

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E
MUCURI- UFVJM

RODRIGO DE OLIVEIRA LARA

SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLANTAS AUTÓCTONES
INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
SUBSTRATOS DA MINERAÇÃO DE FERRO.

DIAMANTINA - MG

2014

RODRIGO DE OLIVEIRA LARA

SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLANTAS AUTÓCTONES
INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
SUBSTRATOS DA MINERAÇÃO DE FERRO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, área de concentração em Conservação e Restauração de Ecossistemas Florestais, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Israel Marinho Pereira

DIAMANTINA – MG

**SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLANTAS AUTÓCTONES
INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES
EM SUBSTRATOS DA MINERAÇÃO DE FERRO**

Rodrigo de Oliveira Lara

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência Florestal, nível de
Mestrado, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre.

APROVADO EM 20 / 02 / 2014

Prof^a. Dr^a. Nilza de Lima Pereira Sales – UFMG

Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti. – UFVJM

Dr. Leandro Carlos – UFVJM

Prof. Dr. Israel Marinho Pereira – UFVJM

Presidente

DIAMANTINA

2014

L318S

2014

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Nathália Machado Laponez Maia – CRB6/3002

Lara, Rodrigo de Oliveira.

Sobrevivência e crescimento de plantas autóctones inoculadas
com fungos micorrízicos arbusculares em substratos da mineração
de ferro / Rodrigo de Oliveira Lara. – 2014.
78 f. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Israel Marinho Pereira.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em
Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG,
2014.

1. Restauração. 2. Saprofitos. 3. Fungos micorrízicos. 4. Plantio.
I. Pereira, Israel Marinho. II. Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri. III. Título.

CDD 631.47

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

Agradecimentos:

A Deus, pelo dom da vida e confiar sempre.

A meus pais, Canuto e Aparecida, pelo apoio, incentivo, amor, carinho, atenção e dedicação.

A meus irmãos Augusto, André e Patrícia por sempre estarem do meu lado.

Ao Programa de Pós graduação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), pelos ensinamentos.

Ao professor Dr. Israel Marinho Pereira pela confiança, exemplo de vida, ensinamentos e um pai.

Aos membros da banca, Israel Marinho, Paulo Henrique, Leandro Carlos e Nilza Sales pela oportunidade.

As empresas Anglo American e Nova Luz, pelo auxílio na coleta de dados e auxílio.

A todos os funcionários da UFVJM, principalmente o Breno Durães, Fábio, Múcio, Lindomar, Fabiano.

Aos amigos que me ajudaram nos experimentos, Cassiano, Débora, Gilson, Rebecca, Paulo Duarte.

A Gleyce Carvalho, que tanto me auxiliou e aprendemos juntos.

A Luciana Birro, pessoa a qual terei carinho pelo resto de minha vida.

Aos meus dois amores Barbara Jansen e Lorena Souza.

Aos amigos de República, Fillipe Vieira, Rafael Antunes, Paulo Henrique que me deram o suporte e companheirismo.

A toda mocidade Irmão Palminha, na pessoa da Joyce Santos.

Agradeço a toda turma do mestrado, Lidiomar Soares, Barbara Olinda, Marcone Moreira, Luiz David, Gabriela Paranhos, Miriã Cristina, Lorena Leão, Neubert Homem,

A toda turma 2007/2 que tanto nos mantêm unidos, Isabela Procópio, Maiume Rughania, Pedro Monteiro, Raíra Moreira, Luiz Otávio, Amanda Araújo, Natália Lago,

A todo grupo escoteiro Major Anatólio Alves de Assis, na pessoa do Ch. Sergio Rodrigo.

Aos amigos inseparáveis, Cristiano Gonzaga, Douglas Werneck, Verônica Santos, Patrícia Valéria, Claudia Costa, Paola Ferreira, Kênia Santos e Itacoaray Pires.

Aos amigos distantes, Rafael Alves, Franklin Dutra, Arthur Rocha, Robson Santos, Samuel Mourão, Cícero Pereira, Renan Maia, Bruno Ramiro, Daniel Lucas, Leonardo Henrique, Thiago Reis, Talita Morato, Sarah Morato, Marcelo Richard, Rodolfo Assis, Sergio Ferreira, Arthur Botelho, Gustavo Teixeira,

A Diamantina, que me acolheu com suas lindas paisagens e monumentos naturais.

A todos vocês, muito obrigado.

Conteúdo

| | |
|---|-----------|
| <u>Conteúdo.....</u> | <u>7</u> |
| <u>Introdução geral.....</u> | <u>14</u> |
| <u>Objetivos gerais.....</u> | <u>17</u> |
| <u>Referencias Bibliográficas:.....</u> | <u>18</u> |
| <u>Capitulo 1.....</u> | <u>22</u> |
| <u>Caracterização de substratos oriundos da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro – MG para fins de recuperação de áreas degradadas.....</u> | <u>22</u> |
| <u>Resumo.....</u> | <u>22</u> |
| <u>Introdução.....</u> | <u>23</u> |
| <u>Material e métodos.....</u> | <u>25</u> |
| <u>Resultados.....</u> | <u>28</u> |
| <u>Discussão.....</u> | <u>31</u> |
| <u>Conclusão.....</u> | <u>33</u> |
| <u>Referencias bibliográficas.....</u> | <u>34</u> |
| <u>Capítulo 2.....</u> | <u>39</u> |
| <u>Sobrevivência e crescimento de espécies nativas da mata Atlântica inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares em substratos de mineração de ferro.....</u> | <u>39</u> |
| <u>Resumo.....</u> | <u>39</u> |
| <u>Introdução.....</u> | <u>39</u> |
| <u>Material e Métodos.....</u> | <u>42</u> |
| <u>Resultados.....</u> | <u>45</u> |
| <u>Discussão.....</u> | <u>51</u> |
| <u>Conclusões.....</u> | <u>54</u> |
| <u>Referencias Bibliográficas.....</u> | <u>55</u> |
| <u>Capítulo 3.....</u> | <u>62</u> |
| <u>Sobrevivência e crescimento de espécies autóctones inoculadas fungos micorrizicos arbusculares em substratos de mineração de ferro.....</u> | <u>62</u> |
| <u>Resumo.....</u> | <u>62</u> |
| <u>Introdução.....</u> | <u>63</u> |
| <u>Material e Métodos.....</u> | <u>64</u> |
| <u>Resultados.....</u> | <u>67</u> |

| | |
|--|-----------|
| <u>Discussão.....</u> | <u>72</u> |
| <u>Conclusões.....</u> | <u>75</u> |
| <u>Referencias bibliográficas.....</u> | <u>75</u> |
| <u>Considerações finais.....</u> | <u>79</u> |

SUMÁRIO DE TABELAS

CAPÍTULO 1

| | |
|---|----|
| Tabela 3: Teores médios de elementos em saprolitos e rochas encontrados em dois substratos na área de mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro- MG..... | 30 |
| Tabela 4: Correlação de elementos presentes em saprolitos e tipos de substratos em uma área de mineração em Conceição do Mato Dentro- MG..... | 30 |
| Tabela 1: Número de esporos em substratos da mineração de ferro após a solarização por 15 dias em Diamantina – MG..... | 45 |
| Tabela 2: Sobrevivência aos 180 dias para quatro espécies da família fabaceae em um experimento com e sem inoculação de FMA em dois substratos de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG..... | 45 |
| Tabela 3: Resumo da análise de variância para sobrevivência aos 180 dias em um experimento com e sem inoculação de FMA de quatro espécies da família fabaceae em dois substratos da mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG. Em que: ns = não significativo, * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, QM = quadrado médio e CV = coeficiente de variação experimental..... | 45 |
| Tabela 4: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do coleto, altura de planta, número de folhas e copa aos 180 dias em um experimento com quatro espécies da família fabaceae com e sem inoculação de FMA no substrato 1 de mineração conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG..... | 46 |
| Tabela 5: Resultados do teste de Tukey a 5% em um experimento com quatro espécies da família fabaceae no substrato 1 de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG..... | 46 |
| Tabela 6: Resumo da análise de variância aos 180 dias em um experimento com inoculação de FMA em quatro espécies fabaceas no substrato 2 de mineração situado em Diamantina, MG..... | 47 |
| Tabela 7: Resultados do teste de Tukey a 5% em um experimento com quatro espécies da família fabaceae no substrato 2 de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG..... | 48 |
| Tabela 8: Massa de parte aérea e raiz de espécies fabaceas inoculadas com FMAs em substratos de mineração em Diamantina – MG..... | 50 |
| Tabela 1: Porcentagem de sobrevivência aos 180 dias para quatro espécies em um experimento com e sem inoculação de FMA em dois substratos de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG..... | 67 |
| Tabela 3: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do coleto, altura de planta, número de folhas e copa aos 180 dias em um experimento com quatro espécies com e sem inoculação de FMA no substrato 1 de mineração conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG..... | 68 |

