

RESPIRAÇÃO EDÁFICA COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DOS SOLOS AGRÍCOLAS EM AVALIAÇÕES E PERÍCIAS AMBIENTAIS

RESUMO

A microbiota do solo é composta por uma grande diversidade de microrganismos, cuja qualidade associa-se a um complexo funcional resultante da interação entre os atributos químicos, físicos e biológicos. A quantidade de CO₂ liberada pela respiração desses microrganismos é um indicador da qualidade biológica do solo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a respiração edáfica como bioindicador de qualidade do solo em três sítios diferentes, visando subsidiar pericial ambiental na investigação de possíveis danos e impactos causados pelo cultivo de cana-de-açúcar. As áreas de estudo situam-se no município de Teotônio Vilela/AL. A quantificação do efluxo de CO₂ foi realizada pelo método de armadilha de álcalis, selecionando ao acaso três pontos amostrais. O CO₂ desprendido foi titulado com solução de HCl a 0,1 N. Não foi observada diferença na respiração edáfica entre as áreas de cultivo de cana-de-açúcar e as áreas de referência (mata nativa conservada e área com pastagem nativa). Desta forma, conclui-se que o cultivo de cana-de-açúcar não causou impactos negativos sobre a qualidade biológica do solo nas áreas periciadas.

Palavras-chave: Área degradada, Qualidade do solo, Análise agroambiental.

ABSTRACT

The soil microbiota is composed of a great diversity of microorganisms, whose quality is associated with a functional complex resulting from the interaction between chemical, physical and biological attributes. The amount of CO₂ released by the respiration of these microorganisms is an indicator of the biological quality of the soil. Thus, the objective of this work was to evaluate edaphic respiration as a bioindicator of soil quality in three different areas, aiming to support the investigation of possible damages and impacts caused by sugarcane cultivation. The study areas are located in the municipality of Teotônio Vilela/AL, the quantification of the CO₂ efflux was carried out by the alkali trap method, randomly selecting three sampling points. The evolved CO₂ was titrated with a 0.1 N HCl solution. No difference was observed in edaphic respiration between areas of sugarcane cultivation and reference areas (preserved native forest and area with native pasture). Thus, it is concluded that the cultivation of sugarcane did not cause negative impacts on the biological quality of the soil in the surveyed areas.

Keywords: Degraded area, Soil quality, Agro-environmental analysis.

REALIZAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A microbiota do solo é composta por uma grande diversidade de microrganismos que são os principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo (DEBOSZ et al., 2002).

Dessa maneira, a qualidade do solo associa-se a um complexo funcional resultante da interação entre os atributos químicos, físicos e biológicos. Sendo o funcionamento microbiológico e bioquímico do solo proposto como indicador de estresse ecológico tanto em ambientes naturais como em agroecossistemas (BADIANE et al., 2001; SCHROTH et al., 2002).

Por ser uma variável quantitativa facilmente mensurável, a respiração edáfica é comumente adotada e utilizada como indicador biológico de qualidade, sendo inferida a partir da emissão de gás carbônico (CO₂) pelo solo nos processos metabólicos dos organismos edáficos (ARAUJO et al., 2016).

A análise do CO₂ presente no solo fornece importantes indicativos dos processos microbiais nele ocorrentes, sendo utilizada para documentar mudanças na dinâmica do carbono do solo em áreas que sofreram desmatamento para implantação de cultivos agroflorestais (FEIGL et al., 1995).

A saída do CO₂ do solo para a atmosfera, resultante dos vários processos metabólicos que ocorrem na superfície e nas camadas mais profundas do solo, é chamada de efluxo de CO₂ e pode ser mensurada por métodos de covariância por vórtice turbulento, ou pelo uso de infravermelho (IRGAs) em câmaras fechadas (DAVIDSON et al., 2002). Também pode ser mensurado através de métodos químicos, baseados na absorção do CO₂ em solução álcali (GRISI, 1978).

