

RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 06/04/2019.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JÉSSICA ALVES DE OLIVEIRA

ESTABELECIMENTO DE BANANEIRA (*Musa* sp.) EM SOLO DEGRADADO

Ilha Solteira
2018

JÉSSICA ALVES DE OLIVEIRA

**ESTABELECIMENTO DE BANANEIRA (*Musa* sp.)
EM SOLO DEGRADADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof^a. Dr^a. Ana Maria Rodrigues Cassiolato
Orientadora

Ilha Solteira
2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Oliveira, Jéssica Alves de.
O482v Estabelecimento de bananeira (*Musa* sp.) em solo degradado / Jéssica Alves de Oliveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
65 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Ana Maria Rodrigues Cassiolato
Inclui bibliografia

1. Cinza de biomassa. 2. Micorriza arbuscular. 3. Solubilizador de fosfato.
4. Recuperação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:

AUTORA: JÉSSICA ALVES DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA,
área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural / UNESP / Câmpus de Ilha Solteira

Profa. Dra. KÁTIA LUCIENE MALTONI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. LEONARDO LUCAS MADALENO
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza / FATEC - Jaboticabal/SP

Ilha Solteira, 06 de abril de 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por estar sempre em meu caminho, iluminando e guiando às escolhas certas.

Aos meus pais Luiz e Maria, que me deram toda a estrutura para que me tornasse a pessoa que sou hoje, sendo meu maior exemplo, pela confiança e pelo amor que me fortalece todos os dias.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos por estarem ao meu lado sempre, me dando todo o apoio que preciso em todos os momentos.

Ao meu namorado Fábio, que foi meu braço direito nesse mestrado, assim como é na vida, pelos conselhos, carinho, paciência e momentos felizes.

Aos meus sogros pelo encorajamento, e por estarem sempre por perto torcendo por mim.

A todos os meus amigos que, perto ou longe, sempre me ajudam, apoiam e torcem por mim.

A Unesp Ilha Solteira, por proporcionar a realização deste mestrado.

A Profa. Ana Maria por ter me recebido de braços abertos na Unesp, pela orientação, paciência e confiança.

Aos técnicos e amigos Diego, Zé e Adriana por toda a ajuda e pelos valiosos ensinamentos que permitiram a realização deste trabalho.

A todos os professores, que se tornaram amigos, pelo aprendizado que fez com que eu continuasse e chegasse até aqui.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Léo e Profa. Kátia pelo tempo cedido para a avaliação e pelas considerações realizadas, que foram muito bem-vindas, enriquecendo este trabalho.

A Capes, pela concessão da bolsa de estudos para a realização do mestrado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e minha formação.

Muito Obrigada!

“O limite do homem é o limite de seus sonhos”.

John F. Kennedy

RESUMO

O solo degradado em estudo originou-se pela retirada da sua camada superficial, que compreende a vegetação, a matéria orgânica, os nutrientes e os microrganismos, cujos processos são essenciais para o solo ser considerado produtivo. Sua recuperação é importante para manter o equilíbrio da biodiversidade de flora e fauna e protege-lo contra a erosão, entre outros fatores. O objetivo deste trabalho foi o condicionamento do subsolo pela adição de cinza de biomassa de cana-de-açúcar, da inoculação de fungo micorrízico arbuscular (FMA – *Glomus clarum*) e da inoculação de fungos e de bactéria solubilizadores de fosfato, buscando uma técnica para a recuperação de solos degradados. A bananeira (*Musa* sp. cv. Mysore) foi utilizada como planta indicadora para as modificações que ocorreram no solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 3 + 2$, com 4 repetições por tratamento, totalizando 12 tratamentos, com 4 repetições (bloco). O primeiro fator foi com e sem inoculação de FMA, o segundo foi com e sem adição de cinza proveniente da queima do bagaço de cana-de-açúcar, o terceiro foi com e sem inoculação de fungos e de bactéria solubilizadores de fosfato, e dois tratamentos adicionais, área conservada de Cerrado (SCRC) e área degradada sem intervenção (ADSI). Após 67 e 274 dias do plantio foram avaliados os atributos químicos e microbiológicos do solo na camada de 0,0 a 0,10 m, além da altura, do diâmetro, do índice relativo de clorofila e do P total foliar das plantas. A adição de cinza elevou o pH, o teor de bases, o valor do V% e reduziu os teores de Al. Aumentou, ainda, o número de esporos de FMA, a taxa respiratória do solo, o teor de carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano, e diminuiu o quociente metabólico. A bactéria solubilizadora de fosfato melhorou os atributos químicos e microbiológicos do solo, principalmente quando associada à adição de cinza e à inoculação de FMA. A inoculação de FMA aumentou a absorção de P pelas plantas. A adição de cinza juntamente com a inoculação de fungos solubilizadores de fosfato elevou a fertilidade e a atividade microbiológica do solo a longo prazo (274 dias). Em comparação ao solo da ADSI e do SCRC, a adição de cinza juntamente com a inoculação da bactéria solubilizadora de fosfato, mostrou ser o tratamento mais promissor.