Tabela 4: Resumo da análise de variância aos 180 dias em um experimento com inoculação de FMA em quatro espécies no substrato 2 de mineração situado em Diamantina, MG. Em que: Ns Não significativo. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação experimental.....69

Tabela 6: Massa úmida e seca de parte aérea e raiz de quatro espécies autóctones em função do uso de inoculação com FMAs em substratos da mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG.....71

SUMÁRIO DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

| | |
|--|----|
| Figura 1: Separação granulométrica por peneiras em dois substratos provenientes da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro – MG..... | 29 |
| Figura 1: Dois substratos oriundos da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro-MG..... | 42 |
| FIGURA 2: Detalhes do cano de PVC no orifício para avaliação das raízes(A) e uso do equipamento CI 600 Root Manager (B)..... | 44 |
| Figura 3: Porcentagem de comprimento radicular colonizado em espécies fabáceas inoculadas com FMAs (<i>Paraglomus oculum</i> e <i>Claroideoglosum etunicatum</i>) em substratos de mineração em Diamantina – MG..... | 49 |
| Figura 4: Alongamento de parte aérea (A) e raiz (B) em espécies fabáceas inoculadas com FMAs em substratos de mineração em Diamantina- MG..... | 50 |
| Figura 1: Dois substratos oriundos da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro-MG..... | 65 |
| FIGURA 2: Detalhes do cano de PVC no orifício para avaliação das raízes(A) e uso do equipamento CI 600 Root Manager (B)..... | 67 |
| Figura 3: Porcentagem de comprimento radicular colonizado em espécies inoculadas com FMAs em substratos da mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG..... | 70 |
| Figura 4: Alongamento de parte aérea (A) e raiz (B) em espécies nativas inoculadas com FMAs em substratos de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina- MG..... | 71 |
| Figura 5: Raízes de espécies autóctones em substratos de mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro- MG..... | 74 |

Resumo

LARA, Rodrigo Oliveira: Sobrevivência e crescimento de plantas autóctones inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em substratos da mineração de ferro. 2014, 74 p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha, 2014.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar os substratos encontrados na área de mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro, MG, para fins de recuperação das áreas pós lavra e avaliar o crescimento inicial de espécies nativas nestes substratos com o uso de inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. O primeiro capítulo, se refere a caracterização física, química e elementar metálico de diferentes tipos de substratos oriundos da mineração de ferro. Os substratos apresentam característica arenosa, com maior teor de silte e areia, além de baixa capacidade de retenção de água, baixa fertilidade e elevados teores de ferro. O segundo e terceiro capítulo, referem-se ao crescimento de mudas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em dois substratos de mineração de ferro aos 180 dias. Verificou-se que a *Cecropia sp*, *Senna multijuga* e *Dictioloma vandolinaum* apresentaram respostas a inoculação em relação a massa seca de parte aérea, comprimento de raiz, altura, diâmetro do coleto e número de folhas. A *Kielmeyera rubiflora* não apresentou inoculação. Também constatou-se que houve maior sobrevivência de mudas no substrato 2 quando inoculadas.

Palavras chave: restauração, saprolitos, FMA, plantio de mudas

Sobrevivência e crescimento de plantas autóctones inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em substratos da mineração de ferro.

Introdução geral

O ser humano sempre se deparou com amplos espaços geográficos e abundante oferta de recursos naturais, condições propícias para o desencadeamento dos processos de ocupação em grandes áreas no planeta. Entretanto, a visão da natureza como uma fonte inesgotável de recursos, fez com que o planejamento da produção fosse realizado priorizando as finalidades econômicas, resultando em desenvolvimento insustentável (LIMA et al., 2002). Nas últimas décadas tem-se constatado um crescimento geométrico da população mundial e, conseqüentemente, o aumento na necessidade de produção de alimento e matéria-prima para várias finalidades. Para atender essa grande demanda, tem-se intensificado o uso desordenado dos recursos naturais, promovendo a degradação de vários ecossistemas naturais.

O mercado mundial tende a manter dependência das exportações de minério de ferro australianas e brasileiras pelo menos até final de 2015. Estes dois países possuem um *marketshare* de 70-72% mundial. Além disso, há uma contribuição acentuada de novos projetos a médio prazo, o que irá influenciara curva de oferta e de demanda do minério entregue à China. Segundo estudos do banco CreditSuisse, neste médio prazo, diante de desafios técnicos e logísticos, uma vez que a qualidade do minério estaria em declínio (IBRAM, 2012).

O Brasil é o segundo maior produtor de Minério de Ferro, conforme o U.S. Geological Survey e a UNCTAD (Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento). De acordo com essas fontes, em 2011 os três maiores produtores foram a China com 1,33 bilhões de toneladas, a Austrália com 480 milhões de toneladas e o Brasil com 390 milhões de toneladas. No entanto, quando se leva em conta o teor de ferro no minério médio do Minério de Ferro chinês, a produção daquele país pode ser considerada de 380 milhões de toneladas, comparativamente com o minério de ferro de Austrália e do Brasil. Entretanto, considerando-se os teores de ferro no minério, o Brasil assume lugar de destaque no cenário internacional. Esse fato ocorre devido ao alto teor de ferro encontrado nos minérios Hematita (60% de Ferro), predominante no Pará, e Itabirito (50% de Ferro), predominante em Minas Gerais (IBRAM, 2012).

A China é o grande comprador do minério de ferro brasileiro, mais de 45% de nossas exportações destinam-se àquele país. É esperado que até 2020 a China precise importar pelo menos 400 milhões de toneladas por ano. Segundo o banco Barclays,

destes 400 milhões de toneladas/ano, 50% seriam supridos pela Austrália e ao menos 30 % pelo Brasil (IBRAM, 2012).

As áreas degradadas advindas das minerações de ferro no Brasil caracterizam-se pela remoção do horizonte superficial do solo, o que ocasiona perda de nutrientes e de matéria orgânica, ausência de atividade biológica e propriedades físicas alteradas, fatores que favorecem a atuação dos processos erosivos e a acidificação do substrato (MARX et al., 1995).

Devido à extrema dificuldade da regeneração natural em locais onde houve a mineração, foi necessário criar legislações que certifiquem a recuperação destas áreas. Entre as várias legislações, o Decreto nº 97.632 de 10 de Abril de 1989 dispõe sobre o plano de recuperação de área degradada pela mineração e exige a apresentação o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para que a atividade mineradora seja aprovada (CORRÊA, 2007). O Decreto nº 97.632/69 estabelece que no caso de empreendimentos que foi necessário o desenvolvimento do EIA e do RIMA, é também necessário o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) ao órgão estadual competente.

Estas paisagens degradadas necessitam de um auxílio do homem, referente ao primeiro momento de restabelecimento das funções ambientais que a antiga floresta ali desempenhava. E a regeneração natural de áreas degradadas pode variar em função de vários fatores, tais como intensidade do impacto, continuidade e persistência deste no meio (PARROTA, 1997).

A recuperação de solos degradados pela mineração, além de ser uma exigência da legislação ambiental brasileira vigente, é apontada como uma das ações necessárias à racionalização do uso da terra e melhoria da qualidade ambiental (UNCED, 1991).

A mineração pode ser considerada uma das atividades mais impactantes ao solo, embora, em geral não afete grandes extensões territoriais. A remoção ou perda por erosão do horizonte superficial ao solo, juntamente com a matéria orgânica, causa grandes problemas físicos, químicos e biológicos ao substrato remanescente (REIS, 2006). Em geral a recuperação é lenta e incerta devido a combinação de fatores, tais como: a agressividade e dominância de gramíneas, a recorrência das queimadas, as condições microclimáticas desfavoráveis, a baixa fertilidade dos substratos e a exaustão de banco de sementes. Assim, tem-se que o plantio de árvores em áreas degradadas ameniza os fatores desfavoráveis, acelerando a sucessão natural (BROWN; LUGO, 1994; SILVA JÚNIOR et al., 1995).

As áreas degradadas geralmente perdem sua estrutura e função, sendo necessário recuperar ou reabilitar o sítio degradado. Nesses casos, a combinação da preparação do sítio, o manejo do hábitat e a introdução de espécies permitem que gradualmente o ecossistema ganhe novas espécies e características do sítio original (PRIMACK, 2001).