Dessa maneira, a escolha da respiração edáfica como parâmetro indicador biológico da qualidade de solos, deve ser baseada na comparação entre sítios onde houve distúrbios e outros mais bem conservados, que possam funcionar como referências comparativas (GROOFFMAN et al., 2001).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a respiração edáfica como bioindicador da qualidade do solo em três sítios diferentes: área com pastagem nativa; área de mata nativa; e áreas onde houve cultivo de cana-de-açúcar, visando subsidiar perícia ambiental na investigação de possíveis danos e impactos causados pelo cultivo de cana-de-açúcar em uma área de Caatinga no Semiárido Alagoano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em três áreas que haviam sido cultivadas com cana-de-açúcar, situadas no município de Teotônio Vilela/AL, para subsidiar perícia ambiental requisitada pelo Poder Judiciário do Estado de Alagoas.

Para comparação entre diferentes sítios, foi adotado como ecossistema de referência uma área de mata nativa conservada e uma área com pastagem nativa, ambas situadas dentro do imóvel periciado (Figura 1).

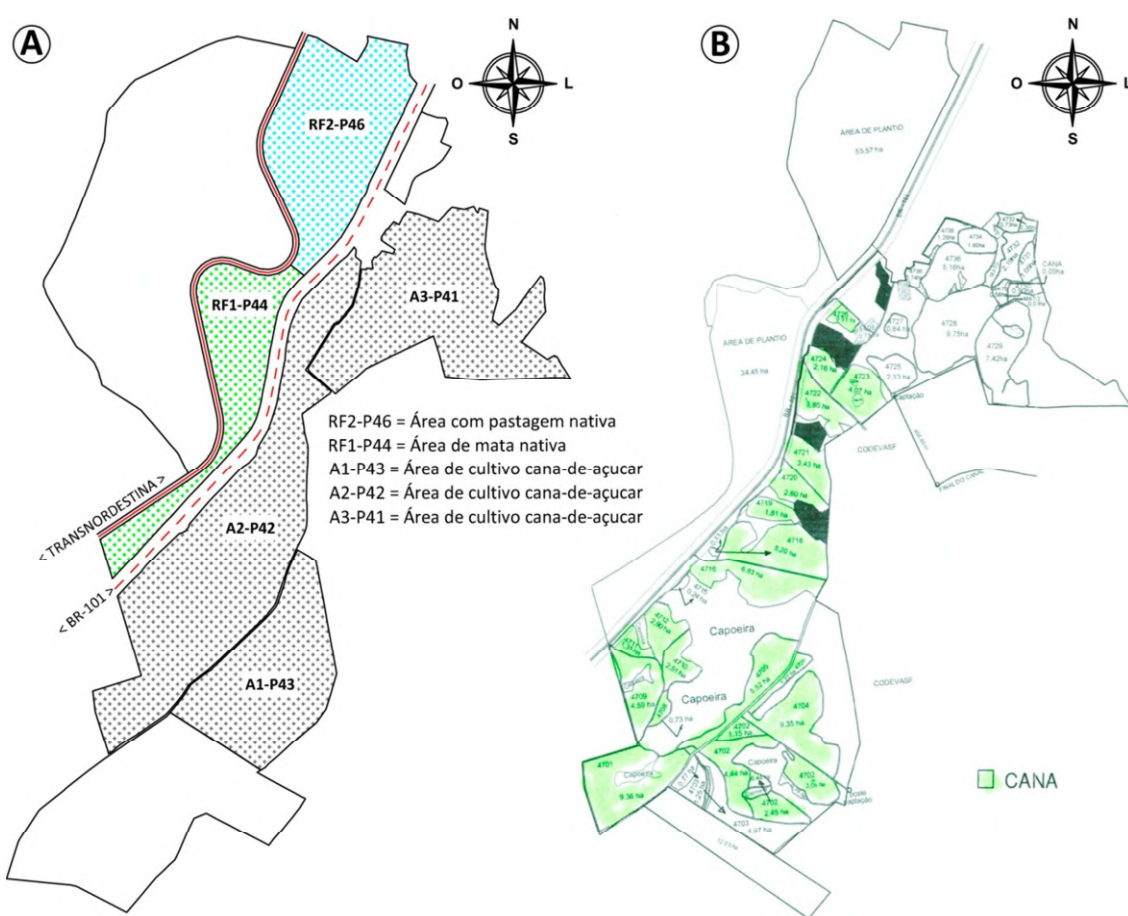


Figura 1. Desenho esquemático das áreas de coleta do efluxo de CO₂ do solo no imóvel periciado (A), com destaque dos locais onde ocorreram cultivos de cana-de-açúcar (B). Fonte: Elaborado pelos Autores.