Palavras-chave - Cinza de biomassa. Micorriza arbuscular. Solubilizador de fosfato. Recuperação.

ABSTRACT

The degraded soil under study originated by the removal of the superficial layer, which includes vegetation, organic matter, nutrients and microorganisms, whose processes are essential for the soil to be considered productive. Its recovery is important to maintain the balance of biodiversity of flora and fauna and protect it against erosion, among other factors. The objective of this work was the subsoil conditioning by the addition of sugarcane biomass ash, the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF - *Glomus clarum*) and the inoculation of fungi and bacteria phosphate solubilizers, searching for a technique for recovery of degraded soils. The banana plants (*Musa* sp. cv. Mysore) was used as an indicator plant for the changes that occurred in the soil. The experimental design was a randomized complete block design, with a 2 x 2 x 3 +2 factorial scheme, with 4 replicates per treatment, in a total of 12 treatments, with 4 replicates (block). The first factor was with and without AMF inoculation, the second was with and without ash added from the burning of sugarcane bagasse, the third was with and without inoculation of fungi and bacteria phosphate solubilizers and two controls area, Cerrado conservation area (CCAR) and degraded area without intervention (DAWI). After 67 and 274 days of planting, the soil chemical and microbiological attributes were evaluated in the 0.0 to 0.10 m layer, as well as the height, diameter, relative chlorophyll index, and total leaf P. The addition of ash increased the pH, the bases content, the V% value and reduced the Al levels. Also increased the number of AMF spores, soil respiration rate, carbon content of microbial biomass and the microbial quotient, and decreased the metabolic quotient. Phosphate solubilizer bacteria improved the chemical and microbiological attributes of the soil, especially when associated with the addition of ash and the inoculation of AMF. AMF inoculation increased the uptake of P by plants. The addition of ash along with the inoculation of phosphate solubilizer fungi increases fertility and soil microbiological activity in the long term (274 days). Compared to CCAR and DAWI soil, the addition of ash along with inoculation of the phosphate solubilizer bacteria proved to be the most promising treatment.

Keywords - Biomass ash. Arbuscular mycorrhizal. Phosphate solubilizer. Recovery.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	ÁREAS DEGRADADAS	10
2.2	ÁREAS DEGRADADAS E AS USINAS HIDRELÉTRICAS	11
2.3	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	12
2.4	MICROORGANISMOS NO SOLO	14
2.4.1	Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA).....	16
2.4.2	Microrganismos Solubilizadores de Fosfato	18
2.5	RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	19
2.5.1	Cinza de Biomassa de Cana-de-Açúcar.....	21
2.6	REVEGETAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA COM BANANEIRA (<i>Musa</i> sp.)	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	23
3.2	HISTÓRICO DA ÁREA	24
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	24
3.4	INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	26
3.5	AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS.....	32
4.1.1	Avaliação aos 67 dias após a instalação do experimento	32
4.1.2	Avaliação aos 274 dias após a instalação do experimento	35
4.2	AVALIAÇÃO DE PLANTAS E ANÁLISE DOS ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO	38
4.2.1	Avaliação aos 67 dias após a instalação do experimento	38
4.2.2	Avaliação aos 274 dias após a instalação do experimento	42
4.3	COMPARAÇÃO DOS TRATAMENTOS COM AS TESTEMUNHAS.....	48
4.3.1	Avaliação aos 67 dias após a instalação do experimento	49