A recuperação inicia-se com a criação de condições que impulsionem a sucessão ecológica (ANAND; DESROCHERS, 2004), e a escolha correta das espécies que iniciarão esse processo é essencial para o sucesso dos trabalhos. Assume-se então que a reconstrução do ambiente irá recuperar populações e biodiversidade (SCHROTT et al., 2005), e a biodiversidade, por sua vez, deve ser recuperada para manter o funcionamento do ecossistema reconstruído (LYONS et al., 2005). Essa recuperação pode ser alcançada através do plantio de espécies facilitadoras da sucessão natural, em locais onde, a princípio, uma série de barreiras impede o desenvolvimento do processo. A capacidade de estabelecimento em condições limitantes, a atração de fauna, o crescimento rápido a grande deposição de serrapilheira e a capacidade de associação com micro-organismos como fungos micorrízicos e bactérias são características desejáveis de espécies para plantios de reabilitação (CHADA et al., 2004), principalmente nos locais fortemente degradados como aqueles resultantes da mineração.

A identificação de espécies chave, que são aquelas que controlam a estrutura da comunidade devido à sua abundância, distribuição espacial, biomassa, porte ou cobertura e que influenciam na ocorrência das demais espécies associadas, é de fundamental importância para o sucesso da restauração florestal em áreas degradadas, principalmente pela mineração a céu aberto (SALOMÃO, 2012).

As espécies do estágio inicial da sucessão, as pioneiras, são essenciais para que as espécies dos estágios finais tenham condições adequadas para seu desenvolvimento. Assim, a presença das pioneiras é fundamental para o sucesso do plantio, devido ao seu rápido crescimento e sombreamento, o que fornece proteção ao solo e condições microclimáticas necessárias ao estabelecimento das espécies dos estágios sucessionais posteriores (PEREIRA, 2012). Além da definição das espécies a serem plantadas e do esquema de distribuição é fundamental considerar a adaptabilidade dessas na região, no tocante a afinidade com os solos, com o clima e as demais espécies. Para a regeneração de áreas degradadas, as espécies nativas são as mais indicadas, principalmente por tornar o ecossistema mais próximo e equilibrado do originalmente existente (ANDRADE et al., 2002).

Nas duas últimas décadas tem aumentado o interesse de pesquisadores e empresas dos maiores setores de mineração, geração de energia e florestal na busca de novas alternativas de recuperação de áreas degradadas num contexto ecológico (RODRIGUES, 2010). Assim, a recuperação ambiental tem enfatizando a recomposição da diversidade de espécies e a sustentabilidade dos ecossistemas recuperados (VIEIRA et al., 2000; CHOI, 2004; PETERSEN; CLARK, 2005; SCARIOT et al., 2006; MARTINS et al., 2007; RODRIGUES et al., 2004, 2007). Entre os sistemas biológicos envolvendo planta e microrganismos, destacam-se as simbioses leguminosas-rizóbio formando as bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas, de maior expressão econômica, e leguminosas-fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (SIVIERO et al., 2008, DIAS et al., 2012). A inoculação com FMA durante o processo de produção de mudas é capaz de reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados, de conferir às mudas maior capacidade de absorção de nutrientes, induzindo aumento da produtividade (TIAN et al., 2003). Essas associações mutualistas constituem importante ligação entre os componentes bióticos e abióticos do solo, desempenhando papel fundamental na sobrevivência, no crescimento e desenvolvimento das plantas durante a fase de viveiro e após o plantio (BERBARA et al., 2006; DIAS et al., 2012).

A inoculação com FMA e bactérias nodulíferas no substrato pode melhorar a qualidade das mudas, visto que as micorrizas auxiliam no crescimento da planta, aumentando absorção de nutrientes, especialmente o fósforo, devido aumento do volume de solo explorado e aumento da tolerância a estresses bióticos e abióticos (KHADE, 2009; CHAER et al., 2011); no caso das leguminosas, os rizóbios vão atuar na fixação biológica do nitrogênio (MARTÍNEZ, 2009; DIAS, 2012).

Objetivos gerais

Caracterizar os substratos encontrados na área de mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro, MG, para fins de recuperação de área.

Avaliar o desenvolvimento inicial de espécies nativas em substratos oriundos da mineração de ferro com inoculação de fungos micorrízicos arbusculares.

Objetivos específicos

Avaliar fatores limitantes ao crescimento vegetal em diferentes substratos oriundos da mineração de ferro visando a recuperação de áreas degradadas.

Avaliar o uso de fungos micorrízicos na sobrevivência e crescimento de mudas de espécies arbóreas em diferentes substratos oriundos da mineração de ferro;

Gerar novos conhecimentos sobre recuperação de áreas degradadas pela mineração de ferro.

Referencias Bibliográficas:

ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; DORNELAS, G.V. Análise da vegetação arbóreo-arbustiva, espontânea, ocorrente em taludes íngremes no município de Areia – Estado da Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, V.26, n.2, p.165-175. 2002.

BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A.; FONSECA, H, M.A.C. **Fungos micorrizicos arbusculares, muito além da nutrição**. Nutrição mineral de plantas, Viçosa, p.432. 2006.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**. Washington, v.2, n.3. p.97-111. 1994.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Cerrado: Manejo de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 113, n.3, p. 4-8, 2009

CHADA, S.S.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. Sucessão em uma encosta reflorestada em leguminosas arbóreas em angra dos reis, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.801, 2004

CHAER, G.M.; FERNANDES, M.F.; MYROLD, D.D.; BOTTOMLEY, P.J. Shifts in microbial community composition and physiological profiles across a gradient of induced soil degradation. **Soil Science Society of America Journal**, Inglaterra v.73 n.2,

p.1327-1334. 2011.

CHOI, Y. D. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. **Ecological Research**, Cambridge, v.19, n.1, p.75-81, 2004.

DIAS, A.T.C.; BOZELLI, R.L.; DARIGO, R.M. Rehabilitation of a bauxite tailing substrate in central Amazônia: The effect of litter and seed addition of flood prone Forest restoration. **Restoration ecology**, Washington, v.20, n.4, p.483-489. 2012.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço Range Region – Eastern Brazil. In: DAVIS, S. D., (Ed.) **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. The Americas. WWF/IUCN Publications Unit., v.3. p.397-404. 1997.

HARLEY, R. M. Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina-Bahia, Brasil. In: STANNARD, B. L. E. (Ed). **The trustees of the Royal Botanic Gardens**. Kew:853p. 1995.

IBRAM, Relatório Anual do Instituto Brasileiro de Mineração, Julho, 2012.

KHADE, S. W.; RODRIGUES, B. F. Applications of arbuscular mycorrhizal fungi in LIMA, J. A.; SANTANA, D. G.; NAPPO, M. E. Comportamento inicial de espécies na revegetação da mata de galeria na Fazenda Mandaguari, em Indianópolis, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 685-694, 2009.

LYON, D.Y, FORTNER, J.D.; SAYES, C.M.; COLVIN, V.L.; HUGHES, J.B., Bacterial cell association and antimicrobial activity of a C₆₀ water suspension. **Environmental Toxicology Chemistry**, Singapura, v.24, n.2, p.2757–2762, 2005.

MAGALHÃES, G. M. Sobre os cerrados de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Brasília, v.38, n. 1, (Supl.) p.59-70, 1966.

MARTINEZ, C.; MARRS. R. H. Some factors affecting successional change on uranium mine wastes: Insights for ecological restoration. **Applied Vegetation Science**, Austrália, v.10, n. 1. p.333–342. 2009.

MARTINS, S. V. et al. A contribuição da ecologia florestal no desenvolvimento de modelos e técnicas de restauração florestal de áreas degradadas. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, v.10, n.36, p.10-13, 2007.

MARTINS, S. V. et al. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1081-1088, 2008.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. 270p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

MARX, D.H.; HEDIN, A.; TOE, S.F.P Fiel performance of *Pinus caribea* var. *hondurensis* seedlings with specific ectomycorrhizae and fertilizer after three years on a

savanna site in Libera. **Forest Ecology Management**, Amnsterdan, v.13, n.2 p1-15, 1995.

PARROTA, J. A. et al. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness on 7-year-old plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdan, v. 99, n. 12, p. 21-42, dec. 1997.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C.; Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Revista Caminhos da Geografia**. Uberlandia, v.13, n.41, p.102-110, 2012.

PORTO, M. L.; SILVA, M. F. F. Tipos de vegetação mesófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas gerais, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**., Distrito Federal, v.3, n.2, p.13-21, 1989.

PRIMACK, R.; MASSARDO, F. Restauración ecológica. In: PRIMACK, R. et al. (Ed.). **Fundamentos de conservación biológica**: perspectivas latino americanas. México: Fondo de Cultura Econômica, p.559-579.2001.

