

Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em recuperação de um sistema agroflorestal

Paulo Agenor Alves Bueno*, Vitória Maria Teodoro de Oliveira, Bruna Lopes Gualdi, Pedro Henrique Nascimento Silveira, Rafael Gon Pereira, Caio Evandro Santos de Freitas, Raquel de Oliveira Bueno, Elizabete Satsuki Sekine, Kaiser Dias Schwarcz

Laboratório de Biologia Molecular Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 87301-899, Brasil.

*pauloaabueno@gmail.com

Recebido: 3 abril 2018 / Aceito: 21 maio 2018 / Publicado online: 28 maio 2018

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do solo em três áreas com sistema agroflorestal localizadas na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE RURAL) de Campo Mourão, Paraná. Área 1, inicial, apresentando degradação do solo; Área 2, intermediária, com sistema agroflorestal (SAF) implantado há um ano; e Área 3, avançada, SAF de 2 anos e floresta tardia. Utilizou-se três grupos funcionais de micro-organismos em cada uma das áreas: fungos totais (FT), bactérias aeróbias (BA) e bactérias produtoras de celulase (BC). Quantificou-se por Unidades Formadoras de Colônia por grama (UFC g⁻¹) de solo diluído. A Área 1 exibiu menos microorganismos totais, na ordem de 10⁵ UFC; Área 2 foi intermediária em FT, BA e BC, com UFC em torno de 10⁷ nos três grupos funcionais; Área 3 teve maior quantidade dos micro-organismos em estudo, com maior quantidade de FT (10⁸), BA (10¹⁰ UFC g⁻¹) e BC (10¹¹ UFC g⁻¹). Na comparação das áreas em cada grupo funcional, destacou-se a menor quantidade de BA na Área 1 (10⁷ UFC g⁻¹), assim como maior quantidade de BC na Área 3 (10¹¹ UFC g⁻¹). As qualidades dos solos nas áreas se mostraram distintas quanto aos organismos estudados, conforme esperado associando ao tempo de implantação do SAF.

Palavras-chave: Agroecologia, degradação do solo, composição microbiológica, microbiologia edáfica.

Microbiological indicators of recovery soil quality in a agroforestry system

Abstract

The objective of this study was to evaluate soil quality in three agroforestry systems located in the Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE RURAL) of Campo Mourão, Paraná. Area 1, initial, presenting soil degradation; Area 2, intermediate, with agroforestry system (SAF) implemented one year ago; and Area 3, advanced, with SAF of 2 years and late forest. Three functional groups of microorganisms were used in each of the areas: total fungi (FT), aerobic bacteria (BA) and cellulase producing bacteria (BC). It was quantified by Colony Forming Units per gram (UFC g⁻¹) of diluted soil. Area 1 exhibited fewer total microorganisms, in the order of 10⁵ UFC; Area 2 was intermediate in FT, BA and BC, with UFC around 10⁷ in the three functional groups; Area 3 had the highest number of microorganisms under study, with a greater amount of FT (10⁸ UFC g⁻¹), BA (10¹⁰ UFC g⁻¹) and BC (10¹¹ UFC g⁻¹). In the comparison of the areas in each functional group, we emphasized the lower amount of BA in Area 1 (10⁷ UFC g⁻¹), as well as greater amount of BC in Area 3 (10¹¹ UFC g⁻¹). The qualities of the soils in the areas were different for the studied organisms, as expected, associated to the time of implantation of the SAF.

Keywords: Agroecology, soil degradation, microbiological composition, edaphic microbiology.

Introdução

Com o crescimento da população mundial aumentou, a necessidade de produzir mais alimentos, dessa forma, o manejo intensivo do solo, a monocultura e o uso dos pesticidas e fertilizantes tornaram-se práticas comuns para aumento da produção agrícola (Oliveira et al., 2017). Com isso, o número descontrolado de produtos químicos na agricultura tem gerado uma crescente preocupação da sociedade atual quanto aos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, o que vem alterando o cenário agrícola mundial. O

cenário alterado tem causado maior demanda por alimentos isentos desses contaminantes, gerando assim mercados mais exigentes em relação à segurança alimentar (De Mari et al., 2017).

