

RELAÇÃO ENTRE FATORES ABIÓTICOS E EMISSÃO DE CO₂ EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM DENDÊ EM TOMÉ-AÇU- PA

Carolina Melo da Silva¹, Steel Silva Vasconcelos², Edson Marcos Leal Soares Ramos³, Carlos Capela⁴

RESUMO: Apesar da importância do bioma Amazônico tanto por abrigar grande biodiversidade quanto por influenciar no regime de chuvas, esta região tem sido submetida a queimadas e a mudanças no uso da terra. Nesse contexto, os sistemas alternativos de cultivo, que buscam a produção sustentável ganham espaço, como os Sistemas Agroflorestais. Este trabalho teve como objetivo analisar a relação entre a emissão de CO₂ pelo solo, a temperatura e a umidade do solo em dois sistemas alternativos de cultivo de dendê, adubadeira e biodiverso, em Tomé-Açu – PA, na área onde está sendo desenvolvido o projeto Projeto Dendê em Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar. O monitoramento de CO₂, temperatura e umidade do solo foi realizado no período de dezembro de 2010 a maio de 2011, em 36 pontos em cada tratamento. A análise de Correlação de Pearson foi feita para verificar se existe correlação entre o dióxido de carbono e esses fatores abióticos, também uma análise de regressão foi realizada para gerar um modelo que mostre esta relação. Foi verificada correlação linear positiva entre CO₂ e temperatura do solo nos dois tratamentos analisados, e correlação linear negativa entre o gás carbônico e a umidade do solo no sistema adubadeiras. No sistema biodiverso não foi verificada relação entre esses dois componentes. Pode-se concluir que os fatores abióticos analisados interferem de forma fraca no efluxo de CO₂ do solo, no período estudado.

Palavras Chave: Temperatura, umidade, respiração do solo, Amazônia.

ABSTRACT: Despite the importance of the Amazon biome to harbor great biodiversity so as to influence rainfall patterns, this region has been subjected to burning and changes in land use. In this context, alternative cropping systems that seek sustainable production has gained ground, such as agroforestry systems. This study aimed to examine the relationship between CO₂ emissions, soil temperature and soil moisture in two alternative methods of cultivation of oil palm (spreaders and biodiverse) in Tome-Açu – PA, in the area where the project Palm Agroforestry Project in Family Farming is being developed. Monitoring of CO₂, temperature and soil moisture were made in the period from December 2010 to May 2011 at 36 points in each treatment. Correlation analysis was performed to verify the Pearson correlation between carbon dioxide and these abiotic factors, a regression analysis was made to generate a model that shows this relationship. Positive linear correlation was found between CO₂ and soil temperature in two treatments studied, and negative linear correlation between carbon dioxide and soil moisture was found in the system spreaders. The biodiverse system didn't find a relationship between these two components. It can be concluded that the abiotic factors analyzed interfere weakly in soil CO₂ efflux.

Key-words: Temperature, moisture, soil respiration, Amazon.

Introdução

A bacia amazônica contém a maior área de floresta tropical do mundo, mas tem sido submetida a contínuo desflorestamento e expansão desordenada do uso da terra, para a implantação de atividades como pecuária, exploração madeireira, agricultura, mineração e urbanização (ASNER et al. 2004). O manejo inadequado do solo pode levar a um rápido declínio dos estoques de carbono, colaborando para o aumento das emissões de CO₂ à atmosfera (LAL, 2005).

1- Estudante de pós-graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA), cms.carol@yahoo.com.br

2- Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental (EMBRAPA), steel@cpatu.embrapa.br;

3- Professor da Universidade Federal do Pará (UFPA), ramosedson@gmail.com

4- Pesquisador da NATURA Inovação e Tecnologia de Produtos Ltda, Tecnologias Sustentáveis–Bioagricultura. cjcapela@yahoo.com.br

Uma forma de amenizar os efeitos do aquecimento global é o aumento ou a disseminação de práticas que levem ao seqüestro de carbono (LAW et al., 2009). A redução de gases do efeito estufa na atmosfera pode ocorrer pela incorporação do carbono na biomassa vegetal. O plantio de dendê (*Elaeis guineensis*) em larga escala, por exemplo, pode contribuir de forma substancial para o seqüestro de carbono pela grande produção de biomassa da plantação dessa palmeira, mas a quantidade de C seqüestrado em uma plantação dessas ainda é inadequadamente entendida e quantificada, especialmente na Amazônia (LAW et al., 2009).

Assim, é importante observar como o cultivo de dendê se comporta na Amazônia em relação a emissão de CO₂ e seqüestro de CO₂ (LAW et al., 2009). De acordo com MERBOLD et al. (2011), a respiração do solo é a principal forma de transferência do carbono à atmosfera, depois de ser fixado pelas plantas via fotossíntese. Esse processo é complexo e pode variar espacialmente e temporalmente em função de vários fatores, a temperatura e a umidade do solo são considerados os fatores abióticos que mais influenciam a respiração do solo (HAN et al., 2007; SOTTA et al., 2006).

