



EFEITO DA COBERTURA FLORESTAL NA EVOLUÇÃO DE CO₂ DO SOLO

MENDONÇA, Allan Goes¹; ROCHA, Karla Borelli²; ROCHA, José Henrique Tertulino²

RESUMO – (EFEITO DA COBERTURA FLORESTAL NA EVOLUÇÃO DO CO₂ DO SOLO) A decomposição dos compostos orgânicos, o fluxo de energia no solo e a ciclagem de nutrientes ocorrem como consequência da atividade microbiana. Além disso, vários parâmetros microbiológicos têm sido usados como indicadores para avaliar processos de estabilização do C no solo, mas nenhum é adequado a todas as situações, devido à natureza dinâmica e complexa desses ecossistemas. O objetivo desse trabalho foi analisar as diferentes respirações dos solos decorrente da atividade microbiana nas áreas de Pastagem, Reflorestamento, Reserva Legal, Eucalipto e SAFs, localizada no Campus Experimental da FAEF, Garça – SP. O presente trabalho foi desenvolvido no Campus Experimental pertencente à Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, localizado no município de Garça no estado de São Paulo onde 5 sistemas foram avaliados sendo um Sistema Agroflorestal (SAFs) implantado no ano de 2007, que foram distribuídas no espaçamento de 7 x 2,5m; Plantio de um clone de eucalipto híbrido de *Eucllyptus urophylla* x *E. grandis* que o plantio encontra-se com 9 anos, foram distribuídas em espaçamento 3 x 2m; Reserva Legal que serve de proteção contra eventuais distúrbios; Reflorestamento que está inserido numa área de mata ciliar, ela se encontra em estágio avançado de regeneração com espaçamento 3 x 2m; e Pastagem extensiva de *Brachiaria decumbens* com pouco investimento em tratos culturais, destinado ao pastoreio de animais. Foi possível observar diferentes valores com relação ao acúmulo de CO₂ nos 5 sistemas, porém o Reflorestamento com nativas obteve os valores mais acentuados quando comparados com a Reserva Legal (utilizada como referência), o que provavelmente foi devido a interação das espécies inseridas nesses sistemas gerando diferentes tipos de resíduos vegetais e também por possuírem uma menor interferência antrópica. Foi possível constatar que medidas ambientais com ênfase nesses sistemas sejam efetivamente implantados de modo a minimizar futuros problemas ambientais.

Palavras-chave: Sequestro de Carbono, Ecossistemas, Biomassa microbiana

ABSTRACT – (EFFECT OF FOREST COVER ON SOIL CO₂ EVOLUTION) The decomposition of organic compounds, the flow of energy in the soil and nutrient cycling occurs as a result of microbial activity. In addition, several microbiological parameters have been used

¹Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral, FAEF, Garça/SP – Brasil. allangoes2@hotmail.com

²Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral, FAEF, Garça/SP – Brasil. karlaborelli0@gmail.com; rocha.jht@gmail.com

as indicators to assess C stabilization processes in the soil, but none is suitable for all situations, due to the dynamic and complex nature of ecosystems. The aim of this study was to analyze the different soil breaths due to microbial activity in the areas of Grasslands, Reforestation, Legal Reserve, Eucalyptus and AFS, located in the Campus Experimental FAEF, Garça - SP. This study was conducted at the Experimental Campus belonging to the Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral - FAEF, located in Garça municipality in the state of São Paulo where 5 systems were evaluated they be an Agroforestry System (AFS) deployed in 2007, which were distributed in the spacing of 7 x 2.5 m; planting a Eucalyptus hybrid clone of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* that planting is 9 years old, they were distributed in spacing 3 x 2m; Legal Reserve that serves as protection against possible disturbances; Reforestation that is set in a riparian area, it is in an advanced stage of regeneration spaced 3 x 2 m; an area of extensive grazing of *Brachiaria decumbens* with little investment in cultivation, for the grazing animals. It was possible to observe different values with respect to CO₂ accumulation in the 5 systems, but Reforestation with native obtained the steepest values when compared to the Legal Reserve (used as reference), which was probably due to the interaction of the inserted species these systems generating different types of wastes and also because they have less interference anthropic. It was found that with emphasis on environmental measures in such systems are effectively implemented to minimize future environmental problems.