O solo é um recurso natural fundamental, e sua qualidade é formada por fatores químicos, físicos, biológicos e ecológicos, podendo ser modificados em prol de melhor qualidade. A qualidade do solo é uma propriedade determinante para aumento de produtividade e sustentabilidade das culturas, influenciando também na saúde das plantas, animais e

consequentemente seres humanos (Melo et al., 2017). O manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação (Cherubin et al., 2015). Assim, é necessário o monitoramento dos solos manejados para a preservação da sua qualidade e para que proporcione uma produção continuada.

Com intuito conservacionista e no âmbito da sustentabilidade, algumas soluções econômicas e práticas agrícolas vem sendo repensadas, de forma que permitam aos produtores melhores condições de vida, e ao mesmo tempo que preservem ou recuperem remanescentes florestais. Uma dessas soluções potenciais são os sistemas agroflorestais, que podem propiciar aos produtores, retornos econômicos e maior conservação dos recursos naturais (Arantes et al., 2017).

Sistemas agroflorestais consistem em consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas que podem ser utilizados para restaurar florestas e recuperar áreas degradadas, em que essa tecnologia ameniza limitações do terreno, minimiza riscos de degradação inerentes à atividade agrícola e otimiza a produtividade, fazendo com que aja diminuição na perda de fertilidade do solo e no ataque de pragas (Righi e Bernardes, 2015). As perdas totais de solo, carbono orgânico e nutrientes dos sistemas convencionais, estimadas para um ano, são maiores que as de sistemas agroflorestais, o que indica a maior sustentabilidade ecológica dos sistemas agroflorestais, evidenciando a necessidade da busca de sistemas mais conservadores dos recursos naturais do que os convencionais (Mascarenhas et al., 2017).

Com a necessidade de analisar a qualidade do solo, um conjunto mínimo de indicadores englobando características físicas, químicas e biológicas são utilizados (Cherubin et al., 2015). No entanto, por ser a parte mais viva e mais ativa da matéria orgânica do solo e por atuar em importantes processos bioquímicos, estudos mostram que os indicadores biológicos são mais sensíveis que os indicadores químicos e físicos para detectar com mais antecedência alterações que ocorrem no solo em função do seu uso e manejo (Stöcker et al., 2017).

Utiliza-se para bioindicação de qualidade de solo diversas metodologias envolvendo microrganismos. Bioindicadores são propriedades ou processos biológicos dentro do solo que indicam a situação deste ecossistema (Cherubin et al., 2015), podendo ser utilizados no biomonitoramento da qualidade do solo, que é a medida da resposta de organismos vivos a mudanças no seu ambiente (Heger et al., 2012).

Pesquisas têm apontado que alguns indicadores relacionados com a comunidade microbiana do solo são bastante sensíveis às alterações provenientes das atividades agrícolas, fornecendo, dessa forma, subsídios importantes para o correto planejamento do uso da terra e manejo do solo (Stöcker et al., 2012).

Dessa forma, esta pesquisa teve como finalidade avaliar a qualidade do solo em três áreas localizadas na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE RURAL) do município de Campo Mourão, Paraná.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado na APAE RURAL de Campo

Mourão no município de Campo Mourão no estado do Paraná (052°20'W e 024°04'S) onde há tendência de concentração de chuvas nos meses correspondentes à estação verão, sem estação seca definida. A temperatura média anual corresponde a 17,2 °C e os índices pluviométricos em torno de 1450 mm anuais (Alvares et al., 2013). A cobertura vegetal nativa da região de Campo Mourão é formada por Floresta Estacional Semidecidual Montana, Floresta Ombrófila Mista Montana e áreas de transição entre as mesmas, com pequenos fragmentos de Cerrado (Roderjan et al., 2002).