REIS, A.; TRES, D. R.; BECHARA, F. C. A nucleação como novo paradigma na restauração ecológica: “Espaço para o imprevisível” In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM ÊNFASE EM MATASCILIARES E WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO E ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO E PRIMORAMENTO DA RESOLUÇÃO SMA 47/03, São Paulo. **Anais Simpósio Sobre Recuperação De Áreas Degradadas Com Ênfase Em Matas Ciliares E Workshop Sobre Recuperação E Áreas Degradadas No Estado De São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo, 2006.

RODRIGUES, E. R.; MONTEIRO, R.; JUNIOR, L. C. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do pontal Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.853-861, 2010.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; BARROS, L.C. Tropical Rain Forest regeneration in an área degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdan, v.190, n. 4, p.323-333, 2004.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. **High diversity forest restoration in degraded areas**: methods and projects in Brazil. New York: Science Publishers, 286p. 2007.

SALOMÃO, R.P.; JUNIOR, S.B.; SANTANA, A.C. Análise da florística e estrutura de floresta primária visando a seleção de espécies chave, através de análise multivariada, para a restauração de áreas mineradas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.989-1007, 2012.

SCHROTT, L.; HUFSCHMIDT, G.; Spatial distribution of sediment storage types and quantification of valley fill deposits, in the Alpine basin, **Geomorphology**, Kansas (USA), v.55, n.3 p.45-63, 2005.

SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of an Atlantic Forest in the understory of an *Eucalyptus grandis* stand in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, n.2, p. 148-152, 1995.

SILVA, M. F. Distribuição de metais pesados na vegetação metalófila de Carajás. **Acta Botânica Brasileira**, Distrito Federal, v.6, n.1, p.107-122, 1992.

SIVIERO, A; ABREU, L.S., BELLON, S.; MENDES, R. A emergência das redes de agricultura de base ecológica no sudoeste da Amazônia. In. Reunião Amazônica de Agroecologia, v.1 n.1, Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus.p.4. 2008.

TEIXEIRA, W. A.; LEMOS-FILHO, J. P. Metais pesados em folhas de espécies lenhosas colonizadoras de uma área de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa,v.22, n.2, p.381-388, 1998.

TIAN, C. Y.; FENG, G.; LI, X.L. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non saline on salinity tolerance of plants. **Applied Soil Ecology**, Filadélfia, v.26, n.4, p.143-148, 2003.

UNCED. **Land resources: deforestation. A non-legally binding authoritative statement of principles for a global consensus on the management, conservation and sustainable development of all types of forests.** Geneva, Prepared. Community for UNCED, 1991.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e Caracterização dos Campos Rupestres Sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro,v.58, n.1, p.159-177, 2007.

VIEIRA, I. C. G. et al. Bases técnicas referenciais para o Programa de Restauração Florestal do Pará: Um Bilhão de Árvores para a Amazônia. **Pará Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n.1, p.9-103, 2009.

VINCENT, R. C. **Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em áreas de campos ferruginosos no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais**. 2004. 144f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, São Paulo, 2004.

Capítulo 1

Caracterização de substratos oriundos da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro – MG para fins de recuperação de áreas degradadas.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a composição física, química e mineralógica de diferentes materiais resultantes da mineração de ferro. Foram coletados dois tipos de substratos (denominados substratos 1 e 2) presentes em uma área de mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro. Procedeu-se as análises granulometria, densidade, porosidade, tensão e capacidade de retenção de água, químicas (melich-1) e elementares (Inflorescência de raio x). Como resultado pode-se afirmar que ambos os substratos apresentam baixa capacidade de retenção de água, sendo propensos ao selamento superficial devido a quantidade de silte presente, o que pode ocasionar problemas de estresse hídrico nas mudas e erosão em sulcos afetando o desenvolvimento das plantas na revegetação. As análises químicas indicaram que há necessidade de correção dos substratos, devido aos baixos teores de macronutrientes presente nos mesmos. Também deve-se observar que os substratos apresentam elevados teores de ferro o que pode causar problemas no desenvolvimento inicial de mudas no estabelecimento da vegetação neste substrato.

Palavras chave: Petroplintita, Raio X, filito, Serra do Espinhaço.

Abstract

The present study aimed to evaluate the physical composition , chemical and mineralogical different materials resulting from mining of iron. Two types of substrates (called substrates 1 and 2) present in an area of iron mining in Conceição do Mato

Dentro were collected . We carried out the analyzes a particle size, density, porosity, pressure and water retention capacity , chemical (Melich -1) and basic (Inflorescence x-ray). As a result it can be stated that both substrates have low water retention capacity, being prone to surface sealing due to this amount of silt , which can cause problems of water stress on plants and erosion in furrows affecting plant growth in revegetation. The chemical analysis indicated that there is need for correction of the substrates due to the low levels of the same macronutrient present. It should also be noted that the substrates have high levels of iron which may have caused problems in the early development of seedlings.

Keywords: Petroplinthite, Ray X, phylite, Serra do Espinhaço.

Introdução

A mineração de Ferro no Estado de Minas Gerais destaca-se economicamente, principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero, apesar de causar grande impacto ambiental decorrente da remoção da cobertura vegetal e das camadas superficiais do solo (ESPERANÇA, 2011). O Governo, assim como a sociedade, tem mostrado interesse e preocupação crescentes com a proteção, conservação e qualidade do meio ambiente, criando novas diretrizes para a indústria mineraria. A restauração florestal das áreas mineradas, entre outras, tornou-se, então, uma condicionante indispensável no licenciamento das minas (SALOMÃO et al., 2007).

Ambientes perturbados por mineração se caracterizam por apresentarem características edáficas típicas de substratos exauridos, porém com resguardo parcial de suas propriedades físicas (SANTOS, 2011) assim é necessário proceder a restauração. Esse processo de restauração geralmente é lento e depende da oferta de propágulos advindos de atributos ambientais. Conhecer os parâmetros que interferem na capacidade de restauração dos ecossistemas perturbados pode ser fundamental para definir estratégias objetivas de restauração (FIGUEIREDO, 2011).

Um dos objetivos das técnicas de restauração florestal é o aproveitamento do potencial de resiliência (auto-regeneração) das áreas a serem recuperadas e da máxima quantidade e diversidade de material vegetal (propágulos e restos vegetais) disponível em áreas cujo licenciamento ambiental para atividades de mineração, represamento de cursos d'água e outros em que a vegetação seja suprimida (MARTINS et al., 2007; MARTINS, 2009).

Considerando que a exploração de recursos minerais está regulamentada na legislação brasileira e que deve ser feita segundo critérios definidos no processo de licenciamento ambiental, conforme consta na Resolução do Conselho Nacional de meio Ambiente - CONAMA n. 237 de 1997. As empresas mineradoras que possuem a licença de lavra têm por obrigação recuperar a área degradada pela mineração. Essa obrigação advém da necessidade de retenção de solo, contenção de erosão, manutenção da biodiversidade e da beleza cênica, sendo o plantio de mudas indicado para locais onde além da cobertura vegetal, foram também eliminados os meios de regeneração natural, como o banco de sementes, de plântulas, chuva de sementes e possibilidade de rebrota (FELFILI et al., 2008).

Os metais apresentam-se como uma das bases para o desenvolvimento da sociedade, sendo utilizados como matéria-prima em diversas indústrias de bens de consumo e em fertilizantes agrícolas (SILVA, 2004). O minério de ferro representa uma importante parcela na economia mundial e nacional, principalmente como matéria-prima para o aço, que é largamente utilizado em diversos setores. A competitividade deste mercado tem ampliado o interesse da indústria em aumentar a produção e aprimorar a qualidade de seus produtos. Neste sentido, tem-se investido cada vez mais na caracterização do minério de ferro, visando especialmente correlacionar propriedades microestruturais com parâmetros de lavra, beneficiamento mineral e processos siderúrgicos (FONTES, 2013).

A caracterização de minérios é uma etapa fundamental para o aproveitamento de um recurso mineral de forma otimizada, pois fornece ao engenheiro os subsídios mineralógicos e texturais necessários ao correto dimensionamento da rota de processo, otimizando o rendimento global de uma planta (NEUMANN et al., 2004). A caracterização permite a determinação de propriedades físicas e químicas de minérios atingindo, de acordo com a aplicação, uma otimização da qualidade com o menor custo associado.

Os minérios de ferro do Brasil são majoritariamente hematíticos, constituídos basicamente por hematita, magnetita, goethita, além de alguns minerais de ganga, principalmente quartzo. Todavia, podem apresentar diferentes texturas (FONTES;GOMES, 2012).

