

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 06/04/2022

At the author's request, the full text of this thesis / dissertation will not be available online until April 6, 2022

PHILIPPE SOLANO TOLEDO SILVA

**MICRORGANISMOS E LODO DE ESGOTO COMPOSTADO NA NUTRIÇÃO E
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE BARU E GONÇALO-ALVES EM VASOS**

Botucatu

2021

PHILIPPE SOLANO TOLEDO SILVA

**MICRORGANISMOS E LODO DE ESGOTO COMPOSTADO NA NUTRIÇÃO E
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE BARU E GONÇALO-ALVES EM VASOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Horticultura)

Orientador(a): Dirceu Maximino Fernandes

Co-Orientador(a): Ana Maria Rodrigues
Cassiolato

Botucatu

2021

S586m

Silva, Philippe Solano Toledo

Microrganismos e lodo de esgoto compostado na nutrição e desenvolvimento inicial de baru e gonçalo alves em vasos / Philippe Solano Toledo Silva. -- Botucatu, 2021

94 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Dirceu Maximino Fernandes

Coorientadora: Ana Maria Rodrigues Cassiolato

1. Agronomia. 2. Produção de mudas. 3. Promotores de crescimento. 4. Lodo de esgoto. 5. Cerrado. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MICRORGANISMOS E LODO DE ESGOTO COMPOSTADO NA NUTRIÇÃO
E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE BARU E GONÇALO-ALVES EM VASOS

AUTOR: PHILIPPE SOLANO TOLEDO SILVA

ORIENTADOR: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

COORDINADORA: ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO

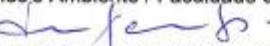
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA
(HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES (Participação Virtual)
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. IRAÊ AMARAL GUERRINI (Participação Virtual)
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof.^a Dr.^a KÁTIA LUCIENE MALTONI (Participação Virtual)
Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Botucatu, 06 de abril de 2021

Aos meus queridos e amados pais,

Maria Aparecida e Aparecido,

dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus queridos pais pelo carinho, confiança e apoio incondicional.

À Universidade Estadual Paulista, Campi de Botucatu e de Ilha Solteira, pela oportunidade oferecida por meio do curso de pós-graduação, contribuindo para o crescimento na minha formação profissional e científica.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos Professores Dr. Dirceu Maximino Fernandes e Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato, orientador e co-orientadora, respectivamente, pela paciência, confiança e ensinamentos, possibilitando o desenvolvimento destes trabalhos.

À Professora Dra. Kátia Luciene Maltoni, pela paciência, disponibilidade e conselhos.

Ao Professor Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pelo fornecimento do inóculo de *Bacillus subtilis*.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), do Laboratório de Fertilidade do Solo, Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas e Metais Pesados e Laboratório de Monitoramento Ambiental, pelo apoio técnico.

Aos técnicos dos Laboratórios de Pedologia do Solo e de Microbiologia do Solo, Diego Gonçalves Feitosa e José Antônio Agustini, pelo suporte e apoio técnico.

À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) pelo fornecimento do Lodo de Esgoto.

Às meninas do Laboratório de Pedologia do Solo, Thais Boni, Beatriz e Isabela pela ajuda no preparo de soluções e auxílio nas análises laboratoriais.

Ao meu amigo Patrick Ferreira, que desde o ensino fundamental até a pós graduação, sempre foi solícito, me ajudando com o que precisei.

À Macela Caetano e Alessandro Zabotto, pela amizade, conselhos e ajuda com as análises experimentais.

A Adrielle Prates “Martinha”, Maria Luana, Aline, Thays, Livian e Ana Paula, pela amizade e por dividirem comigo os momentos bons e ruins.

Aos meus companheiros de república, pela amizade e companheirismo.

Aos meus amigos e companheiros da equipe de Handebol da Faculdade de Medicina de Botucatu, por me receberem e dividirem comigo as alegrias, tristezas e o amor por este esporte. À vocês a minha eterna gratidão.

RESUMO

O Cerrado brasileiro apresenta grande diversidade de plantas, como o Baru e Gonçalves-Alves. Os Latossolos são predominantes e se caracterizam pela acentuada acidez e reduzida disponibilidade de alguns nutrientes, como o fósforo (P). Este e outros nutrientes limitantes, podem ser suplementados à cultura por meio da adição de resíduos orgânicos. Aliados à inoculação de microrganismos, os resíduos podem desempenhar papéis importantes no estabelecimento de plantas em diferentes ambientes. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de Baru e Gonçalves-Alves, por meio do aumento da disponibilidade de nutrientes (como o P), proveniente da adubação com lodo de esgoto compostado, somados ou não à inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal (*Bacillus subtilis* e o fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Glomus clarum*), em vasos. Os experimentos foram conduzidos por espécie vegetal, em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA-Unesp Botucatu). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, sendo: 2 tratamentos com lodo de esgoto compostado (com e sem) e 4 tratamentos de inoculação de microrganismos (Controle, *B. subtilis*, *Gl. clarum* e *B. subtilis* + *Gl. clarum*), com 5 repetições e 1 muda por vaso. Transcorridos 150 dias do transplante, as mudas foram avaliadas para os seguintes parâmetros: massa fresca e seca da parte aérea; diâmetro do coleto; altura de plantas; número de folhas; índice de qualidade de mudas; massa fresca e seca das raízes; área de superfície; volume, comprimento total e diâmetro médio das raízes; teor relativo de clorofila foliar; fotossíntese líquida; transpiração e condutância estomática; colonização radicular e número de esporos de FMA; colonização radicular por endófitos septados escuros e carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado. O Baru mostra ser uma espécie pouco exigente em adubação, especialmente em P, para o seu crescimento inicial, contudo a inoculação de microrganismos, especialmente o FMA, favoreceu o desenvolvimento inicial da planta. A inoculação de microrganismos e a adição do lodo de esgoto compostado atuaram de forma positiva no desenvolvimento inicial de Gonçalves-Alves, na colonização radicular e na atividade microbiana do solo.

Palavras-chave: *Dipteryx alata* Vogel; *Astronium faxinifolium* Schott.; micorriza arbuscular; *Bacillus subtilis*; promotores de crescimento; cerrado.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado has a great diversity of plants, including the Baru and Gonçalves-Alves trees. In this biome, Oxisols are predominant and are characterized by pronounced acidity and reduced availability of some nutrients, including phosphorus (P). This and other limiting nutrients for plant development, can be supplemented to the crop through the addition of organic residues. Combined with the inoculation of microorganisms, residues can play important roles in the establishment of plants in different environments. The objective of this study was to evaluate the initial development of Baru and Gonçalves-Alves seedlings, by increasing the availability of nutrients (such as P), from fertilization with composted sewage sludge, added or not to the inoculation of plant growth promoting microorganisms (*Bacillus subtilis* and arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Glomus clarum*), in pots. The experiments were carried out by plant species, in a greenhouse, at the Faculty of Agronomic Sciences (FCA-Unesp Botucatu). The experimental design was randomized blocks in a 2 x 4 factorial scheme being: 2 treatments with composted sewage sludge (with and without) and 4 treatments of inoculation of microorganisms (Control, *B. subtilis*, *Gl. clarum* and *B. subtilis* + *Gl. clarum*), with 5 repetitions and 1 plant per pot. After 150 days of transplanting, seedlings were evaluated by the following parameters: fresh and dry shoot weight; stem diameter; plant height; number of leaves; seedling quality index; fresh and dry weight and root area surface; volume, total length and mean root diameter; relative chlorophyll content; liquid photosynthesis; transpiration and stomatal conductance; root colonization and number of AMF spores; root colonization by dark septate endophytes and released CO₂ (CO₂-C) carbon. Baru shows to be a less demanding species in fertilization, especially in P, for its initial growth, however the inoculation of microorganisms, especially the AMF, favored the initial development of the plant. The inoculation of microorganisms and the addition of composted sewage sludge were positive for the initial development of Gonçalves-Alves, root colonization and soil microbial activity.