4.3.2 Avaliação aos 274 dias após a instalação do experimento	51
5 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

As áreas degradadas caracterizam-se pela retirada da camada superficial do solo, que compreende a vegetação, a matéria orgânica (MO), os nutrientes e os microrganismos essenciais para que seja produtivo. A retirada dessa camada torna o solo pobre e hidricamente instável, onde as plantas dificilmente conseguem se desenvolver. O Brasil possui cerca de 140 milhões de hectares de áreas em algum estágio de degradação (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2012).

A recuperação de áreas degradadas é de extrema importância para manter o equilíbrio da biodiversidade, pois traz benefícios significativos como a proteção do solo e da água, proporciona abrigo e sustento para a fauna, atua como barreira contra a propagação de pragas e doenças em culturas agrícolas, contribui para a redução dos gases de efeito estufa por meio da fixação de carbono atmosférico pelas plantas, entre outros (TAVARES et al., 2008). Diante disso, ao promover a recuperação de uma área degradada, primeiramente, deve-se o equilíbrio do solo em questão por meio do fornecimento de nutrientes, microrganismos e MO, com intuito de proporcionar um ambiente com condições mínimas para o estabelecimento de uma cultura ou vegetação.

Muitos resíduos agroindustriais apresentam elementos essenciais às plantas em sua composição. A incorporação de resíduos ao solo é uma prática utilizada para reciclar nutrientes, melhorando a fertilidade e as condições físicas do solo para o cultivo, além da economia em fertilizantes e corretivos (BEGA, 2014). A cinza de biomassa de cana-de-açúcar constitui um resíduo da agroindústria sucroalcooleira produzido em grandes quantidades, rica em nutrientes e não contém quantidades consideráveis de metais pesados (SILVEIRA, 2010). Assim, a aplicação desta cinza em áreas degradadas pode constituir importante ferramenta para a recuperação do solo de forma economicamente viável, além de propiciar um destino ambientalmente correto a esse resíduo.

Os microrganismos do solo são responsáveis por ciclos importantes devido ao seu papel fundamental em quase todas as reações que ocorrem (HERNÁNDEZ; GARCIA; GARCÍA, 2015). A interação de processos biológicos pode manter e melhorar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas (BIDONDO et al., 2016). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são microrganismos endófitos que fazem associação mutualista com as raízes das plantas, beneficiando a planta hospedeira com o aumento da absorção de nutrientes e água por meio de

suas hifas, que proporcionam o aumento do volume de solo explorado (PAULÚCIO, 2007). Estudos têm demonstrado que os FMA têm importância especial na absorção de fosfato por meio de um processo especializado, com transportadores de alta afinidade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O P é macronutriente essencial e limitante para o desenvolvimento e a produtividade das culturas. Os microrganismos solubilizadores de fosfato atuam na mobilização de P (TAKTEK et al., 2015), elevando a fertilidade do solo com a solubilização de fosfatos inorgânicos, por meio da liberação de ácidos orgânicos, e com a mineralização de fosfatos orgânicos, produzindo fosfatases e fitases (DOBBELAERE; VANDERLEYDEN; OKON, 2003).

A condição de solo degradado condiz com a condição de baixa fertilidade que favorece a simbiose entre plantas e FMA, sendo de grande interesse a utilização desses microrganismos na recuperação de áreas degradadas. Além disso, a interação entre os FMA e os solubilizadores de fosfato sugere efeitos benéficos para as plantas.

A adoção de uma espécie frutífera para a recuperação de área degradada pode representar a recuperação produtiva e ecológica de uma área, pois, além de fornecer alimento humano, podendo gerar uma fonte adicional de renda ao produtor, também é fonte de alimento para os animais. Neste contexto, a bananeira (*Musa* sp.) é apresentada como boa alternativa, pois, além de produzir o fruto que pode ser comercializado, é uma fonte de material orgânico para o solo (por meio da queda das folhas e restos culturais pós- colheita), contribuindo para a recuperação. Adicionalmente, a bananeira possui grande acúmulo de água no rizoma e no pseudocaule, possibilitando sua sobrevivência em períodos de estresse hídrico (DONATO et al., 2002).

A Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP é a maior usina do Estado de São Paulo e a terceira maior usina hidrelétrica do Brasil. Para sua construção foram necessários grandes volumes de solo, o que deu origem a áreas com subsolo exposto nas regiões próximas a esta hidrelétrica desde 1969 (ROSA et al., 2014). Kitamura et al. (2008) relataram que foi retirada uma camada de solo de 8,60 metros de espessura de determinadas áreas, dependendo do relevo, eliminando os horizontes A e B e destruindo sua resiliência. Tais áreas são denominadas áreas de empréstimo e caracterizam-se como áreas degradadas.

O objetivo deste trabalho foi promover o condicionamento do subsolo pela adição de cinza de biomassa de cana-de-açúcar, da inoculação de FMA (*Glomus clarum*) e de

microrganismos solubilizadores de fosfato (fungos e bactéria), com o estabelecimento de bananeira (*Musa* sp.), buscando uma técnica para a recuperação de solos degradados.

5 CONCLUSÕES

1. A cinza de biomassa de cana-de-açúcar melhora a fertilidade do solo, com a elevação do pH, dos teores de P e SB, nos valores de V%, com redução do Al. Melhora também os atributos microbiológicos do solo, com aumento do número dos esporos FMA, da taxa respiratória do solo, do teor de CBM e do q_{MIC} , com redução do q_{CO_2} .

2. A inoculação da bactéria solubilizadora de fosfato interfere na fertilidade e atividade microbiológica do solo, desde que associada à FMA e à cinza de biomassa de cana-de-açúcar.

3. A inoculação de FMA ao solo degradado melhora a absorção de P pelas plantas.

4. A adição de cinza e a inoculação com fungos solubilizadores de fosfato aumentam a fertilidade e a atividade microbiológica do solo a longo prazo (274 dias).

5. A adição de cinza combinada com a inoculação de bactéria solubilizadora de fosfato, independente da inoculação de FMA, em comparação ao solo de área degradada sem intervenção e ao solo de área preservada de Cerrado, apresenta resultados positivos quanto à recuperação da área degradada.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L.; MENDOZA, E. A.; SILVA FILHO, G. N. Microrganismos solubilizadores de fosfatos e o crescimento de pinus e eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 939-947, 2002.
- ALVES, M. C.; NASCIMENTO, V.; SOUZA, Z. M. Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 887-893, 2012.
- ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 285-293, 2003.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1989.
- ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994. 236 p.
- ARRUDA, J. A. et al. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 1, n. 30, p. 1-13, set. 2016.
- BARROSO, A. A. F. et al. Teores de macronutrientes em folhas de bananeira cv. Pacovan apodi, sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 529-538, jun. 2011.
- BEGA, R. M. **Aplicação de cinza do bagaço de cana-de-açúcar em latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2014. 55 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho- UNESP, Jaboticabal, 2014.
- BHAN, S. Land degradation and integrated watershed management in India. **International Soil and Water Conservation Research**, Netherlands, v. 1, n. 1, p. 49-57, jun. 2013.
- BIDONDO, L. F. et al. Cultivable bacteria associated with infective propagules of arbuscular mycorrhizal fungi. Implications for mycorrhizal activity. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 86-90, set. 2016.
- BORGES, A. L. et al. Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 314-318, ago. 2006.
- BORSZOWSKEI, P. R.; ANHAIA, S. F. Alternativas ecológicas de utilização de cinza de biomassa vegetal: corretivo para acidez do solo e recuperação de áreas degradadas. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO AMBIENTAL NA AGROPECUÁRIA, 3., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Fundação Proamb, 2012. p. 1-6.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética brasileira.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, jun. 2017.

BRUNELLI, A. M. M. P.; PISANI JÚNIOR, R. Proposta de disposição de resíduo gerado a partir da queima do bagaço de cana em caldeiras como fonte de nutriente e corretivo do solo. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta del Leste. **Anais...** Punta del Leste: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. v. 1, p. 1-9.