Nos trabalhos executados com o objetivo de se recuperar áreas degradadas pela mineração, por meio de processos de revegetação, é de grande importância o conhecimento das características químicas, físicas e mineralógicas dos materiais que

irão ser utilizados como substrato para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para isso, devem ser identificadas previamente as características benéficas e, ou, aquelas adversas para essas plantas (FONTES, 1991; DIAS, 1998, SILVA *et al.*, 2004, SILVA *et al.*, 2006).

Existe uma designação particular para materiais que podem vir a ser utilizados como substrato para a revegetação da área sob influência da mineração. São chamados "estéreis da mina" os materiais (solo, subsolo, rocha) que ocorrem naturalmente na área, não aproveitáveis economicamente, dispostos em camadas horizontais ou inclinadas, como corpos irregulares – ambos encaixados ou intimamente ligados ao minério (SILVA, 2006). Há também o chamado rejeito da mineração, que é o material proveniente do beneficiamento do minério de ferro, do qual já foi retirada a parte economicamente importante. Este rejeito pode estar na forma de fragmentos ou partículas secas, ou em via aquosa (IBAMA, 1990, ABRAHÃO; MELLO 1998), sendo isto dependente do tipo de beneficiamento do minério (ESPÓSITO, 2000).

Dependendo das características física, química e mineralógica do material, obtidas por meio de uma caracterização específica, pode-se ter uma noção das medidas ou tratamentos adequados dos substratos quando se pretende estabelecer uma recomposição da cobertura vegetal (REZENDE, 2010). Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a composição física, química e mineralógica de diferentes materiais resultantes da mineração de ferro visando gerar protocolo de tratamento do mesmo para facilitar o estabelecimento da cobertura vegetal durante o processo de recuperação de áreas degradadas de mineração de ferro.

Material e métodos

Área de estudo:

A área de estudo encontra-se situada nas coordenadas 19°02'04.17"S, 43°25'22.27" localizada na borda leste de um conjunto de terras altas, com direção aproximada norte-sul, denominada Serra do Espinhaço. Esta região em estudo encontra-se localizado em região de clima tropical Cw, dotada de elevada incidência de radiação solar à superfície, elevado número potencial de horas de insolação mensais e anuais e cujas temperaturas médias superam a marca dos 20°C.

A média pluviométrica ao longo do ano é de 1.521,3 mm, que por sua vez é marcado por uma grande variação estacional (um período seco e chuvoso). Os meses mais chuvosos estendem-se de outubro-março, e os meses de abril e setembro são de

transição entre um regime e outro. O semestre de abril-setembro é marcado pela estação seca na região, contudo, devido à dinâmica atmosférica e a ação de vários elementos interagindo e alterando esta dinâmica, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem prolongar-se ou sofrerem atrasos.

Os substratos foram coletados na cava da mina pertencente a empresa Anglo American Ferrous, em Conceição do Mato Dentro, MG. A coleta foi feita em vários pontos das pilhas dos materiais, porém o material que não estava disposto em pilhas foi coletado *in situ*, em perfis de solo.

A área de mineração apresenta geologia variada, que vai de quartzito, itabiritos, xisto até rochas basais, hematitas e cangas. A área de coleta do Substrato 1 apresenta-se com geologia de xistos em áreas de topo e filitos prateados. A área de coleta do Substrato 2 apresenta-se composto por áreas de canga, rochas hemáticas, quartzitos, xistos e itabiritos fragmentados.

As amostras foram coletadas em diferentes pontos de acordo com o tipo de material presente. O material coletado foi composto de três tipos diferentes de estéreis da mina que, para identificação, foram denominados Substrato 1, Substrato 2 e saprolito. Assim caracterizados: a) *Substrato 1*: rocha metamórfica, já em avançado estado de intemperismo, encontrada com frequência na área da mina. O material apresenta coloração acinzentada e quando manuseado, desagrega-se com facilidade, tornando-se um pó fino; b) *Substrato 2*: material edafizado, de coloração vermelho, encontrado na área sob influência da mineração, contendo grande quantidade de petroplintita na fração cascalho. Apresenta profundidade efetiva em torno de 10 cm e logo abaixo dessa camada são encontrados grandes blocos de “canga”. A cobertura vegetal original no local de coleta era extensões de mata e candea e c) *Saprolito*: rocha metamórfica muito intemperizada, encontrada junto ao minério de ferro. Apresenta textura e composição variada conforme a rocha de origem.

Para o substrato Substrato 1 (S1) e Substrato 2 (S2) foram coletados dez amostras simples para formar uma composta, sendo feito no total seis coletas compostas. A coleta do saprolito foi feita em perfil de solo, sendo coletado com auxílio de uma pá e picareta. Todo material coletado foi acondicionado em sacos de 50 kg e levados para Laboratório de Recuperação Degradadas da UFVJM para separação, identificação e análise.

Análises

As análises físicas do material foram realizadas no Laboratório de Mecânica e Física do Solo do Departamento de Agronomia da UFVJM, utilizando os dois materiais

(substrato 1 e 2). Foram avaliadas as seguintes características físicas: densidade (D_s), densidade de partícula (D_p), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mic), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e capacidade de retenção de água do substrato (CRA).

Os substratos foram homogeneizados e passados em peneira de 7,93 mm, antes de serem submetidos às análises físicas para retirar as partículas maiores.

A D_p foi determinada medindo-se o volume ocupado por 20 g de material fino seco em estufa, usando-se álcool etílico absoluto como líquido penetrante e balão aferido de 50 mL (EMBRAPA, 1979). AP foi obtida pelo método indireto (EMBRAPA, 1979). Os cálculos foram obtidos através da fórmula: $D_p = a/(50 - b)$, em que **a** é o peso da amostra seca a 105°C e **b**, o volume de álcool gasto.

Para a determinação da CRA as amostras do material foram acondicionadas em cilindros de PVC de 18,85 cm³, calculando a massa com base na densidade. Estes tiveram as bases forradas com tecidos de Nylon presas por um elástico de borracha. Todo conjunto (PVC, Nylon e elástico de borracha) foi previamente pesado antes do acondicionamento das amostras para a obtenção da tara a ser descontada posteriormente. As amostras distribuídas nos cilindros de PVC foram colocadas em bandejas e saturadas até dois terços da altura do recipiente por 24 horas. Depois, foram retiradas da bandeja e pesadas obtendo-se neste momento o volume de água correspondente a umidade de saturação da amostra (0 kPa) que equivale a porosidade total. Na sequência os cilindros foram mantidos na mesa de tensão sob a tensão de 1 kPa e após alcançar a estabilidade, as amostras foram retiradas, pesadas e saturadas para acondicionamento sob a tensão de 2 kPa. Os mesmos procedimentos foram realizados as tensões de 6 e 10 kPa. Em seguida, as amostras foram levadas para a estufa a 105 °C onde permaneceram até obtenção do peso constante para a determinação dos conteúdos de água. Obtida a curva, foram calculadas a PT, EA, AD, ARe e CRA segundo os parâmetros adotados por De Boodt;Verdonck (1972) e Wilson (1983).

Para a determinação da granulometria, foi utilizado o método da pipeta, com dispersão em NaOH 0,5 N e agitação mecânica (EMBRAPA, 1979). As frações areia fina e areia grossa foram separadas por peneiramento e as frações silte e argila por meio da sedimentação das partículas na suspensão já dispersada e estabilizada. De acordo com a lei de Stokes, diferentes tempos de sedimentação e diferentes alturas de suspensão do solo são considerados para separar argila mais silte e, depois, argila (MEDINA, 1972). Esta coleta adicional da suspensão (fração silte + fração argila)

incrementa a exatidão da determinação (RUIZ, 2005). A capacidade de campo foi determinada pelo método da coluna transparente (FERNANDES; SYKES 1968).

As análises químicas foram realizadas no laboratório de Fertilidade e Análise de Solo na UFVJM. Para determinar o pH, empregou-se a relação 1:2,5 de material:água (DEFELIPO; RIBEIRO, 1981). Na determinação de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} (KCl 1 N); K^+ e H^+Al (Acetato de Cálcio 1 N pH 7,0); P, Fe, Mn, Zn, Cu e Pb (Mehlich⁻¹), utilizou-se a metodologia proposta pela Embrapa (1979).

Para a análise mineralógica dos substratos foram coletadas amostras de rochas e saprolitos presentes na área. A mineralogia quantitativa dos saprolitos e rochas foi avaliada por meio de Inluorescência de Raio X, modelo EDX-720, com função Quick&Easy Air-metal.