Keywords: Paper, recycle, forest wastes, homogeneity, adhesion.

1. INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes é um conjunto de processos interligados que envolvem a transferência de energia e nutrientes entre as partes integrantes de um determinado ecossistema (VILELA, 1997). Estudar a ciclagem de nutrientes em florestas é de fundamental importância, pois possibilita a previsão de situações que podem ser críticas a médio e longo prazo, tanto em relação à produtividade em cultivos comerciais, como em relação às características do solo e manutenção da biodiversidade em florestas preservadas.

Segundo Selle (2007) a atividade da biomassa microbiana é a principal responsável pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, e exerce influência tanto na transformação da matéria orgânica quanto na estocagem do

carbono e minerais, ou seja, na liberação e na imobilização de nutrientes.

A decomposição dos compostos orgânicos, o fluxo de energia no solo e a ciclagem de nutrientes ocorrem como consequência da atividade microbiana (CARVALHO et al., 2008; JENKINSON; LADD, 1981). Além disso, vários parâmetros microbiológicos têm sido usados como indicadores para avaliar esses processos no solo, mas nenhum é adequado a todas as situações, devido à natureza dinâmica e complexa desses ecossistemas (DICK, 1992).

A biomassa microbiana é fundamental na transformação da matéria orgânica nos ciclos globais e no fluxo de energia, interagindo com as partículas do solo e participando de processos biológicos e bioquímicos essenciais para garantir a

sustentação dos ecossistemas (TURCO et al., 1994). Métodos para estimar a biomassa microbiana em solos são fundamentais na avaliação e monitoramento ambiental, pois a mesma tem sido relacionada com a qualidade do solo; no entanto, estudos recentes apontam para a necessidade de investigação das interações e atividades metabólicas dos microrganismos nos processos ecológicos do solo (PEREIRA et al., 2004; TAYLOR et al., 2002).

Dentre esses métodos, destaca-se a respirometria que mede o carbono liberado pela atividade microbiana do solo, assim podemos quantificar de maneira mais precisa a quantidade de carbono orgânico mineralizado. Essa técnica tem sido bastante empregada para a avaliação da atividade microbiana no solo.

Levando em consideração essas informações, objetivou-se com o trabalho analisar as diferentes respirações dos solos decorrente da atividade microbiana nas áreas de Pastagem Reflorestamento, Reserva Legal, Eucalipto e SAFs, localizada no Campus Experimental da FAEF, Garça – SP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização

O presente trabalho foi desenvolvido no Campus Experimental pertencente à Faculdade de Ensino Superior

e Formação Integral – FAEF, localizado no município de Garça no estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas 22° 13' S e 49° 40' O, com uma altitude aproximada de 600 metros. O clima da região é o Cfa, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). A precipitação média anual é de 1.320 mm, temperatura média de 20,7°C. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo abrupto (EMBRAPA, 2006), as áreas apresentam o horizonte A arenoso, com teor médio de areia de 853 g kg⁻¹, silte 62 g kg⁻¹ e argila 85 g kg⁻¹.

O estudo foi realizado em cinco áreas (Figura 1), sendo um Sistema Agroflorestal (SAFs) implantado no ano de 2007, que foram distribuídas no espaçamento de 7 x 2,5m; Plantio de um clone de eucalipto híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* que o plantio encontra-se com 9 anos, foram distribuídas em espaçamento 3 x 2m; Reserva Legal que serve de proteção contra eventuais distúrbios; Reflorestamento que está inserido numa área de mata ciliar, ela se encontra em estágio avançado de regeneração com espaçamento 3 x 2m; e Pastagem extensiva de *Brachiaria decumbens* com pouco investimento em tratamentos culturais, destinado ao pastoreio de animais (Figura 2).