CAMPOS, L. P. **Aplicação de cinza de bagaço de cana-de-açúcar nos atributos químicos e biológicos do solo.** 2014. 88 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho- UNESP, Jaboticabal, 2014.

CAPRONI A. L. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 373-381, 2005.

CARDOSO, E. J. B. N.; NOGUEIRA, M. A. A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 79-98.

CHAU, J. F.; BAGTZOGLOU, A. C.; WILLIG, W. R. The effect of soil texture on richness and diversity of bacterial communities. **Environmental Forensics**, Philadelphia, v. 12, n. 1, p. 333-341, 2011.

COELHO, S. J. **Transformações na paisagem decorrentes da construção da Usina Hidrelétrica do Funil - UHE Funil - e o impacto no município de Ijaci, MG.** 2008. 172 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

COLOZZI FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 39-56.

CORRÊA, R. S.; LEITE, L. L.; BASTOS, E. K. Dinâmica da degradação e da regeneração. In: CORRÊA, R. S.; MELO FILHO, B. **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado.** Brasília: Paralelo, 1998. p. 49-63.

CORTEZ, J. W. et al. Umidade e temperatura de Argissolo Amarelo em sistemas de preparo e estádios de desenvolvimento do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 699-710, ago. 2015.

CUNHA, E. Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II - Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 603-611, 2011.

- DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: Departamento de Solos, Geologia e Fertilidade ESALQ/USP, 1980. p. 11-31.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração**. Seropédica: Embrapa, 1997. 10 p. (Documentos, 37).
- DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998, p. 163-176.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Philadelphia, v. 22, n. 1, p. 107-149, 2003.
- DONATO S. L. R. et al. Relações hídricas I: Considerações fisiológicas e ecológicas. In: COELHO E. F. **Irrigação da bananeira**. Brasília: Embrapa, 2002. p. 13-82.
- DOUDS, D. D.; JOHNSON, C. R.; KOCH, K. E. Carbon cost of the fungal symbiont relative to net leaf P accumulation in a split-root VA mycorrhizal symbiosis. **Plant Physiology**, Rockville, v. 86, n. 2, p. 491-496, 1988.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA– EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS- FAO; INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS- ITPS. **Status of the world's soil resources: main report**. Roma: FAO, 2015. 608 p.
- FERREIRA, P. C.; PUPIN, B.; RANGEL, D. E. N. Stress tolerance of soil fungal communities from native Atlantic forests, reforestations, and a sand mining degraded area. **Fungal Biology**, Amsterdam, v. 133, n. 6, p. 400-409, 2018.
- FERREIRA, W. C. et al. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do rio grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007.
- FREITAS, S. S. Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas. In: SILVEIRA, A. P. D. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 1-20.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópoles, 2008. 654 p.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 234-244, 1963.

GIL, P. T. et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, dez. 2002.

GISPERT, M. et al. Seasonal evolution of soil organic matter, glomalin and enzymes and potential for C storage after land abandonment and renaturalization processes in soils of NE Spain. **Catena**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 402-413, mar. 2018.

GÓMEZ-REY, M. X. et al. Efeito da cinza de biomassa na dinâmica do C e N do solo de uma plantação de pinus pinaster. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 33, n. 2, p. 134-146, dez. 2010.

GONZAGA, M. I. S. et al. Positive and negative effects of biochar from coconut husks, orange bagasse and pine wood chips on maize (*Zea mays* L.) growth and nutrition. **Catena**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 414-420, mar. 2018.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 93-102, jan. 2002.

GUIMARÃES, T. P.; MANESCHY, R. Q. Sistemas agroflorestais pecuários com ênfase nas espécies frutíferas arbóreas e arbustivas. **Agroecossistemas**, Belém, v. 1, n. 1, p. 23-23, 2009.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, E.; GARCÍA, C. A strategy for marginal semiarid degraded soil restoration: A sole addition of compost at a high rate. A five- year field experiment. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 89, n. 1, p. 61-71, out. 2015.

HOFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. **Para entender micorrizas arbusculares**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 22 p. (Documentos, 156).

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. 9. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 350 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.

JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 118-127, jun. 2008.

JAKOBSEN, L.; ROSENDAHL, L. Carbon inflow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. **New Phytologist**, London, v. 115, n. 1, p. 77-83, 1990.

JASTROW, J. D.; AMONETTE, J. E.; BAILEY, V. L. Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. **Climatic Change**, v. 80, n. 1, p. 5-23, 2007.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal- flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

JENKINSON, D. S.; RAYNER, J. H. The turn over of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experimentes. **Soil Science**, Baltimore, v. 123, p. 298-395, 1977.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. **Soil Biochemistry**. 5.ed. New York: Marcel Decker, 1981. p. 415-471.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 42, n. 1, p. 1-13, jan. 2009.

KITAMURA, A. E. et al. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 321, n. 1, p. 405-416, 2008.

LAMBAIS, M. R. Biologia molecular do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 117-126.

LINS, G. M. L.; TRINDADE, A. V.; ROCHA, H. S. Utilização de *Gigaspora margarita* em plantas micropropagadas de bananeira em diferentes estádios de enraizamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 143-147, abr. 2003.

LÓPEZ-ARREDONDO, D. L. et al. Phosphate nutrition: Improving low- phosphate tolerance in crops. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 65, n. 1, p. 95-123, abr. 2014.

MACHADO, D. F. T.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 42-54, jun. 2014.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; CARDOSO, C. Resposta de *Pinus taeda* à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 1, n. 56, p. 43-52, jan. 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308 p.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 425-433, 2003.

MAZURANA, M. et al. Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 3, p. 288-296, jul. 2013.

MELO, W. J. Uso de resíduos na agricultura e qualidade ambiental. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 275-298.

MENDES I.C. et al. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 31 p. (Documentos, 246).

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina: Embrapa Soja, 2003. 26 p. (Documentos, 85).

MODESTO, P. T. et al. Alterações em algumas propriedades de um Latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1489-1498, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Edufla, 2006. 729 p.

NICODEMO, M. L. F. **Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade do solo em sistemas silvipastoris**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 35 p. (Documentos, 93).

NUNES, J. S. et al. Impact of land degradation on soil microbial biomass and activity in Northeast Brazil. **Pedosphere**, Benjing, v. 22, n. 1, p. 88-95, 2012.

NUNES, L. A. P. L. et al. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semiárido nordestino. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 131-140, mar. 2009.

PAULÚCIO, V. O. **Qualidade química e biológica de área degradada pela extração de argila, revegetada com eucalipto e leguminosas inoculados com micorrizas**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2007.

PEARSON, N.; ABBOTT, L. K.; JASPER, D. A. Mediation of competition between two colonizing va mycorrhizal fungi by the host plant. **New Phytologist**, London, v. 123, p. 93-98, 1993.

PIOLLI, A. L.; CELESTINI, R. M.; MAGON, R. **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas**: plantando a semente de um mundo melhor. Serra Negra: Governo do Estado de São Paulo, 2004. 55 p.

POWLSON, D. S.; BROOQUES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, n. 2, p. 159-164, 1987.

PURIN, S. **Fungos micorrízicos arbusculares**: atividade, diversidade e aspectos funcionais em sistemas de produção de maçã. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2005.

QUEIROZ, I. R.; GARCIA, A. Características químicas de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), café (*Coffea arabica* L.) e sob mata nativa: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: Fundação Procafé, 2014. p. 1-18.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RASHID, M. I. et al. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. **Microbiological Research**, Jena, v. 183, n. 1, p. 26-41, fev. 2016.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 163-176.

ROSA, M. F. et al. Valorização de resíduos da agroindústria. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAS, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Foz do Iguaçu: Sbera, 2011. v. 1, p. 98-105.

ROSA, P. A. L. et al. Recuperação de um solo de cerrado após 19 anos: Ocorrência espontânea de espécies arbóreas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 1, n. 1, p. 44-57, jul. 2014.

RUÍZ-SANCHEZ, M. et al. *Azospirillum* and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 168, n. 10, p. 1031-1037, jul. 2011.