A área de estudo na APAE RURAL de Campo Mourão abrange aproximadamente 1,2 ha, sendo divididas em três áreas menores escolhidas especificamente para a realização da pesquisa: a) Área 1, tem 6.067 m² está em “recuperação inicial” apresenta-se dominada por gramíneas e ainda em fase de planejamento; b) Área 2, tem cerca de 3.622 m² e está em fase de “recuperação intermediária”, a qual recebeu um sistema agroflorestal baseado na fruticultura e algumas culturas temporárias como forma de enriquecer o solo; c) Área 3, tem cerca 2.247 m² e encontra-se em “recuperação avançada”, a qual abrange uma área de preservação permanente que margeia um córrego, o sistema utilizado foi o sucessional biodiverso, sendo ele o sistema que mais se assemelha a uma floresta primária (Figura 1).



Figura 1. Áreas dos sistemas agroflorestais implantados na APAE Rural de Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Para a análise do solo, foi retirada uma amostra de solo de cada área, retirada de buracos de 20 cm de diâmetro e 30 cm de profundidade em três locais aleatórios de cada área do estudo, em seguida foram homogeneizadas e armazenadas em sacos plásticos, posteriormente levadas ao laboratório para processamento. Em laboratório, o solo foi distribuído em bandejas plásticas para a retirada de materiais indesejados (galhos, raízes e folhas) e da sua macrofauna. Para

estabilização da umidade, foram utilizados 100 g de solo de cada amostra, armazenado em estufa de secagem e esterilização (THELGA, 1500 W) em temperatura constante de 30 °C, monitorado por pesagem diária com auxílio da balança de precisão MARTE AY220 até a estabilização de umidade, numa média de 72h, quando a amostra de solo não varia o peso devido à perda total de água (Madigan et al., 2010).

Após a estabilização realizou-se a diluição seriada das amostras, onde 10 g de cada amostra foi diluída em 90 mL de solução salina (0,85% NaCl) estéril, mantendo sob agitação em agitador magnético (EVEN 78HW-1) com rotação rápida durante 40 min. Em seguida foi feita a diluição seriada, diluindo 1 mL da solução obtida em 9 mL de solução salina estéril, sendo esta diluição de 10⁻¹ e assim sucessivamente (Bordignon, 2012).

Para o cálculo das unidades formadoras de colônias por grama de solo (UFC g⁻¹), após a quantificação dos microrganismos, utilizou-se a metodologia de contagem de colônias de bactérias e fungos proposto por Mendes & Junior (2012), seguindo a equação 1: $UFC\ g^{-1} = \text{número médio de colônias nas placas} \times \text{diluição da amostra} \times 10$. Este fator 10 refere-se ao fato de terem sido plaqueados apenas 100 µL de suspensão).

Para a análise do crescimento de bactérias aeróbias totais foi utilizado o método de Sambrook e Russel 2001, usando o meio de cultura Maria Luria-Bertani e para as bactérias produtoras de celulase foram feitas em meio de cultura Luria-Bertani adicionado 0,2% de carboximetilcelulose. Após a estabilização do crescimento, as placas foram imersas em solução de vermelho congo (1 mg mL⁻¹) e lavadas com solução de NaCl 1M. No crescimento de fungos, para sua contagem, foi utilizado o meio Martin's-Bengala Agar (Kaschuk et al., 2011).

Para cada área, foram coletados e 3 amostras em meses diferentes (setembro de 2017, dezembro de 2017 e fevereiro de 2018) para se chegar aos valores médios das triplicatas para cada meio de cultura seletivo. Assim, obteve-se um total de nove medidas representativas do solo em análise para cada tratamento. Considerou-se como tratamento, o estágio em que cada área se encontra quanto a implantação do sistema agroflorestal.

Realizou-se uma análise exploratória dos dados bem como uma análise de variância (Anova) de um critério a priori com teste tukey a posteriori quando houve diferença para comparar composição das comunidades microbiológicas nas áreas com diferentes estágios agroflorestais. Uma comparação entre as áreas dentro de cada grupo funcional de micro-organismos.

Resultados e Discussão

De forma geral, os indicadores microbiológicos foram abundantes em solos com mais tempo de implantação do sistema agroflorestal (Figura 2). Ao se calcular as UFCs em valores brutos, o total de número de colônias formadas para os três grupos funcionais de micro-organismos foram superiores na Área 3 (média = 9,056±1,54), com maior tempo de implantação do sistema agroflorestal quando comparado a Área 1 de menor tempo de implantação (média = 7,8724 ±

1,35).