Para o desenvolvimento foram utilizados métodos a serem interpretados,

baseados na metodologia de Öhlinger. (1993). Realizando primeiramente a coleta de solos e posteriormente teste respirométrico. Por meio destes, foram elaborados e aplicados processos de atividades com a finalidade de analisar a quantidade de carbono nos diferentes solos.

2.2 Coletas e preparo dos solos

Para as escolhas dos pontos das coletas do solo, preocupou-se com sua representatividade em cada tratamento. Nas coletas utilizou-se um cano PVC de 3 cm de diâmetro. Em cada local de estudo retirou-

se quatro amostras compostas de solo na camada de 0 – 20 cm de profundidade. Cada amostra composta foi formada pela mistura de quatro amostras simples coletadas por caminhamento em zigue-zague. A amostragem foi realizada no mês de setembro de 2016.

Depois das coletas, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, para manter as trocas gasosas, as amostras ficaram semiabertas com ajuda de um elástico.

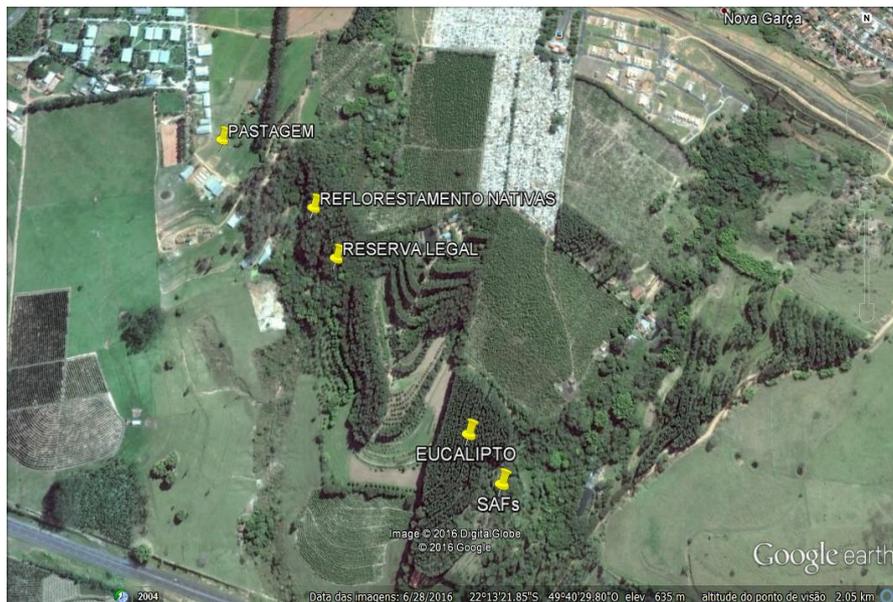


Figura 1. Localização geográfica da área em estudo, Campus experimental da FAEF, Garça-SP.



Figura 2. Diferenças amostrais entre os tratamentos: A) SAFS; B) Eucalipto; C) Reserva Legal; D) Reflorestamento; E) Pastagem.

2.3 Respirometria

Para realização dessa prática no laboratório foi disponibilizado amostras de solos que foram conduzidos a ensaios respirométricos, no intuito de obter o CO₂ liberado decorrente da respiração do solo devido à degradação da matéria orgânica.

Para a elaboração da respirometria, foram utilizados 21 recipientes de vidro hermeticamente fechados sendo 1 destes como branco (sem amostras de solo). As amostras de solo foram pesadas e em cada frasco foi adicionado 100 g. Para manter a umidade constante, foram adicionados 20 ml de água deionizada em cada recipiente.

Em seguida, utilizou-se uma solução de NaOH a 1,0 mol L⁻¹ diluiu-se a solução adicionando 1000 ml de água deionizada para que chegasse a solução de 0,5 mol L⁻¹ de NaOH.

$$\text{Eq. (1): } C1.V1 = C2.V2$$

C1 = concentração inicial
 V1 = volume inicial
 C2 = concentração final
 V2 = volume final

Posteriormente em cada recipiente, foi adicionado um frasco com 10 ml de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ para a captura do CO₂. A partir daí, todo um acompanhamento foi feito semanalmente, para avaliarmos o desenvolvimento da

respiração do solo. A avaliação foi conduzida 30/08 a 27/09 de 2016.