SALA, V. M. R.; SILVEIRA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Bactérias diazotróficas associadas a plantas não-leguminosas. In: SALA, V. M. R.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p. 97-116.

SANTOS, A. A. et al. Addition of residues and reintroduction of microorganisms in *Jatropha curcas* cultivated in degraded soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 4, p. 372-377, mar. 2016.

SANTOS, E. **Relatório da FAO com participação da Embrapa revela que 33% dos solos do mundo estão degradados**. Brasília: Brasília, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8104410/relatorio-da-fao-com-participacao-da-embrapa-revela-que-33-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

SAXENA, J.; MINAXI; JHA, A. Impact of a phosphate solubilizing bacterium and an arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus etunicatum*) on growth, yield and P concentration in wheat plants. **Clean: Soil, Air, Water**, Weinheim, v. 42, n. 9, p. 1248-1252, fev. 2014.

SELEIMAN, M. F.; KHEIR, A. M.S. Saline soil properties, quality and productivity of wheat grown with bagasse ash and thiourea in different climatic zones. **Chemosphere**, Oxford, v. 193, n. 1, p. 538-546, 2018.

SILVA A. O.; SILVA W. M.; KURIHARA C. H.; MERCANTE, F. M. Spectrophotometric method for quantification of soil microbial biomass carbon. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 5, n. 1, p. 565-570, 2016.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4 p. Folhetos.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1495-1508, dez. 2001.

SILVA, J. C. S. **Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal**. 2007. 120 f. Tese (Doutorado)- Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA, M. B. et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 1755-1761, dez. 2007.

SILVA, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1585-1592, 2010.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.257-282.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 312 p.

SILVEIRA, A. P. D.; GOMES, V. F. F. Micorrizas arbusculares em plantas frutíferas tropicais. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p. 57-78.

SILVEIRA, T. **Avaliação de cinza de caldeira de indústria de concentrados de frutas cítricas sobre as propriedades de solo degradado e solo cultivado com cana-de-açúcar.** 2010. 39 f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho- UNESP, Jaboticabal, 2010.

SINGH, J. S. Microbes: The chief ecological engineers in reinstating equilibrium in degraded ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 203, n. 1, p. 80-82, maio 2015.

SIQUEIRA, J. O. et al. **Microrganismos e processos biológicos no solo: perspectiva ambiental.** Brasília: Embrapa, 1994. 142 p. (Documentos, 45).

SOUSA, H. U. et al. Nutrição de mudas de bananeira em função de substratos e doses de superfosfato simples. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 64-73, dez. 2000.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável.** 2004. 371 f. Tese (Doutorado)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAKTEK, S. et al. Trapping of phosphate solubilizing bacteria on hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* DAOM 197198. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 90, n. 1, p. 1-9, nov. 2015.

TAVARES, S. R. L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. (Documentos, 103).

TRINDADE, A. V.; LINS, G. M. L.; MAIA, I. C. S. Substratos e fungo micorrízico arbuscular em mudas micropropagadas de bananeira na fase de aclimação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 137-142, abr. 2003.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z. S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 1, n. 1, p. 68-80, 1997.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VELÁZQUEZ, M. S. et al. Combination of phosphorus solubilizing and mobilizing fungi with phosphate rocks and volcanic materials to promote plant growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Revista Argentina de Microbiología**, Buenos Aires, v. 49, n. 4, p. 347-355, out. 2017.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; ALTRAN, W. S. Nutrition and Fertilization. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Sugarcane.** Oxford: Elsevier, 2015. p. 58-88.

WADT, P. G. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradada**. Rio Branco: Embrapa, 2003. 29 p. (Documentos, 90).

WEI, Y. et al. Effect of organic acids production and bacterial community on the possible mechanism of phosphorus solubilization during composting with enriched phosphate-solubilizing bacteria inoculation. **Bioresource Technology**, New York, v. 247, n. 1, p. 190-199, jan. 2018.

ZANDONADI, J. E.; PAYOLLA, B. L.; CAÍRES, M. J. B. Recuperação de áreas degradadas na construção da UHE Tucuruí, PA. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 27., 2007, Belém. **Anais...** Belém: Comitê Brasileiro de Barragens, 2007. p. 1-17.