Nessa comparação geral entre as áreas, considerando toda a microbiota, as médias de todos os micro-organismos a Área 1 apresentou menor microbiota geral (p = 0,009) que a Área 3 e a Área 2 não diferiu no teste a posteriori. Nas comparações entre as áreas dentro de cada grupo de micro-organismo a quantidade de fungos totais não demonstraram diferença significativa entre as áreas (p = 0,119). Para bactérias aeróbias observou-se que a Área 1, de estágio mais inicial, portanto sem tempo de ação do sistema agroflorestal, apresentou significativamente menores UFCs que as outras duas áreas (p = 0,034). Na comparação das bactérias produtoras de celulase demonstrou-se que a Área 3, com estágio avançado agroflorestal apresentou maior UFCs que as outras áreas (p = 0,015) (Tabela 1, Figura 2).

Tabela 1. Resultados das médias das unidades formadoras de colônia (log₁₀ UFC g⁻¹) nas três áreas de agrofloresta em estágios diferentes para cada de micro-organismos indicadores de qualidade de solo.

Agrofloresta	Fungos Totais	Bactérias	
		Aeróbias	produtoras de celulase
Área 1	6,971±1,34	7,681±1,11*	8,844±0,95
Área 2	6,746±0,98	8,873±0,84	8,785±0,82
Área 3	8,011±1,51	9,050±1,27	10,107±1,18*

Área 1 - inicial; Área 2 - intermediária; Área 3 - avançada.

*valores estatisticamente diferentes dentro do mesmo grupo de micro-organismos no teste ANOVA, seguido do teste Tukey (p<0,05).

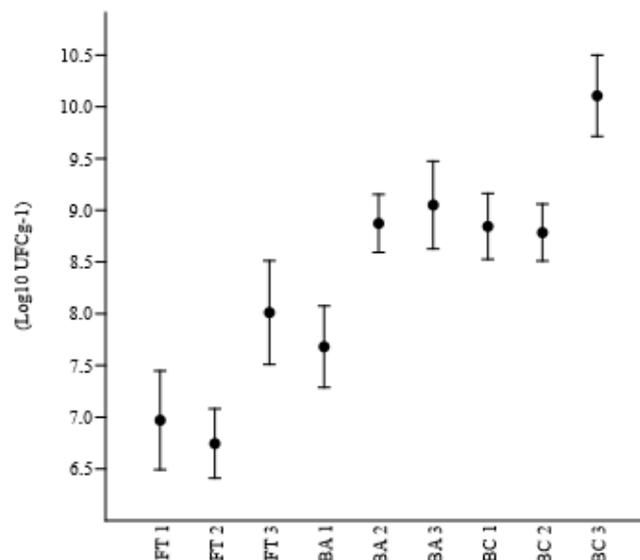


Figura 2. Valores de Log₁₀ UFC g⁻¹ de micro-organismos nas três áreas pesquisadas. Legenda: Fungos Totais na Área 1 (FT1), Área 2 (FT2) e Área 3 (FT3); Bactérias Aeróbias na Área 1 (BA1), Área 2 (BA 2) e Área 3 (BA 3); Bactérias produtoras de Celulase na Área 1 (BC1), Área 2 (BC2) e Área 3 (BC3).

Os componentes microbianos vivos do solo são também denominados de biomassa microbiana e as bactérias e fungos respondem por cerca de 90% da atividade microbiana do solo (Cardoso et al., 2010), ou seja, quanto mais bactérias e fungos estão presentes no solo, mais saudável e fértil é o solo.

Um solo fértil é aquele que apresenta todos os nutrientes (em formas biodisponíveis) necessários ao seu crescimento, ou uma população microbiana capaz de liberá-los, rapidamente, para as plantas (Cardoso et al., 2010). Os fungos são importantes, pois se associam às raízes de inúmeras espécies de plantas e aumentam a área de absorção das mesmas, facilitando a absorção de nutrientes, particularmente daqueles que apresentam baixa mobilidade no solo, como o fósforo. Afetam, também, a absorção de água, diminuindo os efeitos dos estresses hídricos (Kaschuk et al., 2011). Os fungos são os mais facilmente colonizáveis nos solos de sistemas agroflorestais, mesmo os em alto grau de degradação (Stöcker e colaboradores 2017).