A quantificação do efluxo de CO₂ do solo foi realizada através do método químico de armadilha de álcalis, sendo adotada a metodologia descrita por Grisi (1978), em que o CO₂ desprendido do solo é absorvido por uma solução de KOH 0,5 N, contida em recipientes de vidro, que depois de destampados

foram imediatamente cobertos com baldes de PVC em formato cilíndrico com diâmetro de 9,0 cm e altura de 23,0 cm, cobrindo uma área superficial de 63,6 cm².

As bordas do balde foram enterradas a cerca de 3 cm da superfície para evitar as trocas gasosas diretamente com a atmosfera e assim permanecendo em contato apenas com o ar proveniente do solo na área de emissão. Também foi colocado um peso sobre o balde para evitar queda (Figura 2).

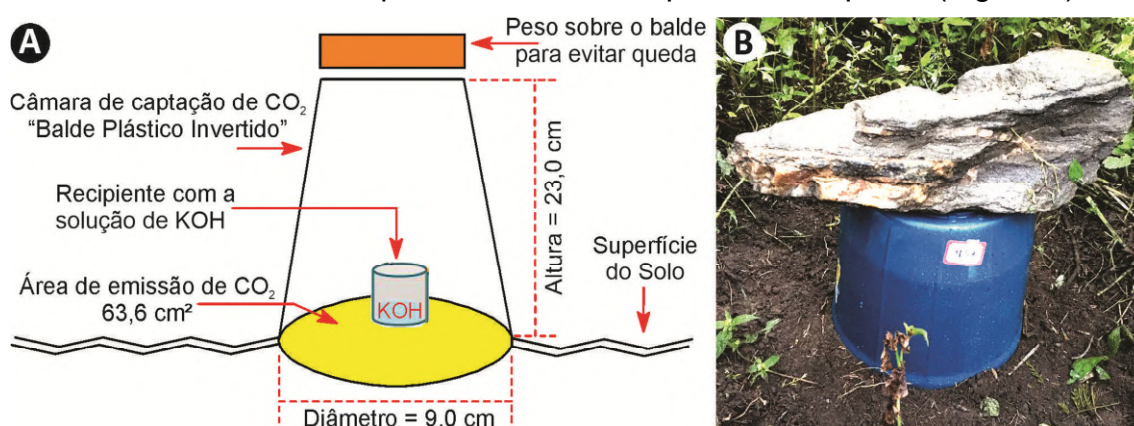


Figura 2. Detalhe esquemático do método químico de coleta do CO₂ desprendido do solo (A), com o registro fotográfico da armadilha montada *in loco* (B). Fonte: Elaborado pelos Autores.

Em cada área foram selecionados ao acaso três pontos amostrais, cujas coletas foram realizadas entre os dias 31/08/2020 a 02/09/2020, no período diurno (das 06h00min às 18h00min), totalizando 15 amostras.

Após doze horas de permanência no local da amostra, os baldes foram retirados e os recipientes com solução rapidamente tampados.

O transporte da solução de NaOH do campo para o laboratório foi realizada nos mesmos recipientes de vidro hermeticamente fechados, e acondicionados em caixa de isopor, para evitar trocas gasosas com o meio.

No procedimento amostral foi utilizado para cada área amostras testemunhas, que ficaram armazenadas em frasco-controle, recipientes de vidro que permaneceram hermeticamente fechados e que também foram submetidos ao processo de titulação (Figura 3).

A quantificação do CO₂ desprendido do solo e capturado pela solução de KOH contida nos recipientes foi realizada no laboratório de pós-colheita da Universidade Federal Rural do Semi-árido, mediante titulação do KOH remanescente nos recipientes, com uma solução de HCl a 0,5 N.