Após o período, a cada 7 dias, os potes de vidros foram abertos e adicionou-se 1 ml de BaCl₂, porque é um processo reversível, quando abre o pote de vidro o CO₂ que reagiu com NaOH tende a ser liberado, influenciando todo o processo. Em seguida, adicionou 2 gotas de fenolftaleína na solução de NaOH e logo após, as amostras foram então tituladas com solução HCl 0,5 mol L⁻¹.

Para a realização dos resultados, considerou o número de NaOH que reagiu com o CO₂, segundo a expressão descrita por Alef e Nannipieri (1995):

$$\text{Eq.(2):} (N\text{NaOH} * V\text{naOH}) - (NH\text{Cl} * VH\text{Cl}) \text{ amostra} - [(N\text{NaOH} * V\text{naOH}) - (NH\text{Cl} * VH\text{Cl}) \text{ branco}]$$

NNaOH: molaridade da solução de NaOH em mol L⁻¹

VNaOH: volume de NaOH incubado em mL

NHCl: molaridade da solução de HCl em mol L⁻¹

VHCl: volume de HCl utilizado na titulação em mL

Para determinar o CO₂, considerou que 2 equivalentes de NaOH reagem com 1 de CO₂, sendo este correspondente a 44mg e a massa seca do solo.

2.4 Análise estatística

Para determinar a respirometria, calculou os dados para cada leitura por meio do Microsoft Excel 2010.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as análises laboratoriais foi possível perceber diferentes comportamentos em função da quantidade de CO₂ acumulado tanto em função da época de observação bem como variações considerando os diferentes tipos de manejo como pode ser observado (Figura 3).

Considerando os tipos de vegetação de cada sistema avaliado tomaremos a Reserva legal como o sistema base para interpretação dos dados de acúmulo de CO₂ por entender que é o sistema que tende a ser minimamente interferido por fatores antrópicos.

Foi possível perceber que os valores de CO₂ acumulado médio na reserva legal teve uma maior representatividade quando comparado com o SAF (Figura 4). Isso pode ser justificado pelas técnicas de utilização da terra, pois um diferente acúmulo de CO₂ foi observado anteriormente por Gama-Rodrigues et al. (2010) estudando dois SAFs com cacau no Sul da Bahia, ambos com 30 anos de idade. O sistema eritrina e cacau apresentou acumulação de COT aproximadamente 30% superior à FN.

Normalmente pode ser esperado é que sistemas com menor interferência sejam mais propícios a acumular o CO₂, porém esse estudo mostra que o menor grau de interferência da terra bem como maior quantidade de resíduos incorporados e um maior tempo de implantação do SAF geram melhores condições de acúmulo de CO₂ quando comparado com reserva legal.