Apesar de não apresentarem diferenças estatisticamente significativas entre as áreas, mostram no presente estudo que estão em uma biomassa indicadora de plena atividade microbiana nas três áreas. Assim como no trabalho de Stöcker e colaboradores 2017, os fungos são os mais facilmente colonizáveis nos solos de sistemas agroflorestais, mesmo os em alto grau de degradação. O que pode explicar a não detecção de diferença entre as áreas no grupo de fungos totais, com um número alto de UFCs nas três áreas de estudo.

Dentre os microrganismos, as bactérias são as que formam o grupo com maior diversidade fisiológica, o que propicia maior adaptabilidade (Ferreira et al., 2017). Uma outra propriedade das bactérias é que são importantes promotoras de crescimento vegetal, fazendo com que tenha grande disponibilidade de carbono para o crescimento celular, tendo como melhores resultados a caseína como fonte de carbono. Para esses organismos a área 1, com menor tempo de implantação do experimento, ou seja, apresentando menor biomassa vegetal e estágio inicial agroflorestal, apresentou menor média de unidades formadoras de colônia para esses microrganismos. As áreas 2 (intermediária) e 3 (avançada) apresentaram maior colonização desses organismos. Isso corrobora com Butenshoen et al., 2013; Ferreira et al., 2017 e Fidelis et al., 2016 que detectaram bactérias aeróbias em maior quantidade em áreas mais preservadas e relacionam isso à maior atividade metabólica em solos de agroflorestas.

Os microrganismos produtores de celulase são extremamente importantes para o aumento da comunidade microbiológica, o que podemos observar no gráfico das bactérias produtoras de celulase, pois a celulase produzida é uma enzima biocatalisadora da reação de hidrólise da celulose, sendo de grande importância para o fluxo de carbono e energia no solo, uma vez que há degradação da celulose, as reações envolvidas tornam o carbono disponível para o crescimento de microrganismos no solo (Xião et al., 2017).

A área 3 com mais tempo de implantação da agrofloresta apresentou destacada abundância dessas bactérias produtoras de celulase em relação às outras duas áreas. Isso se deve à maior atividade de degradação de celulose de matéria orgânica morta e viva, bem como acelerada ciclagem de nutrientes em ambientes mais complexos. Isso está de acordo com Xiao e colaboradores (2017) que estudaram o nível de respiração basal do solo que é diretamente afetado pela abundância de microrganismos em geral e em especial bactérias aeróbias e produtoras de celulase.

A avaliação das propriedades biológicas do solo se adequa à maioria dos critérios de um indicador de qualidade de solo apesar desse componente ter sido ignorado em muitos estudos. A capacidade de responder rapidamente às mudanças no solo e o fato da atividade microbiana do solo refletir a influência conjunta dos fatores responsáveis pela degradação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Zhang et al., 2011), justifica o uso de microrganismos e processos microbiológicos para estudar a qualidade do solo.

Para nortear a escolha de indicadores de qualidade/degradação do solo, utiliza-se alguns critérios: os indicadores devem ser sensíveis às variações de manejo e clima, de fácil mensuração, econômicos e úteis para explicar os processos do ecossistema. Entretanto, a seleção de indicadores vai depender da finalidade a que se propõe a utilização do solo.

A microbiota do solo apresenta grande potencial de utilização em estudos da qualidade edáfica, pois os microrganismos constituem fonte e depósito de nutrientes em todos os ecossistemas; além disso, participam ativamente em processos benéficos como a estruturação do solo, a formação do húmus, a solubilização de nutrientes para as plantas e a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo (Gama-Rodrigues, 2008; Kaschuk et al., 2010). As propriedades microbiológicas têm sido amplamente discutidas na literatura como indicadores de qualidade (Paradelo et al., 2009; Stursová e Baldrian, 2011; Zhang et al., 2011; Lisboa et al., 2013) dado o relacionamento entre atividade e diversidade microbiana, vegetação e sustentabilidade dos ecossistemas.