Na titulação foram utilizadas duas gotas fenolftaleína (1ª viragem) e no ponto de viragem foi adicionado duas gotas alaranjado de metila (2ª viragem), até a solução titulada apresentar a cor alaranjada (Figura 3).

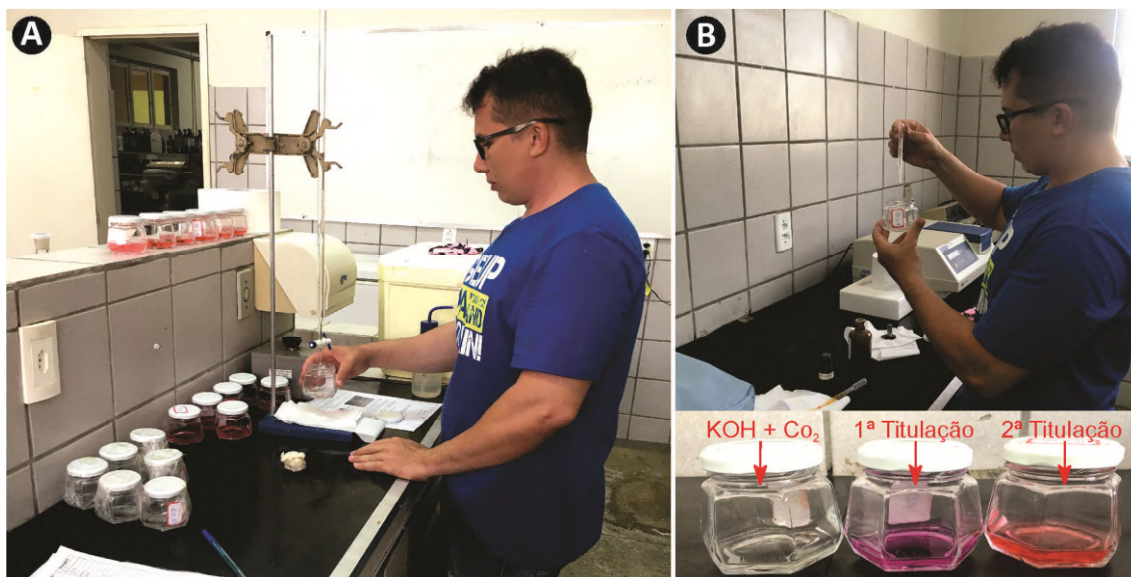


Figura 3. Detalhe fotográfico do procedimento de titulação do KOH remanescente nos recipientes (A e B). Fonte: Elaborado pelos Autores.

A massa de CO_2 desprendido por unidade de área e tempo ($\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$), foi calculada considerando a massa de CO_2 total desprendida no período de permanência da solução na área de emissão de CO_2 (área coberta pelo balde), conforme equação de sugerida por Grisi (1978).

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{352 \times (\Delta VA - \Delta VC) \times N_B \times N_A}{3 \times P \times A_B} \times 10^4$$

Em que:

m_{CO_2} = massa de CO_2 em $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$;

ΔVA = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação da amostra (mL);

ΔVC = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação da amostra controle (mL);

N_A = concentração de HCl, em mol L^{-1} ;

N_B = concentração de KOH, em mol L^{-1} ;

P = período de permanência da amostra no solo (h);

A_B = área de abrangência do balde (cm^2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise das emissões de CO₂ *in situ*, pela quantificação do total desprendido do solo nas áreas avaliadas, foi possível constatar pequenas variações nos resultados, cujos valores oscilaram entre 3,72 a 4,52 g de CO₂/m²/h⁻¹ (Figura 4).