Keywords: *Dipteryx alata* Vogel; *Astronium faxinifolium* Schott; arbuscular mycorrhiza; *bacillus subtilis*; growth promoter, cerrado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área experimental.....	33
Figura 2 -	Valores médios de temperatura (°C), Umidade Relativa (%) e precipitação total (mm), ao longo do período experimental (maio a outubro/2020) (Botucatu-SP, 2020).....	34
Figura 3 -	Lodo de esgoto e bagaço de cana-de-açúcar (1:1) sendo compostado em estufa coberta (A). Equipamento utilizado para revirar o material, auxiliando na homogeneização e secagem (B). Pesagem dos vasos contendo solo coletado (C) (Botucatu-SP, 2020).....	35
Figura 4 -	Lodo de esgoto e bagaço de cana-de-açúcar (1:1) sendo compostado em estufa coberta (A). Equipamento utilizado para revirar o material, auxiliando na homogeneização e secagem (B). Pesagem dos vasos contendo solo coletado (C) (Botucatu-SP, 2020).....	37
Figura 5 -	Coleta de sementes (A, C) e secagem (B, D) de Baru e de Gonçalves-Alves, respectivamente, em Ilha Solteira-SP, 2020.....	37
Figura 6 -	Sementes sendo preparadas para germinação em areia lavada (A). Remoção do pericarpo das sementes de Baru (B). Mudanças de Baru prontas para o transplante (C) e transplantada no vaso (D). Mudanças de Gonçalves-Alves prontas para o transplante (E) e transplantada em vaso (F). Experimentos instalados para Baru (G) e para Gonçalves-Alves (H) (Botucatu-SP, 2020).....	38
Figura 7 -	Análise de teor relativo de clorofila (SPAD) em Gonçalves-Alves (A) e Baru (B). Medições de diâmetro do coleto em Gonçalves-Alves (C) e Baru (D) (Botucatu-SP, 2020).....	39
Figura 8 -	Avaliação de trocas gasosas usando o analisador de gases no infravermelho (IRGA) modelo LI-6400XT da LI-COR® em Gonçalves-Alves (A) e Baru (B) (Botucatu-SP, 2020).....	40
Figura 9 -	Contagem de esporos em placa de acrílico com anéis concêntricos sob microscópio estereoscópio (A). Raízes sendo preparadas para iniciar o processo (B) e passando pelo processo de descoloração em banho maria a 90 °C (C). Azul de tripan sendo adicionado às amostras, para coloração em banho maria a 90 °C (D). Preparação de lâminas, para análise em microscopia óptica (E) (Botucatu-SP, 2020).....	41

Figura 10 -	Frascos sendo vedados (A) e vedados com tampa e fita isolante (B) para a quantificação do carbono do CO ₂ liberado (Botucatu-SP, 2020).....	42
Figura 11 -	Mudas de Baru sem adição de lodo e sem inoculação de microrganismos nos vasos à esquerda (controle), comparados aos demais tratamentos à direita: sem lodo, com <i>B. subtilis</i> (A), sem lodo, com <i>Gl. clarum</i> (B), sem lodo, com co-inoculação de <i>B. subtilis</i> + <i>Gl. clarum</i> (C). Controle (D) comparados aos demais tratamentos com lodo mas sem inoculação (E), com lodo e <i>B. subtilis</i> (F), com lodo e <i>Gl. clarum</i> (G), com lodo e co-inoculação de <i>B. subtilis</i> + <i>Gl. clarum</i> (H) (Botucatu-SP, 2020).....	54
Figura 12 -	Presença de estruturas fúngicas do fungo micorrízico arbuscular (FMA) <i>Glomus clarum</i> e e dos fungos endofíticos septados escuros (DSE) em raízes de Baru sob microscopia ótica (aumento 40x). A) Hifas e arbúsculos de FMA, B) Hifas e vesículas de FMA, C) Hifas septadas de DSE e hifas de FMA, D) Arbúsculos e vesículas de FMA (Botucatu-SP, 2020).....	59
Figura 13 -	Mudas de Gonçalves-Alves sem adição de lodo e sem inoculação de microrganismos sempre nos vasos à esquerda (controle), comparados aos demais tratamentos à direita: sem lodo, com <i>B. subtilis</i> (A), sem lodo, com <i>Gl. clarum</i> (B), sem lodo, com co-inoculação de <i>B. subtilis</i> + <i>Gl. clarum</i> (C), com lodo mas sem inoculação (D), com lodo e <i>B. subtilis</i> (E), com lodo e <i>Gl. clarum</i> (F), com lodo e co-inoculação de <i>B. subtilis</i> + <i>Gl. clarum</i> (G) (Botucatu-SP, 2020).....	71
Figura 14 -	Lesões (A) e escurecimento foliares de mudas de Gonçalves-Alves, anteriormente ao transplante em vasos (Botucatu-SP, 2020).....	74
Figura 15 -	Mudas de Gonçalves-Alves no início de crescimento (Botucatu-SP, 2020).....	75
Figura 16 -	Presença de estruturas fúngicas de FMA e DSE em raízes de Gonçalves-Alves, sob microscopia ótica (aumento 40x). A) Hifas e vesículas de FMA, B) Hifas e vesículas de FMA, C) Vesículas de FMA e D) Hifas septadas e microescleródios de DSE (Botucatu-SP, 2020).....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Caracterização química inicial do solo utilizado (Botucatu-SP, 2020).....	35
Tabela 2 -	Caracterização química do lodo de esgoto compostado com bagaço de cana-de-açúcar proporção 1:1 (v/v) utilizado como substratos para os experimentos (Botucatu-SP, 2020).....	36
Tabela 3 -	Caracterização química do solo para pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P_{resina}), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al^{3+}), capacidade de troca catiônica (CTC) e soma de bases (SB), sem e com adição de lodo de esgoto compostado e inoculação dos microrganismos <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i> , aos 150 dias do transplântio das mudas do Baru (Botucatu-SP, 2020).....	43
Tabela 4 -	Caracterização química do solo para enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e saturação de bases (V%) sem e com adição de lodo de esgoto compostado e inoculação dos microrganismos <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i> , aos 150 dias do transplântio das mudas do Baru (Botucatu-SP, 2020).....	44
Tabela 5 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), diâmetro do coleto (DC), altura (ALT), número de folhas (NF) e índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD), para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	45
Tabela 6 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com ou sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> – BS e <i>Glomus clarum</i> – GC) para massa fresca da parte aérea, diâmetro do coleto e índice de qualidade de mudas de Dickson, aos 150 dias do transplântio das mudas de Baru (Botucatu-SP, 2020).....	46
Tabela 7 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR), área de superfície das raízes (ASR), volume de raízes (VR), comprimento total das raízes (CTR) e diâmetro médio das raízes (DMR), para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	48
Tabela 8 -	nterações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com ou sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para massa fresca das raízes, área de superfície das raízes,	

	volume das raízes, comprimento total das raízes e diâmetro médio das raízes de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	49
Tabela 9 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para teor relativo de clorofila (SPAD), fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática (gS), para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	50
Tabela 10 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	51
Tabela 11 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) da parte aérea para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	52
Tabela 12 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para nitrogênio e cálcio de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	53
Tabela 13 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) da parte aérea para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	55
Tabela 14 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para colonização radicular por fungo micorrízico arbuscular (FMA - COL AM) e por fungo endofítico septado escuro (COL DSE), número de esporos de FMA (NESP) e carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	57
Tabela 15 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para colonização radicular por fungo micorrízico arbuscular (FMA) e por fungo endofítico septados escuros (DSE), número de esporos de FMA <i>Gl. clarum</i> e carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado de mudas de Baru, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	58