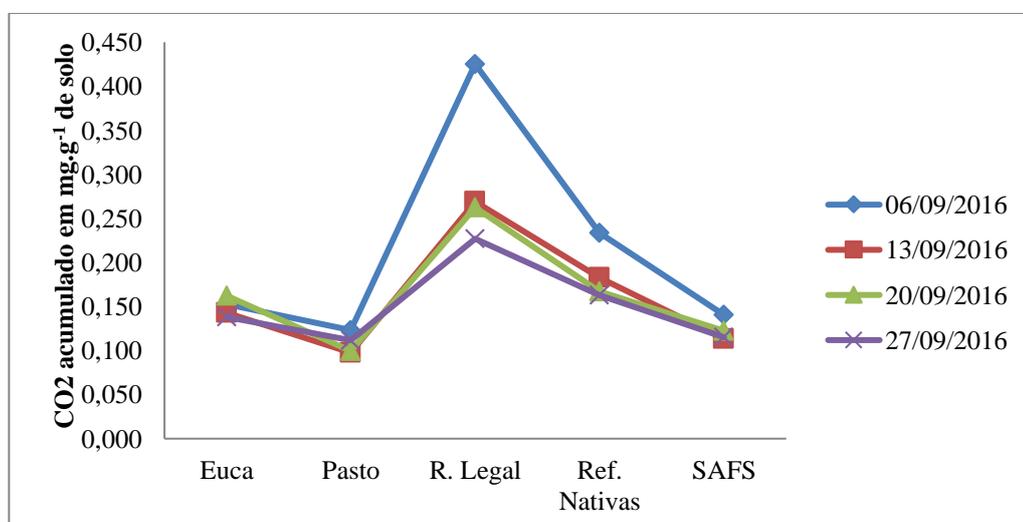


Figura 3. Valores médios de CO₂ em função dos diferentes tipos de vegetação e tempo de observação

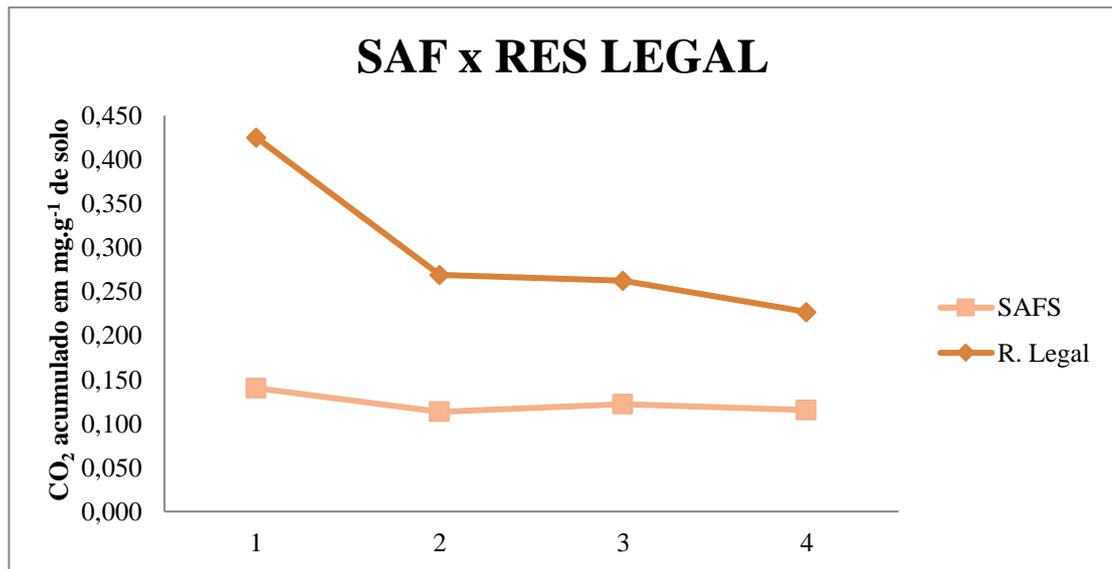


Figura 4. Diferentes valores de CO₂ em mg.g⁻¹ de solo entre SAF e Reserva Legal com intervalos de 7 dias de avaliação.

Não diferente do resultado anteriormente observado os valores médios de acúmulo de CO₂ em Pasto foram menores quando comparados com a Reserva legal (Figura 5). Isso ocorre pelo fato de que na Reserva legal há uma menor interferência no solo e, também por haver um maior acúmulo de matéria orgânica (NEVES et al., 2004) na Reserva legal nesse caso específico. Os valores referentes ao acúmulo confronta a ideia de Greenland (1971) onde afirma que a densidade do sistema radicular das gramíneas, podem contribuir positivamente para o aumento do C no solo, levando em consideração que o período de observação, grau de degradação da pastagem (NEVES, 2002), incidência de plantas invasoras (NEVES, 2004), geram condições diferentes para a quantificação dos valores de CO₂ acumulado.