Este trabalho teve como objetivo analisar a relação entre emissão de CO₂ pelo solo e fatores abióticos (temperatura e umidade do solo) em dois sistemas alternativos de cultivo de dendê.

Metodologia

O estudo foi realizado no município de Tomé-Açu – PA, em uma das áreas experimentais do Projeto Dendê em Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar. Este projeto tem como objetivo estudar e desenvolver um sistema agroflorestal sustentável para produção de dendê apoiado na análise de viabilidade sócio-econômico-ambiental, adaptado as condições locais. O projeto é desenvolvido pela Natura em parceria com a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé Açu (CAMTA), EMBRAPA Amazônia Oriental, Embrapa Amazônia Ocidental e Financiadora de Estudo e Projetos (FINEP).

A precipitação média anual na área é de 2.0000 a 2.500 mm anuais, a temperatura média anual é de 27,9 °C e o clima é do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen (BAENA & FALESI, 1999). Durante o período de dezembro de 2010 a maio de 2011, medição mensais de efluxo de CO₂ do solo, umidade do solo e temperatura do solo foram feitas. As amostras foram coletadas em 72 pontos amostrais divididos em dois tratamentos denominados de Sistema Adubadeiras e Sistema Biodiverso Mecanizado, ambos foram implantados em 2007.

O Sistema Adubadeiras é composto por faixa dupla de dendê como cultura principal, intercalado por faixas de 15m de leguminosas como gliricídia (*Gliricidia sepium*), ingá (*Inga edulis*) e margaridão (*Tithonia diversifolia*). O Sistema Biodiverso é composto pelo dendê como cultura principal associado a um Sistema Agroflorestal, contendo espécies como ingá (*Inga sp.*), banana (*Musa sp.*) cacau (*Theobroma cacao* L.), ipê (*Tabebuia serratifolia*), açáí (*Euterpe oleracea* Mart.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e bacabí (*Oenocarpus minor* Mart.,).

Em cada tratamento foi instalado um grid de 12 m x 12 m, delimitado por piquetes e fitas. Cada grid foi dividido em 36 quadrados menores de 2 m x 2 m, onde foram feitas as medições de efluxo de CO₂, umidade e temperatura do solo. Para a medição do efluxo de CO₂ foi utilizado um sistema portátil de medição de fotossíntese acoplado a uma câmara de respiração do solo EGM-4 da PPSystems. A temperatura do solo foi medida com um termômetro acoplado ao equipamento a 10 cm de profundidade, no momento da medição do efluxo de CO₂.

No centro de cada célula, foi instalado um anel de PVC (cloreto de polivinila) de 10 cm de diâmetro e 8,5 cm de altura, inserido cerca de 2 cm no solo. A primeira medição do efluxo de CO₂ do solo foi feita uma semana depois da instalação dos anéis.

Durante as medições do efluxo de CO₂ do solo foram coletadas amostras de solo com trado, a uma profundidade de 10 cm e distantes pelo menos 50 cm do anel, para determinação da umidade gravimétrica do solo (EMBRAPA, 1997). A análise estatística dos dados foi feita por meio da correlação de Pearson entre o efluxo de dióxido de carbono e os fatores abióticos temperatura e umidade do solo nos dois tratamentos. Além disso, foi feita análise de regressão linear entre as variáveis e análise de variância da regressão. Também foi feita a estimativa de erros, e não foi observada presença de dados discrepantes, os erros foram independentes e a distribuição encontrada foi considerada normal pelo teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov*.

Resultados e Discussões

No tratamento Adubadeiras foi observada relação linear positiva significativa entre CO₂ e a temperatura do solo, com valor do coeficiente de Pearson de 0,188. E, entre o dióxido de carbono e a umidade do solo foi observada relação linear negativa significativa com valor de -0,183 do coeficiente de Pearson. Este resultado coincide com os resultados encontrados por COSTA et al. (2008) em diferentes sistemas de plantio de milho no Rio Grande do Sul, e com correlação negativa baixa, mas significativa estatisticamente, entre umidade e emissão de CO₂ do solo ($r = -0,33$), na camada mais superficial do solo.

Nos sistemas estudados, a correlação entre a temperatura e o efluxo de CO₂ foi linear positiva, com valor médio de $r = 0,88$. O gráfico 1 mostra a relação entre o CO₂ e umidade e temperatura do solo para os dois tratamentos analisados.

