrganismos decompositores (Tauk, 1990). Como no presente estudo não se alterou os três primeiros fatores pode-se atribuir as diferenças observadas à possível modificação na atividade microbiana promovida pelo CO_{2++} , associadas à um período de maior precipitação (Figura 1). Bardgett *et al.* (2008) afirmam que existem muitas incertezas a respeito dos efeitos das mudanças climáticas (CO_2 e temperatura) sobre a ação de microrganismos de solo que atuam na quebra de matéria orgânica. Kutsch *et al.*, (2009) afirmam existirem evidências de que as mudanças no CO_2 atmosférico e principalmente à temperatura, ocorridas em curtos períodos de tempo podem levar a um ajuste na microflora do solo, causando mudanças tanto na fisiologia como na composição de espécies de microrganismos.

Essa mudança de composição da biomassa microbiana, poderia desfavorecer os decompositores de compostos recalcitrantes, como a lignina, que predominam nesta fase mais lenta do processo de decomposição. Como no presente estudo não se analisou a atividade, nem a comunidade microbiana, não se pode confirmar esta hipótese, ficando a recomendação de linhas futuras de pesquisa neste tema.

A respeito do total de biomassa decomposta, observou-se que, ao final de quase um ano, ainda restou resíduo pós colheita da soja sobre o solo, em ambos os tratamentos (Tabela 1). Houve a decomposição de cerca de $218\ kg\ ha^{-1}$ a mais no tratamento $CO_{2\ amb}$. Entretanto, não foi possível decompor todo o resíduo aportado sobre o solo, mesmo para a soja que apresenta uma relação C:N inferior à da palha da cana-de-açúcar que pode chegar 100 (Fortes *et al.*, 2012).

CONCLUSÕES



O enriquecimento atmosférico com CO₂ (400 para 550±100 μmol mol⁻¹) não modifica o comportamento exponencial da decomposição do resíduo de colheita da soja, porém modifica sua intensidade, com diferença de cerca de 5% após 360 dias de permanência em campo.

A maior taxa de decomposição do resíduo de colheita da soja é observada nos primeiros 14 dias de sua aplicação em campo.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa pelo suporte financeiro através projeto (02.12.01.018.00) “Impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico e disponibilidade de água sobre a cultura do café em experimento FACE” e ao pesquisador Dr. José Ricardo. Pupo Gonçalves, *in memoriam*, pelo planejamento e condução inicial das atividades descritas no presente trabalho.

LITERATURA CITADA

- Bardgett, R.D., Freeman, C. & Ostle, N.J.** Microbial contributions to climate change through carbon cycle feedbacks. *Isme Journal*, 2:805– 814, 2008.
- Bocock, K.L., Gilbert, O.J.W.** The disappearance of litter under different woodland conditions. *Plant Soil, Australia*, 9: 179-185, 1957.
- Castro, A. M. G., Lima, S. M. V.** O Complexo Agroindustrial [CAI] do Biodiesel no Brasil. In: CASTRO, A. M. G. de, LIMA, S. M. V., SILVA, J. F. V. (Ed.). Complexo agroindustrial de biodiesel no Brasil: competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 1:113-140, 2010.
- Chakraborty, S., Luck, J., Hollaway, G., Freeman, A., Norton, R., Garrett, K. A., Percy, K., Hopkins, A., Davis, C., Karnosky, D. F.** Impacts of global change on diseases of agricultural crops and forest trees. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 3: 1-15, 2008.
- Cotrufo FC, Galdo ID, Piermatteo D.** Litter decomposition: concepts, methods and future perspectives. In: *Soil carbon dynamics: an integrated methodology*. Kutsch WL, Bahn M, Heinemeyer A. (Eds). Cambridge: Cambridge University Press. 1: 76-90, 2009.
- Fengel, D., Wegener, G. Wood.** Chemistry: Ultrastructure: Reactions. Berlin. Walter de Gruyter. 1989.
- Fortes C, Trivelin PCO, Vitti AC.** Long term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo state, Brazil. *Biomass Bioenerg* 42: 189-198, 2012.
- Ghini, R., Hamada, E., Bettiol, W.** Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. *Plant Pathol*, London, 60: 122-132, 2011.
- Ghini, R., Torre-Neto, A., Dentzien, A.F.M., Guerreiro-Filho, O., Iost, R., Patrício, F.R.A., Prado, J.S.M., Thomaziello, R.A., Bettiol, W., Damatta, F.M.** Coffee growth, pest and yield responses to free-air CO₂ enrichment. *Climatic Change*, 32: 307-320, 2015. DOI: 10.1007/s10584-015-1422-2.
- Goldemberg, J.** Ethanol for a sustainable energy future. *Science*, 315: 808-810, 2007.



IPCC. Climate change 2007: the physical science basis: summary for policymakers. Geneva: 2007. 996 p.

Kutsch, W.L., Wirth, C., Kattge, J., Noellert, S., Herbst, M. & Kappen, L. Ecophysiological characteristics of large, mature trees and consequences for old-growth functioning. Old-growth Forests: Function, Fate and Value. Ecological Studies, (eds C. Wirth, G. Gleixner & M. Heimann) Springer, New York/Berlin/Heidelberg., 207: 57–79, 2009.

Leakey, A. D. B., Bernacchi, C. J., Dohleman, F. G., Ort, D. R., Long, S. P. Will photosynthesis of maize (*Zea mays*) in the US Corn Belt increase in future [CO₂] rich atmospheres? An analysis of diurnal courses of CO₂ uptake under free-air concentration enrichment (FACE). Glob Change Biol, Oxford, 10: 951-962, 2004.

Padovan, M. P. et. al. Decomposição de palhada de soja, cultivada sob manejo orgânico, para fins de adubação verde. Rev. Bras. Agroec, 2006.

Silva, J. F. V.; Richetti, A. ; Hirkuri, M. ; Castro, A. M. G. . Sistema produtivo de soja para a produção de biodiesel. In: Antonio Maria Gomes de Castro; Lima, Suzana M.V. Lima.; João Flávio Veloso Silva. (Org.). Complexo agroindustrial de biodiesel no Brasil: competitividade das cadeias. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 1: 501-542, 2010.

Tauk, S. M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. Revista Brasileira de Geociência, São Paulo, 20: 299-301, 1990.

Thomas RJ, Asakawa NM. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. Soil Biol Biochem 25: 1351-1361, 1993.