Resultados

Os atributos físicos e químicos dos substratos são apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Características físicas dos substratos 1 e 2, provenientes de uma extração de ferro em Conceição do Mato Dentro- MG

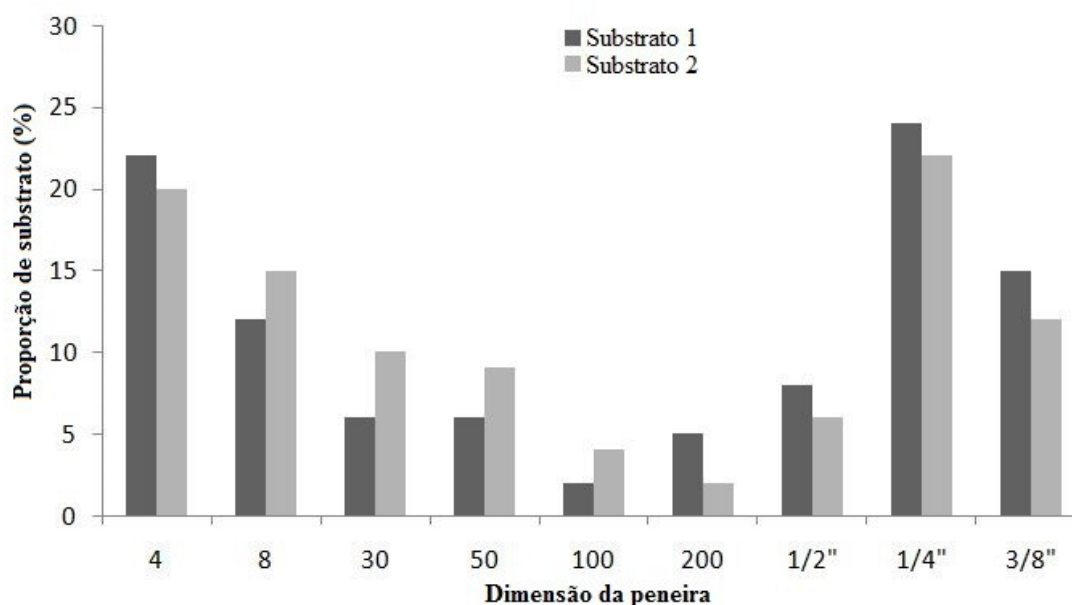
| | Substrato 1 | Substrato 2 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Areia Grossa (dag/kg ⁻¹) | 19,9 | 21,6 |
| Areia Fina(dag/kg ⁻¹) | 46,5 | 50,6 |
| Silte(dag/kg ⁻¹) | 29,9 | 22,3 |
| Argila(dag/kg ⁻¹) | 3,5 | 5,3 |
| Substrato(g/cm ³) | 2 | 1,4 |
| Partículas(g/cm ³) | 2,8 | 2,6 |
| Macroporosidade (%) | 40,9 | 42 |
| Microporosidade(%) | 14,9 | 17,5 |
| Porosidade Total(%) | 55,9 | 59,6 |
| Água Disponível | 5,9 | 6 |
| Espaço de Aeração(%) | 10,1 | 12,4 |
| Capacidade de Retenção de água(%) | 43 | 45,1 |
| Capacidade de Campo (60%) | 21,3 | 33,6 |

Tabela 2: Características químicas dos substratos 1 e 2, provenientes de uma extração de ferro em Conceição do Mato Dentro – MG.

| | Substrato 1 | Substrato 2 |
|--|-------------|-------------|
| pH | 5,6 | 5,5 |
| Ca^{+2} (Cmol _c dm ⁻³) | 0,2 | 0,1 |
| Mg^{+2} (Cmol _c dm ⁻³) | 0,1 | 0,1 |
| Al^{+3} (Cmol _c dm ⁻³) | 0,1 | 0,2 |

| | | |
|---|-------|-------|
| H+Al(Cmol _c dm ⁻³) | 1,6 | 1,3 |
| T (Cmol _c dm ⁻³) | 2 | 1,5 |
| SB(Cmol _c dm ⁻³) | 0,4 | 0,2 |
| t (%) | 0,5 | 0,4 |
| m (%) | 29,6 | 54,3 |
| MO (%) | 0,1 | 0,1 |
| V(%) | 19,6 | 14,6 |
| P (mg/dm ⁻³) | 0,6 | 2,3 |
| Fe (mg/dm ⁻³) | 146,6 | 119,1 |
| Zn (mg/dm ⁻³) | 0,2 | 0,2 |
| Cu (mg/dm ⁻³) | 1 | 1 |
| Mn (mg/dm ⁻³) | 1,4 | 8,1 |
| Ba (mg/dm ⁻³) | 0,3 | 0,1 |
| K (mg/dm ⁻³) | 2,7 | 8,2 |
| S (mg/dm ⁻³) | 0 | 0 |

Verifica-se na figura 1, que os dois substratos são compostos em sua maioria por granulometria menor de 4 mm, ou seja, compõem-se de um material particulado e pequeno.



Figural: Separação granulométrica por peneiras em dois substratos provenientes da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro – MG.

Os saprolitos e rochas observados nos dois substratos foram Biotita Xisto, Vermiculita Xisto1, Vermiculita Xisto 2, Petroplintita e Quartzo (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3: Teores médios de elementos em saprolitos e rochas encontrados em dois substratos na área de mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro- MG.

| Material | Mn | Fe | Zn | Cu | K | Ba | Al | S | Si | Cs | Cr | Ti |
|---------------|------|------|-----------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| -----%----- | | | | | | | | | | | | |
| Biotita | 0,08 | 70,6 | tr ² | tr | 0,16 | tr | 9,9 | tr | 25,8 | tr | tr | tr |
| Xisto | | | | | | | | | | | | |
| Vermiculita | 0,07 | 1,9 | 0,02 | tr | 5,94 | tr | 19,4 | 0,18 | 72 | tr | tr | 0,24 |
| Xisto1 | | | | | | | | | | | | |
| Vermiculita | 0,15 | 2,3 | 0,01 | 0,01 | 10,7 | tr | 30,1 | 0,19 | 56,1 | tr | tr | 0,2 |
| Xisto 2 | | | | | | | | | | | | |
| Petroplintita | 0,09 | 68,6 | 0,03 | tr | 0,12 | tr | 25,8 | tr | 3,9 | tr | 0,07 | 1 |
| Substrato 1 | 0,08 | 46,2 | tr | tr | 0,22 | tr | 14,4 | tr | 38,9 | 0,16 | tr | tr |
| Substrato 2 | 0,1 | 8,4 | 0,05 | 0,01 | 10,26 | 0,25 | 34 | tr | 27,7 | tr | tr | 0,63 |
| Quartzo | 0,28 | 12,3 | tr | 0,01 | 0,44 | tr | 4,2 | 0,06 | 82,3 | 0,22 | tr | tr |

Tabela 4: Correlação de elementos presentes em saprolitos e tipos de substratos em uma área de mineração em Conceição do Mato Dentro- MG.

| Saprolito | Substrato | |
|---------------------|-----------|--------|
| | 1 | 2 |
| Biotita Xisto | 0,92** | 0,39 |
| Vermiculita Xisto 1 | 0,64** | 0,77** |
| Vermiculita Xisto 2 | 0,63** | 0,90** |
| Petroplintita | 0,78** | 0,39 |
| Quartzo | 0,71** | 0,62** |

** : Representam testes com correlação significativa positiva a 95% de confiança.

Discussão

A densidade de partícula (Tabela 2) foram maiores do que normalmente é observado em solos minerais, valores entre $1 \cdot \text{cm}^{-3}$ a $1,4 \cdot \text{cm}^{-3}$ (JORGE, 1986; PREVEDELLO, 1996; DIAS, 2006). Geralmente os valores de densidade de partículas para latossolos está entre $1,4 \text{g/cm}^{-3}$ em menores profundidades e $0,97 \text{g.cm}^{-3}$ em maiores profundidades (KLEIN, 2002).

O substrato estudado apresenta densidade maior do que os valores encontrados em outros solos, como neosolo e latossolos devido a presença de minerais de elevada densidade. Estes minerais pesados são constituídos principalmente por óxidos de ferro, como a hematita, cuja densidade é de $5,26 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ e ainda a goethita, com $4,26 \text{gcm}^{-3}$ (SCHWERTMANN; TAYLOR, 1989, DIAS, 2006). Estes valores são considerados de risco para atividades antropicas, pois densidades de latossolo com valores acima de $3 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ podem ocasionar selamento superficial e dificuldades para o desenvolvimento de plantas devido a compactação (TORRES, 1997).

O material apresenta de 5 a 10% de torrões e partes maiores como calhaus (Figura 1). Enquanto a maior parte dos substratos estão concentradas nas partes mais finas como areia fina, até 60% em ambos substratos.