Tabela 16 -	Caracterização química do solo ao final do experimento, para pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P_{resina}), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al^{3+}), capacidade de troca catiônica (CTC) e soma de bases (SB) sem e com adição de lodo de esgoto compostado e inoculação de microrganismos <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i> , aos 150 dias do transplântio das mudas do Gonçalves-Alves (Botucatu-SP, 2020).....	61
Tabela 17 -	Caracterização química do solo ao final do experimento, para enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e saturação de bases (V%) sem e com adição de lodo de esgoto compostado e inoculação de microrganismos <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i> , aos 150 dias do transplântio das mudas do Gonçalves-Alves (Botucatu-SP, 2020).....	62
Tabela 18 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), diâmetro do coleto (DC), altura (ALT), número de folhas (NF) e índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	63
Tabela 19 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, diâmetro do colmo, número de folhas e índice de qualidade de mudas de Dickson de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	64
Tabela 20 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR), área de superfície das raízes (SR), volume de raízes (VR), comprimento total (CTR) e diâmetro médio de raízes (DMR), para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	65
Tabela 21 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para massa fresca de raízes, massa seca de raízes, área de superfície, volume de raízes e comprimento total das mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	66
Tabela 22 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para teor relativo de clorofila (SPAD), fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática (gS), para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplântio (Botucatu-SP, 2020).....	67

Tabela 23 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplante (Botucatu-SP, 2020).....	68
Tabela 24 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre da parte aérea para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplante (Botucatu-SP, 2020).....	69
Tabela 25 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para os teores de fósforo e cálcio da parte aérea de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplante (Botucatu-SP, 2020).....	70
Tabela 26 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco da parte aérea para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplante (Botucatu-SP, 2020).....	72
Tabela 27 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para Boro, Ferro e Manganês de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplante (Botucatu-SP, 2020).....	73
Tabela 28 -	Médias, valores de F e coeficientes de variação (CV) para colonização radicular por fungo micorrízico arbuscular (COL FMA) e pelo fungo endofítico septado escuro (COL DSE), número de esporos de FMA (NESP) e carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado para os fatores inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Glomus clarum</i>) e lodo de esgoto compostado (com ou sem) de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplante (Botucatu-SP, 2020).....	75
Tabela 29 -	Interações significativas entre adição de lodo de esgoto compostado (com e sem) e inoculação (<i>Bacillus subtilis</i> - BS e <i>Glomus clarum</i> - GC) para colonização radicular por fungo micorrízico arbuscular (FMA) e por fungo endofítico septados escuros (DSE), número de esporos de FMA <i>Gl. clarum</i> e carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado de mudas de Gonçalves-Alves, aos 150 dias do transplante (Botucatu-SP, 2020).....	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1	O Cerrado e a recuperação de áreas degradadas.....	24
2.2	O fósforo em solos de cerrado.....	25
2.3	As espécies arbóreas.....	26
2.4	Utilização de lodo de esgoto compostado na agricultura.....	28
2.5	O fungo micorrízico arbuscular (<i>Glomus clarum</i> Nicolson & Schenck).....	29
2.6	O gênero <i>Bacillus</i>.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Localização e caracterização da área experimental.....	33
3.2	Delineamento experimental.....	34
3.3	Instalação e condução do experimento.....	34
3.4	Avaliações dos experimentos.....	39
3.5	Análise estatística.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1	Experimento com o Baru.....	43
4.2	Experimento com o Gonçalo-Alves.....	61
5	CONCLUSÕES.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma da América Latina, abrange cerca de 22% do território nacional, estando presente nos estados como Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e São Paulo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019), onde está localizado o município de Botucatu. Nesta região, os remanescentes de vegetações naturais ocorrem de forma fragmentada, encontrando-se áreas de floresta estacional semidecidual, florestas ripárias, cerradão e cerrado (JORGE; MOREIRA, 2000).

Considerado como um dos “hotspots” mundiais de biodiversidade (SANO et al., 2019), o Cerrado apresenta grande diversidade de plantas endêmicas. No entanto, apenas cerca de 8,6% de seu território é legalmente protegido por unidades de conservação (VIEIRA; PRESSEY; LOYOLA; 2019), colocando inúmeras espécies vulneráveis a extinção devido a ações antrópicas (CARRANZA et al., 2014). Dentre estas estão o Barú (*Dipteryx alata* Vogel) e o Gonçalves-Alves (*Astronium fraxinifolium* Schott).

O Barú é uma árvore frutífera de grande importância ecológica, sendo classificada como espécie-chave deste bioma, uma vez que seu fruto amadurece na época da seca, mostrando-se importante tanto para alimentação humana, quanto para a fauna da região (VIEIRA; CAMILLO; CORADIN, 2016; FRAGUAS et al., 2014). Outro aspecto relevante são suas propriedades medicinais (SILVÉRIO; CASTRO; MIRANDA, 2013) presentes em sua castanha. Outra arbórea nativa com relevante potencial econômico é o Gonçalves-Alves, em decorrência das propriedades medicinais encontradas em suas folhas, cascas e raízes (LEITE, 2002; MACEDO; FERREIRA, 2004). Ambas as espécies são indicadas para projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (MIZOBATA; CASSIOLATO; MALTONI, 2017) por serem bem adaptadas às condições do Cerrado.

Contudo, para garantir o sucesso na recuperação de áreas degradadas no Cerrado, onde os solos são bastante intemperizados e nutricionalmente pobres (AGEGNEHU; AMEDE, 2017), é necessário muito conhecimento sobre as limitações nutricionais (CRUZ et al., 2011) e sobre o comportamento das espécies vegetais em diferentes condições abióticas, de forma que sua reintrodução seja feita segundo as suas aptidões de sobrevivência e estabelecimento em campo. Estudos sobre as

respostas das plantas às diferentes condições ambientais, às adequadas fontes e doses de nutrientes são fundamentais para amparar as diversas etapas do processo de restauração de áreas degradadas (CALDEIRA et al., 2012).

Em regiões de Cerrado, o fósforo (P) é considerado um nutriente limitante ao desenvolvimento de plantas (ALEIXO et al., 2020). Sua participação em processos como a fotossíntese, divisão e crescimento celular (CARSTENSEN et al., 2018), auxiliam no desenvolvimento vegetal inicial. No solo, o P é encontrado na forma insolúvel e grande parte dos fosfatos inorgânicos, aplicados na forma de fertilizantes minerais, são rapidamente imobilizados, tornando-se indisponíveis. A maioria dos fertilizantes minerais fosfatados são provenientes de fontes não renováveis (PANTANO et al., 2016), portanto, novas biotecnologias sustentáveis que possibilitem suprir parte da necessidade da planta por este e outros nutrientes, é imprescindível.