A importância de aplicação dos microrganismos não está relacionada unicamente ao aumento na densidade microbiológica desses microrganismos, beneficiando somente o aumento restrito dos fungos e bactérias no solo, mas também é de extrema importância para o aumento da diversidade microbiológica, pois certos microrganismos tem a capacidade de auxiliar na colonização de outros microrganismos, que também contribuem para o crescimento vegetal (Cunha et al., 2012). Assim os resultados obtidos sugerem, que os microrganismos podem indicar o estágio de recuperação em áreas degradadas e servem de parâmetro para manejo de solo.

Conclusões

As áreas apresentam qualidade de solo diferentes baseando-se nos indicadores microbiológicos utilizados. A área 3 com implantação do sistema agroflorestal a mais tempo foi a que apresentou maiores quantidades de micro-organismos, seguida pela área 2 de características intermediárias tanto nos componentes vegetais como nos indicadores microbiológicos. E por fim a área 1 que tem a agrofloresta mais recente, refletindo menor atividade e composição da microbiota.

Os indicadores microbiológicos se mostraram eficientes no monitoramento de áreas com sistemas agroflorestais e revelaram coerência com a literatura e o experimento realizado, evidenciando direta correlação da qualidade do solo (indicada pelos micro-organismos) com o tempo de implantação de sistemas agroflorestais.

Referências

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Golcalves, J.L.M.; Sparovek, G. 2013. *Koppen's climate classification map for Brazil*. Meteorologische