A tabela 1 demonstra que a composição granulométrica dos materiais excede 50% de areia do total do substrato. Isto está comprovado pela baixa capacidade destes substratos em reter água, conforme mostrado pela baixa capacidade de retenção de água e a capacidade de campo apresentados na tabela 1. As porcentagens de silte maiores que $20 \text{dag} \cdot \text{kg}^{-1}$ podem dificultar o estabelecimento das plantas. A infiltração da água no material é rápida, e quando se faz a irrigação, pode ocorrer formação de uma crosta na superfície ocasionando direcionamento da água e erosão. Isto ocorre devido a porcentagem de silte de 30 a 40% o que favorece isto (RESENDE et al., 1999; DIAS, 2006)

Os teores de argila são baixos e associado tem-se uma CTC considerada baixa tanto para o Substrato2, quanto para o Substrato 1, sendo necessário um melhor manejo destes substratos pois estes apresentam baixa capacidade química de sustentar uma vegetação. A baixa CTC está ligada a baixa retenção de cátions básicos no complexo de troca e conseqüentemente, problemas nutricionais para as plantas, sendo necessário elevar o teor de carbono orgânico nestes substratos (BAYER; MIELNICZUK, 1999, DIAS, 2006), com implemento de alguma técnica como transposição de top soil, adubação de cobertura ou aplicação de mulch para elevar o teor de matéria orgânica.

Estes dados de análise química de substrato estão de acordo com trabalho de Nunes (2013), onde o substrato apresentou uma textura franco arenosa, apresentando elevados percentuais de areia fina, o que pode incorrer em adensamento da camada superficial, diminuindo a infiltração da água e tende a aumentar a temperatura do substrato pela absorção de calor assim inibindo a germinação de plantas e crescimento de plântulas mais sensíveis.

Deve-se ressaltar que os valores de argila podem estar subestimados e os de silte e areia superestimados, já que a análise granulométrica foi a mesma usada para solos. Donagemna (2003), tem demonstrado este problema em Latossolos ricos em óxidos de ferro, onde há uma necessidade de completa dispersão do material, que é dependente de tratamentos para reduzir a quantidade de silte e areia nas amostras. Vale ressaltar que estas análises físicas foram originalmente desenvolvidas para solos agrícolas e não para rejeitos de mineração, mas devido a inexistência atual de métodos específicos para caracterizar esses materiais, os resultados servem como referencial.

De acordo com a classificação na Quinta Aproximação para Análise de Solos em Minas Gerais com análise química Melich-1, os substratos apresentaram valores de pH considerados “bons” para estabelecimento de plantas (Tabela 2), o que traz benefícios para uso destes em área de restauração, pois não necessita-se de correção para suprir a demanda de nutrientes para as plantas.

Os materiais são pobres em Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} , sendo necessário a correção química dos substratos, para que haja um desenvolvimento satisfatório das plantas sobre o mesmo (tabela 2). Este fato foi observado no trabalho desenvolvido para análises de substratos advindo de mineração de ferro em Mariana- MG (DIAS; 2006). Também, para análises físicas e químicas de lavras a céu aberto em São Luis, MA (NUNES, 2013) e para análises químicas em áreas de mineração de estanho na Amazônia (Rondônia), demonstrando que os valores de Ca e Mg apresentaram-se em pequenas proporções com relação as necessidades de uma planta (ONAGHI, 2013).

Os teores de P (Tabela 2) são baixos em todos os substratos analisados, devendo ser adicionado fosfatos para garantir desenvolvimento satisfatório das plantas durante a revegetação. Estes baixos teores devem estar relacionados a fixação do fósforo por cargas positivas de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (NOVAIS, 1999; DIAS, 2006).

Os teores de Alumínio em ambos os substratos foram baixos, isto se deve principalmente ao tipo de rocha que está presente na pedogênese no solo, tais como

saprolitos de vermiculita e rochas de quartzo. Isto ainda favorece o estabelecimento de espécies vegetais por não causar impedimento químico no crescimento de raízes pelo alumínio. Em contra-partida apresenta-se uma soma de bases e saturação por bases com teores muito baixos, o que indica que o material apresenta-se inerte e necessitados de adubação para dar suporte as vegetação.

Os teores de Zn, e Mn dos substratos também foram baixos. Os valores de Cu foram médios e o Fe apresentou valores elevados. Assim, constata-se que a adição de fontes de nutrientes em rejeitos de mineração deve ser aplicada para o desenvolvimento das plantas no processo de revegetação, seja em fontes orgânicas (TRINDADE et al., 1997) ou mineral (SILVA et al., 1995), devido a pobreza de nutrientes dos substratos (DIAS, 2006). Em trabalho, avaliando os impactos de mineração a céu aberto identificou a baixa fertilidade do substrato como um fator predominante em áreas mineradas devido ao tipo de revolvimento de solo (NUNES, 2013). Assim valores baixos de características químicas do solo são esperados.

Os teores de ferro foram altos nos substratos (Tabela 2 e 3), o que pode indicar problemas na revegetação dessas áreas, pois alguns elementos, em pequenas concentrações, são nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, entretanto em concentrações excessivas resultam em fito-toxidez (PAIVA et al., 2004). Elevado teor de ferro é o resultado do processo de formação dos substratos advindos das rochas, que em sua maioria apresentaram ferro em sua composição (Tabela 3).

Pelo teste de correlação, percebe-se que o Substrato 2 sofre influencia das vermiculitas xisto 1 e 2 como também do quartzo. O que explica a composição de elevados teores de silício. Já o substrato 1 apresenta-se correlacionado com todos os tipos de saprolitos/rochas presentes na área. Ou seja, os elevados teores de ferro podem estar relacionados a presença de petroplintita na área assim como a baixa fertilidade associada aos quartizitos.

Conclusão

Os substratos apresentam baixa capacidade de retenção de água e são propensos ao selamento superficial devido a quantidade de silte presente, o que pode ocasionar problemas de estresse hídrico nas mudas e erosão em sulcos afetando o desenvolvimento das plantas na revegetação.

Enquanto que as análises químicas indicaram que há necessidade de correção dos substratos, pois possuem baixos teores de macronutrientes e elevados teores de

ferro, que são oriundos das rochas de origem, havendo necessidade de corretivos e adubos.

Referencias bibliográficas

ABRAHÃO, W. A. P.; J. W. V. MELLO. **Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada.** p. 15-26. In L. E. DIAS.; J. W. V. MELLO (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas.** UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Viçosa, Minas Gerais. p.251.1998.

ALVES, J. M. P. & CASTRO, P. T. A. Influencia de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, Ouro Preto, v.33. n.2 p.117-124. 2003.

BAYER, C. & J. MIELNICZUK. **Dinâmica e função da matéria orgânica.** p. 9-26. In G. A. SANTOS & F. A. O. CAMARGO (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Genesis, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. p.491. 1999.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46 de 12/09/2006. (Aprova os **Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos**, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa). Diário Oficial da União, nº 177 de 14/09/2006.

CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Influence of pioner-species combinations on restoration of disturbed ecosystems in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **RevistaÁrvore**, Viçosa, v.33, n.5, p. 925-934, 2009.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Massachusetts, v. 26, n.2 p. 37 - 44, 1972.

DIAS, G. P.; FONTES, M. P. F.; COSTA, L. M.; BARROS, N. F. Caracterização química, física e mineralógica de estéreis de rejeito da mineração de ferro da mina de Alegria, Mariana- MG. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v.36, n.1, p.45-52, 2006.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: **Recuperação de Áreas Degradadas.** Viçosa: UFV/SOBRAGE, p. 1-7, 1998.

DONAGEMMA, G. K. H. A.; RUIZ, M. P. F.; FONTES, J. C. KER & C. E. G. R. SCHAEFER. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.765-772. 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ, não paginado. (Série Miscelânea1). 1979

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Segunda edição. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, v.1p. 212, 1997.

ESPERANÇA, A. A. F.; DEMOLINARI, R. A.; SOARES, C. E.; MARTINS, S. V.; NETO, A. M. **Caracterização fitossociológica da regeneração natural de uma área restaurada após a mineração de bauxita, em Itamarati de Minas, MG**. In: Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental – Guarapari, ES, p. 321. 2011.

ESPÓSITO, T. J. **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico**. 2000. 363p. Tese Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de Brasília. Brasília. 2000.

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; LINDOSO, G. S. Bases florísticas para a recuperação de áreas degradadas na bacia do São Francisco no bioma cerrado. In: FELFILI, J. M.; SAMPAIO, J. C.; CORREIA, R. M. A. C. (orgs.). **Bases para recuperação de áreas degradadas na bacia do São Francisco**. Brasília: CRAD. 216p. 2008.