No sistema Biodiverso Mecanizado também foi observada fraca correlação positiva entre o efluxo de CO₂ e a umidade do solo, com valor do coeficiente de Pearson de 0,154, também ao nível de significância de 9%. E entre a emissão de CO₂ e a umidade do solo não foi verificada relação significativa. A partir destes dados foi feita análise de regressão linear entre a emissão de dióxido de carbono (variável dependente) e os fatores abióticos (variáveis independentes), nos dois tratamentos analisados. Para o sistema Adubadeiras a equação de regressão linear é $CO_2 = -0,939 + 0,0675 T - 0,00929 U$, onde “CO₂” corresponde a emissão de gramas de CO₂ por m² por h, “ T ” corresponde à

temperatura do solo em °C e “ U “ corresponde a umidade do solo em %. A análise de variância da regressão linear é mostrada na tabela 2.

A correlação negativa entre a umidade do solo e a emissão de CO₂, pode ser explicada pela escassez de oxigênio em ambientes muito úmidos e pela alteração da difusividade de gás nos solos o que reduz a respiração do solo quando a umidade atinge valores críticos (LINN & DORAN 1984).

Para o sistema Biodiverso a equação de regressão linear encontrada mostra a relação do CO₂ apenas com a temperatura, já que não foi encontrada correlação linear deste com a umidade do solo, provavelmente porque a temperatura do solo exerce maior influencia sobre a atividade microbológica do solo do que a umidade do solo. A equação encontrada é $CO_2 = (-2,04 + 0,109 T)^{1/2}$, onde “CO₂” corresponde a emissão de gramas de CO₂ por m² por h, “ T ” corresponde a temperatura do solo em °C e “ U “ corresponde a umidade do solo em %. A análise de variância da regressão linear é mostrada na tabela 3.

Só a análise dos fatores abióticos não foi suficiente para explicar a respiração do solo, como a respiração ocorre a partir de uma combinação de fatores como a respiração das raízes, decomposição da matéria orgânica associada com atividade microbiana e de animais do solo (GARCIA-MONTIEL et al. 2006), para que se possa entender a variabilidade desta é preciso levar outras variáveis em consideração. De acordo com SAIZ et al. 2006 a inclusão de variáveis como biomassa microbiana e propriedades químicas do solo podem melhorar a predictabilidade de um modelo que tenta explicar a variação da respiração do solo.

Conclusões

Os fatores abióticos monitorados, temperatura e umidade, interferem de forma fraca na emissão de dióxido de carbono nos tratamentos analisados, no período e local estudado. É preciso incluir variáveis bióticas na análise da respiração do solo para que se possa entender melhor seu comportamento.

Tabela 1 – Coeficiente de Pearson (r) e P-valor entre a emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo, nos sistemas Adubadeiras e Biodiverso.

Tratamento	CO ₂ - α= 0,09	CO ₂ - α= 0,09
	Adubadeiras	Biodiverso
Temperatura °C	r = 0,188 P-valor = 0,019	r = 0,154 P-valor = 0,082
Umidade %	r = -0,183 P-valor = 0,022	r = -0,026 P-valor = 0,770

Tabela 2- Análise de variância da regressão linear para as variáveis independentes umidade e temperatura do solo e a variável dependente emissão de dióxido de carbono pelo solo, no sistema Adubadeiras.

Análise de variância	GL	SQ	QM	Fcalc	P
Regressão	2	0,54021	0,27011	4,47	0,013
Resíduo	153	9,24978	0,06046		
Total	155	9,78999			

Tabela 3 – Análise de variância da regressão linear para a variável independente temperatura do solo e a variável dependente efluxo de CO₂.

Análise de variância	GL	SQ	QM	F calc	P
Regressão	1	0,19468	0,19468	5,18	0,025
Resíduo	127	4,77475	0,03760		
Total	128	4,96943			