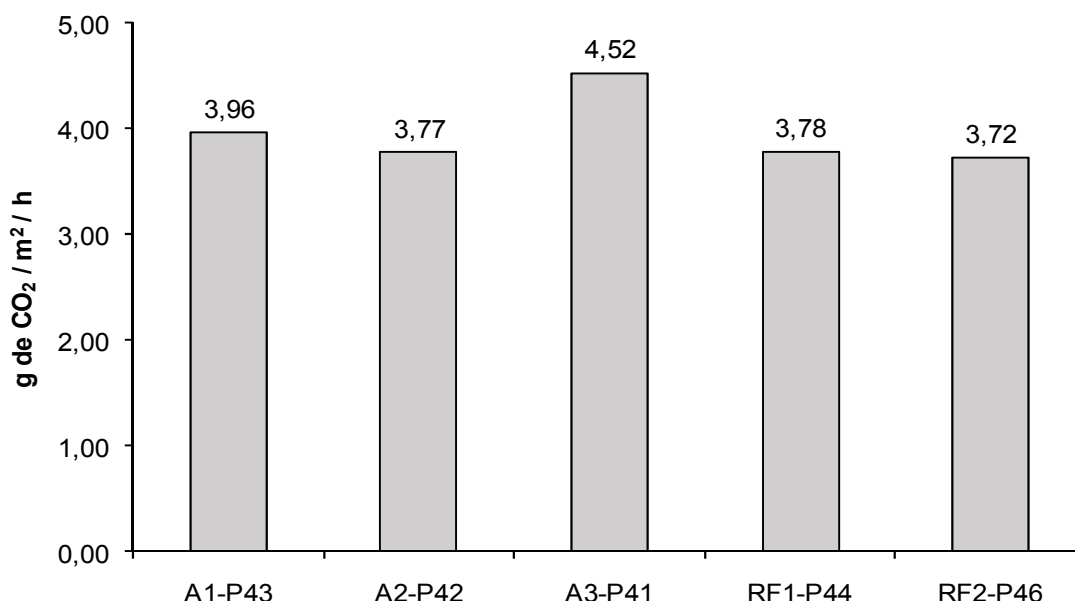


Figura 4. Respiração edáfica (g de CO₂/m²/h⁻¹) desprendido do solo na área da Fazenda São Bento, avaliada *in situ* pelo método químico da armadilha de álcalis, em um período de 12 horas. Fonte: Elaborado pelos Autores.

De acordo com os resultados obtidos, não foi observada diferença entre a respiração edáfica do solo onde houve cultivo de cana-de-açúcar, cuja média foi de 4,08 g de CO₂/m²/h⁻¹ quando comparados com a respiração edáfica do solo das áreas de referência, cuja média foi de 3,75 g de CO₂/m²/h⁻¹ (Figura 4).

Os resultados observados indicam que o cultivo de cana-de-açúcar na área do imóvel periciado não interferiu na atividade biológica do solo. Isso era esperado e é considerado normal, uma vez que as áreas com cultivos agrícolas tendem a funcionar como emissoras de CO₂ enquanto áreas de mata nativa funcionam como receptoras de CO₂ (ARAUJO et al., 2016).

Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de que o sistema de cultivo agrícola desenvolvido na área proporciona uma maior aeração do solo durante seu revolvimento, favorecendo a atividade microbiana e consequentemente a respiração edáfica (SILVA et al., 2013).

Foi observado que os maiores níveis médios de CO₂ foram obtidos em uma das áreas de cultivo de cana-de-açúcar, o que resulta do manejo agrícola

que envolve o revolvimento do solo, acelerando o processo de degradação das condições ambientais (químicas e físicas) e biológicas do solo, e assim favorecendo os processos metabólicos dos organismos edáficos.

As áreas de referência (RF1-P44 e RF2-P46) apresentaram menor produção de CO₂ total (Figura 4). Comportamento que segundo Insam e Domsch (1988) é normal, visto que a respiração microbiana diminui em sistemas mais estáveis, à medida em que a biomassa microbiana se torna mais eficiente menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e uma fração significativamente de carbono é incorporada à biomassa microbiana.

Para Alves et al (2011) na mesma constituição da comunidade microbiana, uma biomassa microbiana de solo “eficiente” teria uma menor taxa de respiração. Diminuindo em agroecossistemas mais estáveis, porém, com a substituição da cobertura vegetal ocorre decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais, aumentando o quociente metabólico (BALOTA et al., 1998).

Assim, a proximidade dos valores obtidos (Figura 4), denotam que as áreas onde houve cultivo de cana-de-açúcar não sofreram degradação capaz de comprometer os processos metabólicos edáficos.