O uso de resíduos industriais ou agrícolas, gerados ao longo do processo de formação de matérias primas, como fonte de nutrientes para diferentes culturas agrícolas (ABREU-JUNIOR et al., 2017; RAHEEM et al., 2018) é uma prática mais recentemente difundida. Dentre os vários resíduos existentes tem-se o lodo de esgoto que, para sua correta utilização, deve passar por diversos tratamentos para remoção ou redução de patógenos (KACPRZAK et al., 2017), adequando-se aos critérios das legislações vigentes. Após o tratamento, o lodo de esgoto, agora compostado com bagaço de cana-de-açúcar, se mostra uma alternativa viável e um importante adubo, com capacidade para fornecer de matéria orgânica (MO), P e outros nutrientes às plantas (TYAGI; LO, 2013; LOBO et al., 2013).

Aliado ao manejo de adubação, tem-se as biotecnologias sustentáveis como os microrganismos promotores de crescimento de plantas. Os fungos simbiotes micorrízicos arbusculares (FMA), por meio de sua rede de hifas, exploram o solo por água e nutrientes como nitrogênio (N), zinco (Zn) e P, especialmente, que serão transferidos aos hospedeiros, se necessário. Bactérias conhecidas como promotoras de crescimento de vegetal (BPCV), como as do gênero *Bacillus*, têm mostrado, por diferentes mecanismos, auxiliar no estabelecimento vegetal nos mais diversos ambientes (GUADARRAMA et al., 2014; MÁRQUEZ; BLANCO; ARANGUREN, 2020).

Assim, diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de Baru e Gonçalo-Alves, por meio do aumento da disponibilidade de nutrientes (como o P), proveniente da adubação com lodo de esgoto compostado, somados ou não à inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal (*Bacillus subtilis* e o FMA *Glomus clarum*, em vasos.

5 CONCLUSÕES

O Baru, diferente do Gonçalo-Alves, mostra pouca exigência em P para o crescimento inicial.

Na ausência de lodo compostado, nas mudas de Baru, a inoculação de microrganismos proporciona incrementos para massa fresca, área de superfície, volume e comprimento total de raízes, fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática. A inoculação de *Gl. clarum* eleva o número de esporos de FMA no solo e o C-CO₂ liberado, enquanto *Gl. clarum* e *B. subtilis* elevam a colonização radicular pelos FMA e DSE

A adição de lodo compostado, associados a inoculação de microrganismos aumenta os teores de P, S e Zn no solo, enquanto sem inoculação, foram mais altos os teores N, K, Ca, S e Zn da parte aérea das mudas de Baru

A adição de lodo compostado eleva os teores de N, P, Mg, S, Mn e Zn na parte aérea das mudas e, quando associada à inoculação de microrganismos, especialmente *Gl. clarum*, proporciona incrementos nas variáveis relacionadas ao crescimento da parte aérea e do sistema radicular, na colonização por FMA e DSE e nos teores de C-CO₂ liberado, em mudas de Gonçalo-Alves

A inoculação de microrganismos (*B. subtilis* ou *Gl. clarum*) isoladamente ou somados à adição de lodo compostado, incrementou os valores de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática das mudas de Gonçalo-Alves

Na ausência de lodo houve incrementos para K, B e Fe nas mudas de Gonçalo-Alves

REFERÊNCIAS

- ABREU-JUNIOR, C.H.; FIRME, L.P.; MALDONADO, C.A.B.; NETO, S.P.M.; ALVES, M.C.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; GAVA, J.L.; HE, Z.; NOGUEIRA, T.A.R.; CAPRA, G.F. Fertilization using sewage sludge in unfertile tropical soils increased lwood production in *Eucalyptus* plantations. **Journal of Environmental Management**, v. 203, n. 1, p. 51-58, 2017.
- AGEGNEHU, G.; AMEDE, T. Integrated Soil Fertility and Plant Nutrient Management in Tropical Agro-Ecosystems: A Review. **Pedosphere**, v. 27 n. 4, p. 662-680, 2017.
- AIZAWA, S.I. *Bacillus subtilis* – The Representative of Gram-Positive Bacteria. In: AIZAWA, S.I. **The Flagellar World**. Electron Microscopic Images of Bacterial Flagella and Related Surface Structures. 1 ed. Cambridge: Academy Press, 2014.
- ALEIXO, S.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, E.C.; SCHRIPSEMA, J. Can soil phosphorus availability in tropical forest system be increased by nitrogen-fixing leguminous trees? **Science of the Total Environment**, v. 712, p. 136405, 2020.
- ALMEIDA, E.L.; GOULART, G.A.S.; NETO, S.C.; CHIERICE, G.O.; SIQUEIRA, A.B. Preparação e caracterização de poliuretanos contendo diferentes quantidades de óleo de baru. **Polímeros**, v. 26, n. 2, p. 176-184, 2016.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, K.C.S.; ALMEIDA, M.E.M.; GLORIA, J.C.; SANTOS, F.A.; PEREIRA, K.D.; CASTRO, D.P.; MARIÚBA, L.A.M. *Bacillus subtilis*: uma versátil ferramenta biotecnológica. **Scientia Amazonia**, v. 7, n. 2, p. 15-23, 2018.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, p. 471-479, 1989.
- ARAÚJO, G.M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in Central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 7-12, p. 1075-4089, 1988.
- ARAÚJO, F.F.; HENNING, A.A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 21, n. 8, p. 1639-1645, 2005.
- ASMELASH, F.; BEKELE, T.; BELAY, Z. Comparative field survival and growth of selected Ethiopian native tree species and the effect of whole soil arbuscular mycorrhizal fungi inoculation. **Horticulture and Forestry**, v. 11, n. 2, p. 19-31, 2019.
- BAGO, B.; PFEFFER, P.E.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. **Plant Physiology**, v. 124, n. 3, p. 949-958, 2000.

BAHUGUNA, R.N.; JAGADISH, K.S.V. Temperatura regulation of plant phenological development. **Environmental and Experimental Botany**, v. 111, n. 1, p. 83-90, 2015.

BARBER, S.A. **Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach**. New York: Wiley. 1995, 414 p.

BENEDETTI, T.; ANTONIOLLI, Z.I.; GIRACCA, E.M.N.; STEFFEN, R.B. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 44-51, 2005.

BERTI, C.L.F.; KAMADA, T.; SILVA, M.P.; MENEZES, J.F.S.; OLIVEIRA, A.C.S. Crescimento de mudas de baru em substratos enriquecido com nitrogênio, fósforo e potássio. **Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 2, p. 191-202, 2017.

BEZERRA, F.B.; OLIVEIRA, M.A.C.; PEREZ, D.V.; ANDRADE, A.G.; MENEGUELLI, N.A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 469-476, 2006.

BIN, L.; GUAN-LIN, X.; SOAD, A.; COOSEMANS, J. Suppression of *Meloidogyne javanica* by antagonistic and plant growth-promoting rhizobacteria. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, v. 6, n. 6, p. 496-501, 2005.

BONI, T.S.; MALTONI, K.L.; BUZETTI, S.; CASSIOLATO, A.M.R. Avaliação comparativa do estado nutricional de mudas de baru (*Dipteryx alata*). **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 109-121, 2016.

BONINI, C.S.B.; ALVES, M.C.; MONTANARI, R. Recuperação da estrutura de um Latossolo vermelho degradado utilizando lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 34-42, 2015.

BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A.C.; MALAVASI, M.M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de baru, *Dipteryx alata* Vogel (baru), **CERNE**, v. 6, n. 1, p. 9-18, 2000.

BRAGA JÚNIOR, G.M.; CHAGAS JÚNIOR, A.F.; CHAGAS, L.F.B.; CARVALHO FILHO, M.R.; MILLER, L.O.; SANTOS, G.R. Controle biológico de fitopatógenos por *Bacillus subtilis* *in vitro*. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 3, p. 45-51, 2017.

BRAKO, L.; ZARUCCHI, J.L. Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. **Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden**, v. 45, n. 4, p. 1-1286, 1993.

BRODRIBB, T.J.; HOLBROOK, N.M. Water stress deforms tracheids periphera to the leaf vein of a tropical conifer. **Plant Physiology**, v. 137, n. 3, p. 1139-1146, 2005.

CALDEIRA, M.V.W.; PERONI, L.; GOMES, D.R.; DELARMELINA, W.M.; TRAZZI, P.A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para produção de muda de timbó (*Ateleia glazoviana* Baill). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.

CALDEIRA JÚNIOR, C.F.C.; SOUZA, R.A.; SANTOS, A.M.; SAMPAIO, R.A.; MARTINS, E.R. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium*

fraxinifolium Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicate de cálcio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 213-218, 2009.

CAPUANI, S.; RIGON, J.P.G.; BELTRÃO, N.E.M.; BRITO NETO, J.F. Atividade microbiana em solos, influenciada por resíduos de algodão e torta de mamona. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 1269-1274, 2012.

CAMPELO, D.H.; LACERDA, C.F.; SOUSA, J.A.; BEZERRA, A.M.E.; ARAÚJO, J.D.M.; NEVES, A.L.R.; SOUSA, C.H.C. Características morfofisiológicas foliares e estado nutricional de seis espécies lenhosas em função da disponibilidade de água no solo. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 924-936, 2018.

CAMPELO, D.H.; LACERDA, C.F.; SOUSA, J.A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A.M.E.; ARAUJO, J.D.M.; NEVES, A.L.R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 973-983, 2015.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 6, p. 631-637, 2009.

CARRANZA, T.; BALMFORD, A.; KAPO, V.; MANICA, A. Protected area effectiveness in reducing conversion in a rapidly vanishing ecosystem: the Brazilian Cerrado. **Conservation Letters**, v. 7, n. 3, p. 216-223, 2014.

CARRENHO, R.; TRUFEM, S.F.B.; BONONI, V.L.R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera de três espécies de fitobiontes instaladas em áreas de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 1, p. 115-124, 2001.

CARSTENSEN, A.; HERDEAN, A.; SCHMIDT, S.B.; SHARMA, A.; SPETEA, C.; PRIBIL, M.; HUSTED, S. The impacts of Phosphorus Deficiency on the Photosynthetic Electron Transport Chain. **Plant Physiology**, v. 177, p. 271-284, 2018.

CASTILLO-GONZÁLEZ, J.; OJEDA-BARRIOS, D.; HERNÁNDEZ-RODRIGUEZ, A.; GONZÁLEZ-FRANCO, A.C.; ROBLES-HERNÁNDEZ, L.; LÓPEZ-OCHOA, G.R. Zinc metalloenzymes in plants. **Interciencia**, v. 43, n. 4, p. 242-249, 2018.

CHAPARRO, J.M.; BADRI, D.V.; BAKKER, M.G.; SUGIYAMA, A.; MANTER, D.K.; VIVANCO, J.M. Root exudation of phytochemicals in Arabidopsis follows specific patterns that are developmentally programmed and correlated with soil microbial functions. **Plos One**, v. 8, p. 55731-55735, 2013.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994. p. 383-418.

CONCEIÇÃO, G.M.; RUGGIERI, A.C.; ARAUJO, M.F.V.; CONCEIÇÃO, T.T.M.M.; CONCEIÇÃO, M.A.M.M. Plantas do cerrado: comercialização, uso e indicação terapêutica fornecida pelos raizeiros e vendedores, Teresina, Piauí. **Scientia Plena**, v. 7, n. 12, p. 1-6, 2011.

CRAFTS-BRANDNER, S.J.; SALVUCCI, M.E. Sensitivity of Photosynthesis in a C4 Plant, Maize, to Heat Stress. **Plant Physiology**, v. 129, p. 1773-1780, 2002.

CRUZ, C.A.F.; CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L. Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 983-995, 2011.

CRUZ, C.V. **Produção e eficiência agrônômica de composto orgânico bioestabilizado enriquecido com fósforo a partir de lodo de esgoto**. 111 f. Tese de Doutorado em Agronomia (Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

CUI, L.; GUO, F.; ZHANG, J.L.; YANG, S.; MENG, J.J.; GENG, Y.; WANG, Q.; LI, X.G.; WAN, S.B. Arbuscular mycorrhizal fungi combined with exogenous calcium improves the growth of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings under continuous cropping. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 2, p. 407-416, 2019.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DUBOC, E.; GUERRINI, I.A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de matas de galeria no domínio do cerrado em resposta a fertilização. **Energia na Agricultura**, v. 22, n. 1, p. 42–60, 2007.

FELFILI, J.M.; NOGUEIRA, P.E.; SILVA-JÚNIOR, M.C. Composição florística e fitossociologia do Cerrado sentido restrito no município de Água Boa-MT. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 1, p. 103-112, 2002.

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed., Viçosa, 2018. 670 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FILGUEIRAS, T.S.; SILVA, E. Estudo preliminar do Baru (Leg. Faboideae). **Brasil Florestal**, v. 6, n. 22, p. 33-39, 1975.

FONSECA, É.P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N.A.N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p.515-523, 2002.

FRAGUAS, R.M.; SIMÃO, A.S.; LEAL, R.S.; SANTOS, C.M.; ROCHA, D.A.; TAVARES, T.S.; MARQUES, T.R.; DUARTE, M.H.; MARCUSSI, S.; ABREU, C.M.P. Chemical composition of processed baru (*Dipteryx alata* Vog.) almonds: Lyophilization and roasting. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 13, p. 1061-1069, 2014.

FREITAS, E.C.S.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; NETO, S.N.O. Crescimento de mudas de *Dipteryx alata* sob adubação fosfatada e calagem. **Ambiência**, v. 14, n. 2, p. 267-281, 2018.

GAI, J.; GAO, W.; LIU, L.; CHEN, Q.; FENG, G.; ZHANG, J.; CHRISTIE, P.; LI, X. Infectivity and community composition of arbuscular mycorrhizal fungi from different soil depths in intensively managed agricultural ecosystems. **Journal of Soils and Sediments**, v.15, n. 5, p. 1200-1211, 2015.

- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A.S. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 893-901, 2005.
- GEHRING, C.A.; STHULTZ, C.M.; FLORES-RENTERIA, L.; WHIPPLE, A.V.; WHITHAM, T.G. Tree genetics defines fungal partner communities the may confer drought tolerance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 42, p. 11169-11174, 2017.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of micorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of British Mycology Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2011. 116 p.
- GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F.; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 137-153, 2004.
- GUADARRAMA, P.; CASTILLO, S.; RAMOS-ZAPATA, J.A.; HERNÁNDEZ-CUEVAS, L.V.; CAMARGO-RICALDE, S.L. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in changing environments: The effects of seasonality and anthropogenic disturbance in a seasonal dry forest. **Journal of Soil Ecology**, v. 57, n. 2, p. 87-95, 2014.
- GRÜNIG, C.R.; QUELOZ, V.; SIEBER, T. N Structure of diversity in dark septate endophytes: from species to genes. In: PIRTTILÄ, A.M.; FRANK, C. (Ed.) **Endophytes of forest trees: biology and applications**. Berlin: Springer, 2011. p. 3-30. (Springer Forestry Series, 80).
- HAASE, R.; HIROOKA, R.Y. Structure, composition and small litter dynamics of a semi-deciduous forest in Mato Grosso, Brazil. **Flora**, v. 193, n. 2, p. 141-147, 1998.
- HARIDASSAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 183-195, 2008.
- HARSHEM, A.; TABASSUM, B.; ABDALLAH, E.F. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1291-1297, 2019.
- HASHEM, A.; ABD_ALLAH, E.F.; ALQARAWI, A.A.; AL-HUQAIL, A.A.; WIRTH, S.; EGAMBERDIEVA, D. The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and endophytic bacteria enhances plant growth of *Acacia gerrardii* under salt stress. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1089, 2016.
- HINSINGER, P.; BETENCOURT, E.; BERNARD, L.; BRAUMAN, A.; PLASSARD, C.; SHEN, J.; TANG, X.; ZHANG, F. P for two, sharing a scarce resource: Soil Phosphorus Acquisition in the Rhizosphere of Intercropped Species. **Plant Physiology**, v. 156, n. 3, p. 1078-1086, 2011.

HONÓRIO, A.B.M.; LOPES, M.B.S.; SIEBENEICHLER, S.C.; SOUZA, C.M.; LEAL, T.C.A.B. Análise de crescimento e parâmetros fisiológicos em mudas de *Dipteryx alata* Vogel. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 12, n. 1, p. 41-52, 2019.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.

JARDIM, A.; KILLEEN, T.J.; FUENTES, A. **Guía de los árboles y arbustos del bosque seco chiquitano**, Santa Cruz, Bolívia: FAN, 2003. 324 p.

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

JORGE, L.A.B.; MOREIRA, M.P. Padrões da fragmentação do habitat na Cuesta de Botucatu (SP). **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 141-157, 2000.

JUMPPONEN, A. Dark septate endophytes: Are They mycorrhizal? **Mycorrhiza**, v. 11, n. 4, p. 207-211, 2001.

JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J.M. Dark-septate root endophytes: A review with special reference to facultative biotrophic symbiosis. **New Phytologist**, v. 140, n. 2, p. 295-310, 1998.

KABIR, Z.; O'HALLORAN, I.P.; HAMEL, C. The proliferation of fungal hyphae in soils supporting mycorrhizal and non-mycorrhizal plants. **Mycorrhiza**, v. 6, n. 6, p. 477-480, 1996.

KACPRZAK, M.; NECZAJ, E.; FIJALKOWSKI, K.; GROBELAK, A.; GROSSER, A., WORWAG, M.; RORAT, A.; BRATTEBO, H.; ALMAS, A.; SINGH, B.R. Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental Research**, v. 156, p. 39-46, 2017.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4ª ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2004. 173 p.

KILPELAINEN, J.; APHALO, P.J.; LEHTO, T. Temperature affected the formation of arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhizas in *Populus angustifolia* seedlings more than a mild drought. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 146, article ID 107798, 2020.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

LACERDA, K.A.P.; SILVA, M.M.S.; CARNEIRO, M.A.C.; REIS, E.F.; SAGGIN-JUNIOR, O.J. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do cerrado. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 377-386, 2011.

LAMASTRA, L.; SUCIU, N.A.; TREVISAN, M. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potencial use as fertilizer. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 5, n. 10, p. 1-6, 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531 p.

LEITE, E.J. State-of-knowledge on *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae) for genetic conservation in Brazil. Perspect. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 5, n. 1, p. 63-77, 2002.

LIU, X.M.; XU, Q.L.; LI, Q.Q.; ZHANG, H.; XIAO, J.X. Physiological responses of the two blueberry cultivars to inoculation with an arbuscular mycorrhizal fungus under low-temperature stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 18, p. 2562-2570, 2017.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; BÜLL, L.T.; QUEIROZ MOREIRA, L.L. Manejo do lodo de esgoto e nitrogênio mineral na fertilidade do solo ao longo do tempo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2705, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 5 ed., 2016. v. 1. 384 p.

LUGO, M.A.; MENOVO, E.; ALLIONE, L.R.; NEGRITTO, M.A.; HENNING, J.A. ANTON, A.M. Arbuscular mycorrhizas and dark septate endophytes associated with grasses from the Argentine Puna. **Mycologia**, v. 110, n. 4, p. 654-665, 2018.

MACEDO, M.; FERREIRA, A.R. Plantas medicinais usadas para tratamentos dermatológicos, em comunidades da Bacia do Alto Paraguai, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 14, n. 1, p. 40-44, 2004.

MAFIA, R.G.; ALFENAS, A.C.; FERREIRA, E.M.; TEIXEIRA, D.A.; ZAUZA, E.A.V. Indução do enraizamento e crescimento do eucalipto por rizobactéria: efeito da adição de fonte alimentar e da composição do substrato de enraizamento. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 589-597, 2007.

MAIA, J.G.S.; DA SILVA, M.H.L.; ANDRADE, E.H.A.; ZOGHBI, M.G.B.; CARREIRA, L.M.M. Essential oils from *Astronium urundeuva* (Allemão) Engl. and *A. fraxinifolium* Schott ex Spreng. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 17, n. 1, p. 72-74, 2002.

MALTONI, K.L.; VALÉRIO FILHO, W.V. Contribuições da revegetação para as características químicas do subsolo. In: SIMPÓSIO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., Blumenau, 2000. **Anais...** Silvicultura Ambiental. Blumenau: FUBRA/SOBRAGE, 2000.

MANDYAM, K.; JUMPPONEN, A. Seeking the elusive function of the root colonizing dark septate endophytic fungi. **Study of Mycology**, v. 53, n. C, p. 173-189, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**, Brasília: MAPA, 2017. 240p.

MÁRQUEZ, R.; BLANCO, E.L.; ARANGUREN, Y. *Bacillus* strain selection with plant growth-promoting mechanisms as potential elicitors of systemic resistance to gray mold in pepper plants. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 27, n. 8, p. 1913-1922, 2020.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; COELHO, M.F.B.; AZEVEDO, R.A.B.; ALBUQUERQUE, M.C.F. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 22-29, 2012.

MATHUR, S.; TOMAR, R.S.; JAJOO, A. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) protects photosynthetic apparatus of wheat under drought stress. **Photosynthesis Research**, v. 139, n. 1-3, p. 227-238, 2019.

MAZURANA, M.; FINK, J.R.; CAMARGO, E.; SCHMITT, C.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F.A.O. Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 288-296, 2013.

MELHEM, T.S. A Entrada de água na semente de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae-Lotoideae). **Hoehnea**, v. 4, n. 1, p. 33-48, 1974.

MELO, N.C.; RIBEIRO, F.; COSTA, H.M.S.; SOUZA, F.J.L.; SALES, E.C.G.; MELO, N.F.B.; LIMA, M.C. Conservação do solo: um estudo de caso sobre o processo de ensino e aprendizagem no campus agrícola do Instituto Federal do Amapá. **Research, Society and Development**, v.10, n.6, p.22810615723, 2021.

MENDONÇA, P.R.F.; TRINDADE, J.S.; GOMES, M.B. Influência de diferentes adubos orgânicos em solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 39-50, 2019.