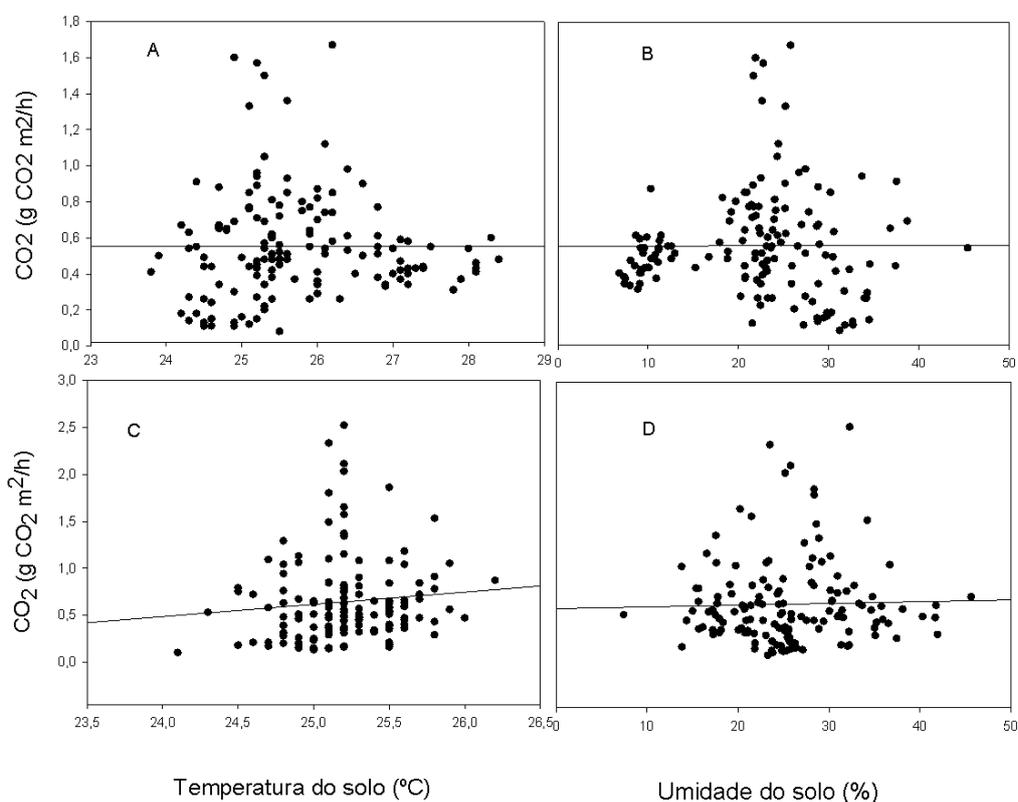


Figura 1 – Relação entre o CO₂ e umidade e temperatura do solo para os dois tratamentos analisados. A- Relação entre a temperatura do solo e a emissão de CO₂ pelo solo no sistema Adubadeiras; B - Relação entre a umidade do solo e a emissão de CO₂ pelo solo no sistema Adubadeiras. C - Relação entre a temperatura do solo e a emissão de CO₂ pelo solo no sistema Biodiverso e D - Relação entre a umidade do solo e a emissão de CO₂ pelo solo no sistema Biodiverso.

Referências bibliográficas

ASNER, G. P.; KELLER, M.; PEREIRA, R. JR.; ZWEEDE, L. C. & SILVA, J. N. M. Canopy damage and recovery after selective logging in Amazonia: field and satellite studies. **Ecological Applications**, v. 14, n.4, p. 280–298, 2004.

BAENA, A. R. C.; FALESI, I. C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na colônia agrícola de Tomé-Açu, Estado do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 23p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 18), 1999.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A. & MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p.323-332, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p. (EMBRAPA CNPS.Documentos, 1), 1997.

GARCIA-MONTIEL, D. C.; MELILLO, J. M.; STEUDLER, P. A.; TIAN, H.; NEILL, C.; KICKLIGHTER, D. W.; FEIGL, B.; PICCOLO, M.; CERRI, C. C. The ecological society of America Emissions of N₂O and CO₂ from terra firme forests in Rondônia, **Brazil ecological applications**, v. 14, n. 4, SUPPLEMENT, p. S214–S220, 2004.

HAN, G.; ZHOU, G.; XU, Z.; YANG, Y.; LIU, J. & SHI, K. Biotic and abiotic factors controlling the spatial and temporal variation of soil respiration in an agricultural ecosystem. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, p. 418–425, 2007.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, n. 220, p. 242–258, 2005.

LAW, M. C.; BALASUNDRAM, M. H. A.; AHMED, O. H. & HANIF HARUN MOHD. Spatial variability of soil organic in oil palm. **International journal of soil Science**, v. 4, n. 4, p. 93 – 103, 2009.

LINN, D. M.; DORAN, J. W. Effect of water-filled pore space on C dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 1267–1272, 1984.

MERBOLD, L.; ZIEGLER, W.; MULEKELABAI, M. M. & KUSCH, W. L. Spatial and temporal variation of CO₂ efflux along a disturbance gradient in *miombo* woodland in Western Zambia. **Biogeosciences**, v. 8, p. 147-164, 2011.

SAIZ, G.; GREEN, C.; BUTTERBACH-BAHL, K.; KIESE, R.; AVITABILE, V. & FARRELL, E. P. Seasonal and spatial variability of soil respiration in four Sitka spruce stands. **Plant Soil**, v.287, p.161–176. 2006

SOTTA, E. D.; VELDKAMP, E.; GUIMARÃES, B. R.; PAIXÃO, R. K.; RUIVO, M. L. P.; ALMEIDA, S. S. Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an Eastern Amazonian Rainforest, Caxiuanã, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 237, p. 57–64, 2006.