Os diferentes tipos de uso da terra, como foi possível observar anteriormente, pode causar uma modificação na quantidade de C fixado. Bayer et al. (2000) verificaram que o cultivo mínimo confere vantagens para a fertilidade do solo e na fixação do C. Resultados semelhantes foram observados em estudos sobre estoque de Carbono em diferentes sistemas agrícolas como pastagens e plantio direto (BERNOUX et al.,1999) e em sistemas agrosilvopastoris (NEVES et al., 2004).

Quando comparado o sistema onde há uma predominância do Eucalipto com relação a Reserva legal (Figura 6), mais uma vez foi possível observar uma maior expressão dos valores de CO₂ acumulado da Reserva legal, onde esses valores podem ser uma representação das técnicas de preparo do solo, bem como a utilização de meios culturais para o plantio onde podem ter ocasionado perturbação a nível de solo,

gerando uma condição de maior instabilidade a nível de acúmulo, tendenciando assim uma maior liberação de CO₂ para a atmosfera quando comparado com a Reserva legal onde segundo (SOLLINS et al., 1996) os mecanismo de estabilização pode ser entendido como o decréscimo do potencial de perda da matéria orgânica do solo (MOS) por respiração microbiana, erosão ou lixiviação. Tais condições são diretamente ligadas ao tipo de uso do solo e suas perturbações onde obviamente são de menores impactos em sistemas de repouso frequente ou sistemas sem intervenções humanas como no caso da Reserva legal.

O aporte de resíduos vegetais (serapilheira e raízes) são técnicas onde fortalecem e tendenciam um maior acúmulo de CO₂ no solo por auxílio das raízes finas como agentes agregantes e o aporte dos diversos resíduos vegetais na superfície do solo. Em SAFs é considerado um dos principais mecanismos para suprir as perdas de COT, após a conversão (ALBRECHT; KANDJI, 2003; DAWOE et al., 2010), viabilizando assim discussões de uma

possível implementação desses sistemas para minimizar os impactos ambientais e fortalecer a integração fauna-flora.

Foi possível observar que a área onde foi realizado uma implantação de reflorestamento com árvores nativas (Figura 7), apresentou valores mais próximos do uso do solo de referência (Reserva legal). Esses valores possivelmente apresentaram dados mais consideráveis justamente pelo fato de haver uma pluralidade acentuada de diferentes indivíduos vegetais nativos na área com um grande volume de raízes finas, deposição de diferentes resíduos e uma menor perturbação no sistema, devido uma maior preocupação técnica no sistema mencionado.

Segundo Zinn et al. (2005) o sequestro de carbono pode ser significativo após a conversão para sistemas de manejo menos intensivos ou outras práticas de manejo conservacionistas, com isso cria-se a perspectiva de crescimento do acúmulo do CO₂ em sistemas de reflorestamento devido sua diversidade de espécies e a ausência da interferência antrópica.

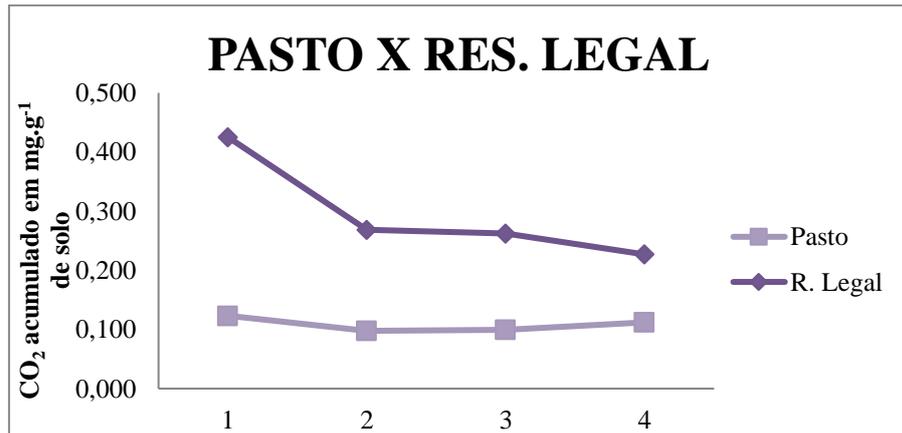


Figura 5. Diferentes valores de CO₂ em mg g⁻¹ de solo entre Pasto e Reserva Legal com intervalos de 7 dias de avaliação.