MERCANTE, F.M.; FABRICIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; SILVA, W.M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O bioma cerrado**. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

MIRANDA, J.C.C. **Cerrado, micorriza arbuscular, ocorrência e manejo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 169 p.

MIZOBATA, K.K.G.S; CASSIOLATO, A.M.R.; MALTONI, K.L. Crescimento de mudas de Baru e Gonçalves Alves em solo degradado, suplementado com resíduo, em Ilha Solteira-SP. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 429-444, 2017.

MOHAN, J.E.; COWDEN, C.C.; BAAS, P.; DAWADI, A.; FRANKSON, P.T.; HELMICK, K.; HUGHES, E.; KHAN, S.; LANG, A.; MACHMULLER, M. Mycorrhizal fungi mediation of terrestrial ecosystem responses to global change: mini-review. **Fungal Ecology**, v. 10, n. 1, p. 3-19, 2014.

MONTANARI, R.M.; BARBOSA, L.C.A.; DEMUNER, A.J.; SILVA, C.J.; ANDRADE, N.J.; ISMAIL, F.M.D.; BARBOSA, M.C.A. Exposure to Anacardiaceae volatile oils and their constituents induces lipid peroxidation within food-borne bacteria cells. **Molecules**, v. 17, n. 8, p. 9728-9740, 2012.

MOREIRA, F.M.D.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

MUTHUKUMAR, T.; PRABHA, K. Arbuscular mycorrhizal and septate endophyte fungal associations in lycophytes and ferns of South India. **Symbiosis**, v. 59, n. 1, p. 15-33, 2013.

- NANJUNDAPPA, A.; BAGYARAJ, D.J.; SEXENA, A.K.; KUMAR, M.; CHAKDAR, H. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Bacillus* spp. in soil enhancing growth of crop plants. **Fungal Biology and Biotechnology**, v. 6, n. 23, 2019.
- NEWSHAM, K.K. A meta-analysis of plant responses to dark septate root endophytes. **New Phytologist**, v. 190, n. 3, p. 783-793, 2011.
- NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; HOLANDA JÚNIOR, E.V.; MENEZES, R.I.Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 131-140, 2009.
- OLIVEIRA, A.N.; SILVA, A.C.; ROSADO, S.C.S.; RODRIGUES, E.A.C. Variação genéticas para caracterização do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 905-909, 2006.
- OLIVEIRA, L.C.; COSTA, E.; SOBRINHO, M.F.O.; BINOTTI, F.F.S.; MARUYAMA, I.; ALVES, A.C. Esterco bovino e fibra de coco na formação de mudas de baruzeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 1, n. 2, p. 42-51, 2014.
- OLIVEIRA, A.; ALMEIDA, A.; CARVALHO, C.M.B.; TOMÉ, J.P.C.; FAUSTINO, M.A.F.; NEVES, M.G.P.M.S.; TOMÉ, A.C.; CAVALEIRO, J.A.S.; CUNHA, A. Porphyrin derivatives as photosensitizers for the inactivation of *Bacillus cereus* endospores. **Journal of Applied Microbiology**, v. 106, n. 6, p. 1986-1995, 2009.
- PANTANO, G.; GROSSELI, G.M.; MOZETO, A.A.; FADINI, P.S. Sustentabilidade no uso do fósforo: Uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v. 39, n. 6, p.732-740, 2016.
- PEDROZA, M.M.; VIEIRA, G.E.G.; SOUSA, J.F.; PICKLER, A.C.; LEAL, E.R.; MILHOMEN, C C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, v. 11, n. 16, p. 89-188, 2010.
- PEPPER, I.L.; BROOKS, J.P.; GERBA, C.P. Pathogens in biosolids. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 90, p.1-41, 2006.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots for rapid assessment of infection. **Transaction of British Mycology Society**, v. 55, n. 1, p. 158-161, 1970.
- PINHO, E.K.C.; LOPES, A.N.K.; COSTA, A.C.; SILVA, A.B.V.; VILAR, F.C.M.; REIS, R.G.E. Substratos e tamanhos de recipiente na produção de mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 11-19, 2018.
- POIRIER, Y.; BUCHER, M. Phosphate transport and homeostasis in *Arabidopsis*. **The Arabidopsis Book**, v. 1, e0024, 2002.
- QU, Q.; XU, H.; XUE, S.; LIU, G. Stratification ratio of rhizosphere soil microbial index as an indicator of soil microbial activity over conversion of cropland to forest. **Catena**, v. 195, p. 104476, 2020.
- RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. **Food Policy**, v. 38, n. 1 C, p. 146-155, 2013.

RAGHOTHAMA, K.G.; KARTHIKEYAN, A.S. Phosphate acquisition. **Plant and Soil**, v. 274, n. 37, p. 37-49, 2005.

RAHEEM, A.; SIKARWAR, V.S.; HE, J.; DASTYAR, W.; DIONYSIOU, D.D.; WANG, W.; ZHAO, M. Opportunities and challenges in sustainable treatment and resource reuse of sewage sludge: A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 337, p. 616-641, 2018.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.), **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RASHID, M.I.; MUJAWAR, L.H.; SHAHZAD, T.; ALMEELBI, T.; ISMAIL, I.M.I.; OVES, M. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. **Microbiological Research**, v. 183, p. 26-41, 2016.

RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F.; GIFFORD, D.R. Observations on forests of some mesotrophic soils in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, n. 1, p. 47-58, 1978.

REZENDE, C.G.B.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A.; CABRAL, C.E.A.; SCHLICHTING, A.F. Fosfato natural reativo na adubação do capim piatã em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 55-62, 2016.

ROCHA, L.S.; SANTIAGO, R.A.C. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipteryx Alata* vog.) na elaboração de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 820-825, 2009.

RODRIGUES, B.M.; ARCOVERDE, G.B.; ANTONIO, A.C.D.; SANTOS, M.G. Relações hídricas em pinhão-mansão de acordo com a sazonalidade climática, em condições semiáridas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 1112-1115, 2011.

ROSA, P.A.L.; ALVES, M.C.; VIDEIRA, L.M.L.; BONINI, C.B.S. Recuperação de um solo de cerrado após 19 anos: Ocorrência espontânea de espécies arbóreas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 1, n. 1, p. 44-57, 2014.

ROUT, G.R.; SAHOO, S. Role of iron in plant growth and metabolism. **Reviews in Agricultural Science**, v. 3, n. 1, p. 1-24, 2015.

SABOYA, R.C.C.; CHAGAS JUNIOR, A.F.; MONTEIRO, F.P.R.; SANTOS, G.R.; ERASMO, E.A.L.; CHAGAS, L.F.B. Fungos micorrízicos arbusculares afetando a produção de mudas de pinhão-mansão na região sul do Estado de Tocantins, Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p.142-146, 2012.

SALOMÃO, A.N.; SILVA, J.A. **Reserva genética florestal Tamanduá**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 137 p.

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, ALMEIDA, J.A., ARAÚJO FILHO, J.C., OLIVEIRA,

J.B., CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed., Brasília, EMBRAPA, 2018. 590 p.

SANTOS, A.A.; AGUSTINI, J.A.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Addition of residues and reintroduction of microorganisms in *Jatropha curcas* cultivated in degraded soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 372-377, 2016.