Em áreas degradadas a respiração edáfica do solo tende a ser maior, que devido à ausência de cobertura do solo, permiti a incidência direta de raios solares, aumentando a temperatura do solo e intensificando a atividade microbiana, demonstrada pelo aumento da emissão de CO₂ do solo para a atmosfera (COSTA et al., 2008).

Neste sentido, evidencia-se que os diferentes agrossistemas de uso e exploração agrícola exercem efeito direto sobre a atividade metabólica dos microrganismos presentes no solo, influenciando nas flutuações do efluxo de CO₂.

De acordo com Kang et al. (2000) a atividade microbiana responsável pelo processo de produção de CO₂ no solo é controlada em primeira ordem pela temperatura e conteúdo de água do solo, atributos com grande variabilidade temporal e espacial em resposta direta às condições de manejo.

Nesse contexto, verifica-se que a respiração edáfica do solo pode ser empregada como indicador biológico para averiguação da qualidade do solo, mostrando-se eficiente na avaliação dos impactos dos cultivos agrícolas sobre o meio edáfico.

Entretanto, não deve ser analisada de forma isolada e absoluta, sendo a adequada sua associação com indicadores químicos e físicos do solo estudado, pois há grande interação e dependência destes na funcionalidade dos ecossistemas edáficos (MONTEIRO & GAMA-RODRIGUES, 2004).

4. CONCLUSÕES

Os diferentes sistemas de manejos nos agroecossistemas influenciam a atividade metabólica dos microrganismos presentes no solo, onde a respiração edáfica caracteriza-se como um indicador de estresse ecológico.

Não foi observado diferenças significativas na respiração edáfica entre as áreas onde houve cultivo de cana-de-açúcar e as áreas de referência (mata nativa conservada e área com pastagem nativa)

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. dos S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.341-347, 2011.

ARAUJO, K. D.; SOUZA, M. A.; SANTOS, G. R.; ANDRADE, A. P.; FERREIRA NETO, J. V. Atividade microbiana no solo em diferentes ambientes da região semiárida de Alagoas. **Revista Geografia**, v.25, n.2, p.05-18, 2016.

BADIANE, N. N. Y.; CHOTTE, J. L.; PATE, E.; MASSE, D.; ROULAND, C. Use of soil enzymes to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions. **Applied Soil Ecology**, v.18, p.229-238, 2001.

BALOTA, E. L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.5, p.641-649, 1998.

COSTA, F. S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p.323-332, 2008.

DAVIDSON, E.A.; SAVAGE, K.; VERCHOT, L.V.; NAVARRO, R. Mimimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.113, p.21-37, 2002.

DEBOSZ, K.; PETERSEN, S.O.; KURE, L.K. & AMBUS, P. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. **Appl. Soil Ecol.**, v.19, n.1, p.237-248, 2002.

FEIGL, B.J., STEUDLER, P.A., CERRI, C.C. Effects of pasture introduction on soil CO₂ emissions during the dry season in the state of Rondônia, Brazil. **Biogeochemistry**, v.31, p.01-14, 1995.

GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Revista Ciência e Cultura**, v.30, n.1, p.82-88, 1978.

GROFFMAN, P.M.; McDOWELL, W.H.; MYERS, J.C. & MERRIAM, J.L. Soil microbial biomass and activity in tropical riparian forests. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, p.1339-1348, 2001.

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, New York, v.15, n.2, p.177-188, 1988.

KANG, S. et al. Predicting spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography, surface cover, and air temperature. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.136, p.173-184, 2000.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.819-826, 2004.

SCHROTH, G.; D'ANGELO, S.A.; TEIXEIRA, W.G.; HAAG, D.; LIEBEREI, R. Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. **Forest Ecology and Management**, v.163, p.131-150, 2002.

SILVA, R. B.; CORREIA, T. A.; ARAÚJO, F. F.; SILVA, P. C. G. Atividade microbiana do solo em função do sistema de cultivo e integração lavoura-pecuária. In: XVIII ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. **Anais...** Presidente Prudente: UNOESTE, p.16-20. 2013.