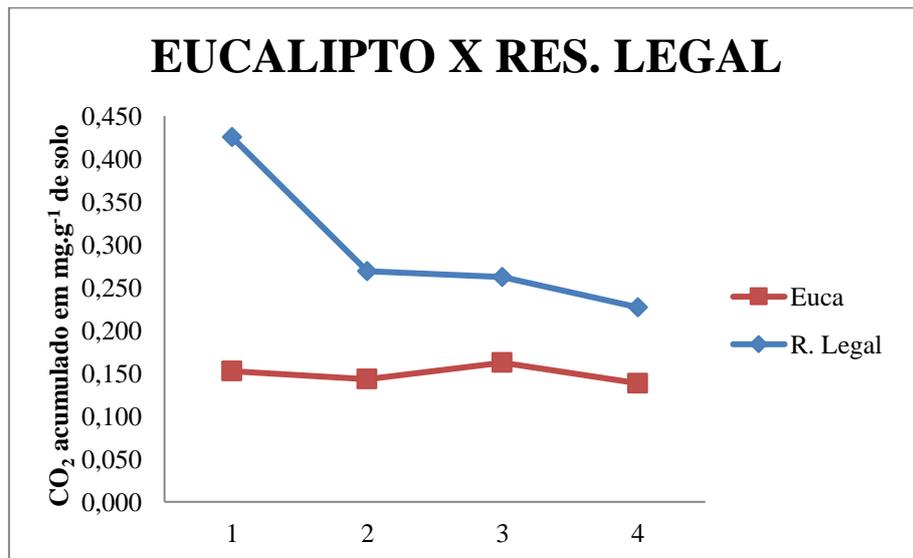


Figura 6. Diferentes valores de CO₂ em mg g⁻¹ de solo entre Eucalipto e Reserva Legal com intervalos de 7 dias de avaliação.

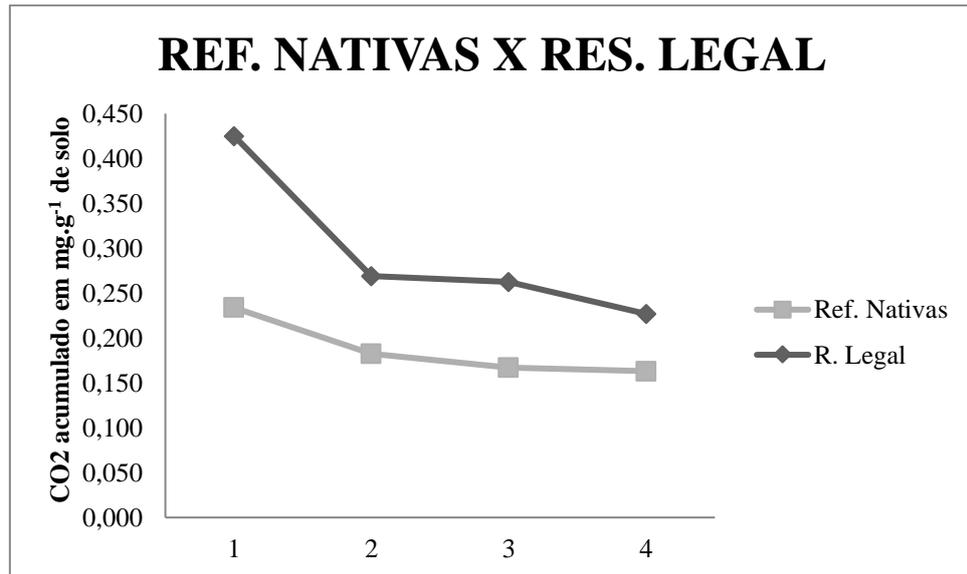


Figura 7. Diferentes valores de CO₂ em mg g⁻¹ de solo entre Reflorestamento de nativas e Reserva Legal com intervalos de 7 dias de avaliação.