SANO, E.E.; RODRIGUES, A.A.; MARTINS, E.S.; BETTIOL, G.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; BEZERRA, A.S.; COUTO JUNIOR, A.F.; VASCONCELOS, V.; SCHULER, J.; BOLFE, E.L. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 818-828, 2019.

SANTIN, D.A. **Revisão taxonômica do gênero *Astronium* Jacq. e revalidação do gênero *Myracrodruon* Fr. Allen (Anacardiaceae)**. 178 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

SAURICH, A.; TIEMEYER, B.; DON, A.; FIEDLER, S.; BECHTOLD, M.; AMELUNG, W.; FREIBAUER, A. Drained organic soils under agriculture – The more degraded the soil the higher the specific basal respiration. **Geoderma**, v. 355, p. 113911, 2019.

SCERVINO, J.M.; GOTTLIEB, A.; SILVANI, V.A.; PÉRGOLA, M.; FERNÁNDEZ, L.; GODEAS, A.M. Exudates of dark septate endophyte (DSE) modulate the development of the arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Gigaspora rosea*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 8, p. 1753-1756, 2009.

SEERANGAN, K.; THANGAVELU, M. Arbuscular mycorrhizal and dark septate endophyte fungal associations in South Indian aquatic and wetland macrophytes. **Journal of Botany**, v. 2014, article ID 173125, 2014.

SILVA, G.A.; SOUTO, J.S.; ARAUJO, J.L. Atividade microbiana em luvisolo do semi-árido da Paraíba após a incorporação de resíduos vegetais. **Areia, Agropecuária Técnica**, v. 27, n. 1, p. 13-20, 2006.

SILVA, E.A.; CASSIOLATO, A.M.R.; MALTONI, K.L.; SCABORA, M.H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 323-333, 2008.

SILVA, M.O.; SANTOS, M.P.; SOUSA, A.C.P.; SILVA, R.L.V.; MOURA, I.A.A.; SILVA, R.S.; COSTA, K.D.S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável; **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

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

SILVÉRIO, M.D.O.; CASTRO, C.F.S.; MIRANDA, A.R. Avaliação da atividade antioxidante e inibitória da tirosinase das folhas de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 59-60, 2013.

SINGH, B.K.; MUNRO, S.; POTTS, J.M.; MILLARD, P. Influence of grass species and soil type on rhizosphere microbial community structure in grassland soils.

Applied Soil Ecology, v. 36, n. 2-3, p. 147-155, 2007.

SIQUEIRA, D.P.; BARROSO, D.G.; CARVALHO, G.C.M.W.; ERTHAL, R.M.; RODRIGUES, M.C.C.; MARCIANO, C.R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 728-739, 2019.

SISVASAKTHI, G.; USHARANI, G.; SARANRAJ, S.A. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) – *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 16, p. 1265-1277, 2014.

SMITH, S.E.; READ, D. **Mychorrhizal Symbiosis**. 3 ed. London: Academy Press, 2008.

SOUSA, F.F.; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; MACEDO, R.L.G.; LIMA, F.S.; SANTOS, S.C. Efeito de doses de nitrogênio e potássio sobre o crescimento de mudas de baru em casa de vegetação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 12., 2015, Poços de Caldas. **Anais...**, v. 7, n. 1, Poços de Caldas: Instituto Federal do Sul de Minas, 2015. p. 1-8.

SOUZA, F.B.C.; MENGARDA, L.H.G.; SPADETO, C.; LOPES, J.C. Substratos e temperaturas na germinação de sementes de Gonçalves Alves (*Astronium concinnum* Schott). **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 3, p. 76-86, 2012.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients**, 2 ed. New York: Wiley, 1999. 427 p.

SUGAI, M.A.A.; COLLIER, L.S.; SAGGIN-JÚNIOR, J.O. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo no cerrado. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 415-423, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MÜLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAKTEK, S.; TRÉPANIER, M.; SERVIN, P.M.; ST-ARNAUD, M.; PICHÉ, Y.; ANDRÉ-FORTIN, J.; ANTOUN, H. Trapping of phosphate solubilizing bacteria on hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* DAOM 197198. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 90, n. 1, p. 1-9, 2015.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.

TU, J.L.; LIU, X.M.; XIAO, J.X. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on osmoregulation and antioxidant responses of blueberry plants. **Bangladesh Journal of Botany**, v. 48, n. 3, p. 641-647. 2019.

TYAGI, V.K.; LO, S.L. Sludge: A waste or renewable source for energy and resources recovery? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, n. C, p. 708-728, 2013.

VANCE, C.P.; EHDE-STONE, C.; ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v. 157, n. 3, p. 423-447, 2003.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S.; BORGES, J.D.; CASTRO, D.S.; SOUSA, D.M.; MONTEIRO, M.M.; CALIL, F.N. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de cerrado no distrito federal. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 143-151, 2013.

VENZKE FILHO, S.P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais – Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 599-610, 2008.

VIDAL, L.H.I.; SOUZA, J.R.P.; FONSECA, E.P.; BORDIN, I. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 26-30, 2006.

VIEIRA, G.D.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V. Atributos microbianos do solo após a adição de lodo, anaeróbio da estação de tratamento de efluentes de parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 543-550, 2011.

VIEIRA, R.F.; CAMILO, J.; CORADIN, L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2016. 1162 p. (Série Biodiversidade, 44)

VIEIRA, R.R.S.; PRESSEY, R.L.; LOYOLA, R. The Residual nature of protected areas in Brazil. **Biological Conservation**, v. 233, p. 152-161, 2019.

VIVAS, A.; MARULANDA, A.; RUIZ-LOZANO, J.M.; BAREA, J.M.; AZCON, R. Influence of a *Bacillus* sp. on physiological activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and on plant responses to PEG-induced drought stress. **Mycorrhiza**, v. 13, n. 2, p. 49-56, 2003.

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

WANG, Y.; HUANG, Y.; QIU, Q.; XIN, G.; YANG, Z.; SHI, S. Flooding greatly affects the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi communities in the roots of wetland plants. **PloS One**, v. 6, p. e24512, 2011.

WEI-HONG, X.; CHANG-LI, X.; SONG-SHENG, Q.; TIAN-QUAN, Y. Measurement of multiplication rate of *Bacillus* sp. NTT-61 growth and study on its thermodynamic properties. **Thermochimica Acta**, v. 195, p. 297-302, 1993.

YANG, X.J.; FINNEGAN, P.M. Regulation of phosphate starvation responses in higher plants. **Annals of Botany**, v. 105, n. 4, p. 513-526, 2010.

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.

ZHANG, F.; ZOU, Y.N.; WU, Q.S.; KUCA, K. Arbuscular mycorrhizas modulate root polyamine metabolism to enhance drought tolerance of trifoliate orange. **Environmental and Experimental Botany**, v. 171, p. 103926, 2020.

ZHANG, S.; HUANG, L.; YAN, A.; LIU, Y.; LIU, B.; YU, C.; ZHANG, A.; SCHIEFELBEIN, J.; GAN, Y. Multiple phytohormones promote root hair elongation by regulating similar set of genes in the root epidermis in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 22, p. 6363-6372, 2016 a.

ZHANG, N.; XIE, Y.D.; GUO, H.J.; ZHAO, L.S.; XIONG, H.C.; GU, J.Y.; LI, J.H.; KONG, F.Q.; SUI, L.; ZHAO, Z.W.; ZHAO, S.R.; LIU, L.X. Gibberellins regulate the stem elongation rate without affecting the mature plant height of a quick development mutant of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 107, p. 228–236, 2016 b.