- Zeitschrift, 22(6): 711-728.
- Arantes P.B.; Righi, C.A.; Bosi, C.; Domenico, C.I.; Galvez, V.A.R. 2017. *Agroflorestas familiares no vale do ribeira: diagnóstico produtivo, estratégias e desafios*. REDD – Revista Espaço de Diálogo e Desconexão, Araraquara.
- Bordignon, A.J.; Delfino, E.R.; Martins, N.M.; Silva, R.F.; Batistote, M. 2012. *Quantificação da microbiota de solos fertilizados com vinhaça*. Cadernos de Agroecologia, 7(2).
- Butenschoen, O.; Scheu, S.; Eisenhauer, N. 2011. *Interactive effects of warming, soil humidity and plant diversity on litter decomposition and microbial activity*. Soil Biology and Biochemistry, 43: 1902-1907.
- Cardoso, E.L.; Silva, M.L.N.; Moreira, F. M. de S.; Curi, N. 2009. *Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal*. Pesquisa agropecuária brasileira, 44(6): 631-637.
- Cherubin, M.R.; Eitelwein, M.T.; Fabbris, C.; Weirich, S.W.; Silva, R.F.; Silva, V.R.; Basso, C.J. 2015. *Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes*. Revista Brasileira Ciência do Solo, 39: 615-625.
- Cunha, E.Q.; Stone, L.F.; Ferreira, E.P.B.; Didonet, A.D.; Moreira, J.A.A. 2012. *Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo*. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, 16: 56-63.
- De Mari, C. L.; Tavares, P.D.V.B.; Fonseca, V.M. 2017. *Alimentos, saberes e educação para o “bem viver”: os camponeses um passo adiante*. REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental 34(3): 37-54.
- Dubois, J.C.L.; Viana, V.M.; Anderson, A.B. 1996. *Manual agroflorestal para a Amazônia*. Rio de Janeiro: REBRA, 228p.
- Ferreira, E.P.B.; Stone, L.F.; Martin-Didonet, C.C.G. 2017. *População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção*. Revista Ciência Agronômica, 48: 22-31.
- Fidelis, R.R.; Alexandrino, C.M. S.; Silva, D.B. Sugai, M.A.A.; Silva, R.R. 2016. *Indicadores biológicos de qualidade do solo em culturas intercalares ao pinhão manso*. Applied Research & Agrotechnology, 9(3): 87-95.
- Gama-Rodrigues, A.C.; Gama-Rodrigues, E.F.; Barros, N.F. 2008. *Balanco de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32(3): 1165-1179.
- Heger, T.J.; Imfeld, G.; Mitchell, E.A.D. 2012. *Special issue on “Bioindication in soil ecosystems”*: Editorial note. European Journal of Soil Biology, 49: 1-4.
- Kaschuk, G.; Alberton, O.; Hungria, M. 2011. *Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality*. Plant Soil, 338: 467-481.
- Kaschuk, G.; Alberton, O.; Hungria, M. 2010. *Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability*. Soil Biology & Biochemistry, 42: 1-13.
- Lisboa, F.J.G.; Chaer, G.M.; Jesus, E.C.; Faria, S.M.; Gonçalves, F.S.; Santos, F.M.; Castilho, A.F.; Berbara, R.L.L. 2013. *The influence of litter quality on the relationship between vegetation and below-ground compartments: a Procrustean approach*. Plant and Soil, 367: 551-562.
- Madigan, M.T., Martinko, J. M., Dunlap, P.V., Clark, D.P. 2010. *Microbiologia de Brock*. 12ª. Ed. Editora Artmed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, p1160.
- Mascarenhas, A.R.P.; Scocoti, M.S.V.; Melo, R.R.; Corrêa, F.; Luíz O.; Souza, E.F.M.; Andrade, R.A.; Bergamin A.C.; Muller, M.W. 2017. *Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental*. Pesquisa florestal brasileira, 37(89): 19-27.
- Melo, V.F.; Silva, D.T.; Evald, A.; Rocha, P.R.R. 2017. *Chemical and biological quality of the soil in different systems of use in the savanna environment*. Revista Agro@mbiente on-line, 11(2): 101-110.
- Mendes I.C.; Junior, F.B.R. 2012. *Uso de parâmetros microbiológicos como Indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas*. Embrapa Cerrados, Documentos 112. p34.
- Oliveira, L.G.; Batalha, M.O.; Pettan, K.B. 2017. *Comparative assessment of the food purchase program and the national school feeding program’s impact in Ubá, Minas Gerais, Brazil*. Ciência Rural, Santa Maria, 47: 01-06.
- Paradelo, R.; Moldes, A.B.; Barral, M.T. 2009. *Properties of slate mining wastes incubated with grape marc compost under laboratory conditions*. Waste Management, 29: 579-584.
- Righi, C.A.; Bernardes, M.S. 2015. *Sistemas Agroflorestais: definição e perspectivas*. Cadernos da Disciplina de Sistemas Agroflorestais, 1: 1-5.
- Roderjan, C.V.; Galvão F.; Kuniyoshi, Y.S.; Hatschbach, G.G. 2002. *As unidades fitogeográficas do estado do paraná, Brasil*. Ciência e Ambiente, 24: 42-75.
- SAMBROOK, J.; RUSSEL, D.W. 2001. *Molecular cloning. A laboratory manual*. 3.ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2100p.
- Stöcker, C.M., Monteiro, A.B., Bamberg, A.L., Cardoso, J.H., Morselli, T.B.G.A.; Lima, A.C. R. 2017. *Bioindicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais*. 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa,
- Stursová, M.; Baldrian, P. 2011. *Effects of soil properties and management on the activity of soil organic matter transforming enzymes and the quantification of soil-bound and free activity*. Plant and Soil, 338: 99-110.
- Xiao, H.; Li, Z.; Chang, X.; Huang, J.; Nie, X.; Liu, C.; Liu, L.; Wang, D.; Dong, Y.; Jiang, J. 2017. *Soil erosion-related dynamics of soil bacterial communities and microbial respiration*. Applied Soil Ecology, 119: 205-213.
- Zhang, L; Zhao, H.; Gan, M.; Jin, Y.; Gao, X.; Chen, Q.; Guan, J., Wang, Z. 2010. *Application of simultaneous saccharification and fermentation (SSF) from viscosity reducing of raw sweet potato for bioethanol production at laboratory, pilot and industrial scales*. Bioresource Technology, 2: 4573-4579.