4. CONCLUSÃO

Foi possível constatar nesse trabalho que os diversos tipos de uso do solo influenciam diretamente na quantidade de CO₂ acumulado. Observou-se que no sistema de reflorestamento com nativas os valores de CO₂ acum foram mais expressivos, devido uma pluralidade em espécies e uma menor interferência antrópica, fazendo com que uma conscientização ambiental prática seja criada gerando um maior incentivo por parte de órgãos ambientais pela implantação desses sistemas, para minimizar a liberação de CO₂ para atmosfera e que tais técnicas não sejam apenas vistas como meios para obtenção de lucro com produção de madeiras, resíduos, mas sim como uma saída positiva de redução dos desgastes ambientais presentes.

5. REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, A., KANDJI, S.T (2003) **Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. Agriculture, Ecosystems and Environment**, 99:15–27.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. London: Academic Press, p.214-219.1995.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS. P.C.; GONÇALVES. J.L.M. Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 2014; 22(6): 711-728. [http:// dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507](http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507).
- BAYER, C., MIELNICZUK, J., AMADO, T. J. C., MARTIN-NETO L., FERNANDES, S. V. (2000) Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, 54:101-109, 2000.
- CARVALHO, A. M. X.; VALE, H. M. M.; FERREIRA, E. M.; CORDEIRO, A. F. P.;

- BARROS, N. F.; COSTA, M. D. Atividade microbiana de solo e serapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliotti* e *Terminalia ivorensis*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32:2709-2716, Número Especial. 2008.
- DAWOE, E.K, ISSAC, M.E., QUASHIE-SAM, J. (2010) Litterfall and litter nutrient dynamics under cocoa ecosystems in lowland humid Ghana. **Plant and Soil**, 330:55-64.
- DICK, R. P. **A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters.** *Agricultural Ecosystems Environmental*, v. 40, p. 25-36, 1992.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa; 2006. 306 p.
- GREENLAND, D. J. Change in the nitrogen status and physical condition of soils under pastures, with special reference to the maintenance of the fertility of Australian soils used for growing wheat. **Soil and Fertilizers**, Berlin, v. 34, p. 237-251, 1971.
- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. **Microbial biomass in soil: measurement and turnover.** In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Org.) *Soil biochemistry*. New York: Marcel Dekker, p. 415-471. 1981.
- ÖHLINGER, R. Bestimmung der Bodenatmung im Laborversuch. In: SCHINNER, F.; ÖHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. (Ed.). **Bodenbiologische Arbeitsmethoden**. Berlin: Springer-Verlag, 1993.
- PEREIRA, S. V.; MARTINEZ, C. R.; PORTO, E. R.; OLIVEIRA, B. R. B.; MAIA, L. C. **Atividade microbiana do semi-árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*.** *Pesquisa. agropecuária. brasileira*, v.39, n.8, p.757-762. 2004.
- SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais **Bioscience. Journal**, v. 23, n. 4, p. 29-39. 2007.
- SOLLINS, P., HOMANN, P., CALDWELL, B.A. (1996) **Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls.** *Geoderma*, 74:65-105.
- TAYLOR, J.P.; WILSON, B.; MILLS, M.S.; BURNS, R.G. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, p.387-401. 2002.
- TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, WI: **Soil Science Society of America**, p.73-89. (SSSA Special Publication, 35). 1994.
- VILELA, D.M. **Ciclagem de nutrientes em florestas de terra firme na ilha de maracá, Roraima.** In: Barbosa, R.I., Castellón, E. *Ocupação humana e ecologia em Roraima*. INPA, 331-349, 1997.
- ZINN, Y.L., LAL, R., RESCK, D.V.S. (2005) Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Reseach**. 84:28-40.