FERNANDES, B. & D. J. SYKES. Capacidade de campo e a retenção de água em três solos de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.15, n.1, p.1-39. 1968

FERNANDES, B. H. M. GALLOWAY & R. D. BRONSON. Condutividade hidráulica de solos saturados, em três sistemas de manejo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.30, n.3,p.232-243. 1983.

FIGUEIREDO, P. H. A.; MIRANDO, C. C.; MATEUS, F. A.; VALCACEL, R. Avaliação do potencial seminal da *Cecropia Pachystachya Trécul* no banco de sementes do solo de um fragmento florestal em restauração espontânea na Mata Atlântica, Pinheiral – RJ. **Revista de Biociências da Universidade de Taubaté**. São Paulo, v.17 n.2, 2011.

FONTES, A. V. **Caracterização Tecnológica de Minério de Ferro Especularítico** – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, p.; 1-29, 2013.

FONTES, A.V.; GOMES, O. D. M. Classificação Automática de Tipos de Hematita em Minério de Ferro por análise de textura. In: **XX Jornada de Iniciação Científica do CETEM**, Rio de Janeiro. 2012.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**: técnicas de revegetação. Ibama, Brasília.v.1p.96. 1990.

JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas. p.328.1986.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.26, n.4, p.857-867, 2002

MARTINS, S. V. et al. A contribuição da ecologia florestal no desenvolvimento de modelos e técnicas de restauração florestal de áreas degradadas. **Revista Ação Ambiental**.Viçosa.v.10, n.36, p.10-13, 2007.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, p.270, 2009

MEDINA, H.P. Física do Solo:Constituição física. In: Elementos de pedologia, São Paulo, p.11.20, 1972

MELO, V.F. Potássio e magnésio em minerais de solos e relação entre propriedades da caulinita com formas não trocáveis destes nutrientes. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa,(Tese de Doutorado em Solos) p.205,1998.

NOVAIS, R. F.; SMYTH. T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. **Revista Árvore**. Viçosa, v.3, n. 2, p.300 1999.

NUNES, Z. M.; FILHO, M. S. F. Impactos da mineração sobre as funções e os atributos químicos e físicos do solo – o caso da comunidade Taim em São Luis, MA. In: **Anais...XIV Encuentro de geógrafos de America Latina**. p.231 Peru, 2013.

ORNGAGHI, A. M.; SILVA, E. G.; YADA, M. M.; MELO, W. J.; RIBEIRO, A. I. Atributos químicos em solos degradados por mineração em fase de recuperação em ecossistema amazônico – Mina 14 de Abril. **Revista Ciência e Tecnologia**., Jaboticabal, v.5, n 2. p. 19-45 2013.

PAIVA, H.N. Absorção de nutrientes por mudas de ipê roxo, *Tabebuia impetiginosa* em solução nutritiva contaminada por cádmio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.189-205, 2004.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. p. 446. 1996.

RESENDE, M.; CURI, N. & LANI, J.L. **Tropical soils**: implications on sustainable development. In: SCIENCE for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 1999.

REZENDE, L. A. L. **Reabilitação de campos ferruginosos degradados pela atividade mineraria no quadrilátero ferrífero**. 2010, (Dissertação de Mestrado em Ciencia Florestal)-p.45.Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

RODRIGUES, E.R.; MONTEIRO, R.; JUNIOR, L.C. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do pontal Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.853-861, 2010.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.2, p. 297-300. 2005.

SALOMÃO, R.P; ROSA, N.A; MORAES, K. A. C.Dinâmica da regeneração natural em áreas mineradas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 2, n. 2, p. 85-139, 2007.

SANTOS, J.F et al. Horizontal structure and composition of the shrubby-arboreal strata in forest planted to rehabilitate a degraded area of the Brazilian Atlantic Forest, Rio de Janeiro. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v.38, n.1, p.95-106, 2011.

SCHWERTMANN, U. TAYLOR, R.M. Iron oxides, Minerals In Soil Environments (2nd ed.), Soil Science. Society. American (1989), p. 379–438 Chap. 8, 1989.

SILVA , J. M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of an Atlantic Forest in the understory of an *Eucalyptus grandis* stand in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, n.3, p. 148-152, 1995.

SILVA, G. P.; FONTES, M. P. F.; COSTA, L. M.; BARROS, N.F. Caracterização química, física e mineralógica de estéreis e rejeito da mineração de ferro da mina de Alegria, Mariana – MG. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.36.n.1,p.45-52, 2006.

SILVA, S. R.; PROCÓPIO, S. O.; QUEIROZ, T. F. N.; DIAS, L. E. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.189-196. 2004.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja** Londrina: Embrapa Soja, p.58 (Embrapa Soja Circular Técnica), 1997.

TRINDADE, A. V.; A. C. P. DIAS & I. JUCKSCH. Efeito de resíduos urbanos e de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de capim gordura *Melinis minutiflora* e cedro *Cedrela fissilis* em rejeito de mineração. **RevistaÁrvore**, Viçosa, v.21, n.4, p.575-582. 1997.

WILSON, C. G. S. Tomato production in bark substrates. **Acta Horticulturae**, Massachusetts, v. 150,n.4 p. 271-276, 1983.

Capítulo 2

Sobrevivência e crescimento de espécies nativas da mata Atlântica inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares em substratos de mineração de ferro.

Resumo

O conhecimento das espécies arbóreas nativas com bom potencial de resposta à inoculação com FMAs é de grande importância para a recuperação de áreas degradadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a sobrevivência e crescimento de plântulas de espécies nativas de Mata Atlântica, inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares, em substratos oriundo da mineração de ferro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial, 4 espécies x 2 com e sem inoculação, em dois substratos. Dentre as espécies avaliadas a *Senna multijuga* apresentou maior sobrevivência em ambos os substratos e as maiores médias de crescimento nos tratamentos com uso da inoculação com fungos micorrizicos.

Palavras chave: *Senna multijuga*, recomposição, CI 600.

Abstract

Knowledge of native tree species with good potential response to mycorrhizal inoculation is of great importance for the recovery of degraded areas. The aim of this study was to evaluate the survival and growth of seedlings of native species of Atlantic Forest, inoculated with mycorrhizal fungi in substrates derived from the iron mining. The experiment was conducted in a greenhouse in a randomized complete block design in a factorial scheme 2 x 4 species with and without inoculation, in two substrates. Among the species evaluated multijuga Senna showed higher survival in both substrates and larger growth in treatments with use of inoculation with mycorrhizal fungi.

Keywords: *Senna multijuga*, restoration, CI 600.

Introdução

A exploração predatória dos recursos naturais pode resultar na degradação ambiental e na perda de biodiversidade (RODRIGUES et al., 2011). O uso sustentável desses recursos deve se basear no conhecimento sobre o funcionamento dos

ecossistemas da biodiversidade e da complexidade das interações ecológicas. O restabelecimento das condições ambientais semelhantes às originais pode assumir caráter de restauração, reabilitação ou recuperação (HERRERA et al., 1993; LOTT et al., 2004). A restauração de áreas degradadas pela atividade antrópica demanda a utilização de diferentes técnicas envolvendo conhecimentos multidisciplinares, sendo obrigatória não somente em função da legislação ambiental, mas devido à pressão exercida atualmente pela opinião pública sobre empresas e governos (FILHO, 2013).

Intervenções nessas áreas degradadas, por meio de técnicas de recuperação, podem acelerar o processo de regeneração, em comparação à regeneração natural, permitindo que ocorra a sucessão vegetal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000). A revegetação pelo plantio de mudas é uma das maneiras de intervenção que produz um efeito catalítico. Promovendo mudanças nas condições microclimáticas, aumentos na complexidade estrutural da vegetação e no desenvolvimento das camadas de serrapilheira e húmus durante os primeiros anos do plantio, fazendo com que aumente a chegada de sementes na área, por atrair agentes dispersores (PARROTA et al., 1997; SCABORA et al., 2011). No entanto, em áreas fortemente degradadas o sucesso dessa técnica é favorecida quando associado a inoculação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nas espécies alvo (FMA)(PERRY, 1987; JASPER, 1994; CARNEIRO, 1995; FRANCO, 1995, SIQUEIRA, 1995; JANOS, 1996; MOREIRA, 2002). Assim o conhecimento das espécies arbóreas nativas responsáveis à inoculação com FMAs é de grande importância para a recuperação de áreas degradadas.(SUGAI, 2011).

Os FMAs associam-se à maioria das espécies de plantas e são capazes de absorver nutrientes do solo que são transferidos para as raízes do hospedeiro (WANG; QIU, 2006). Atuam como um complemento do sistema radicular da muda capaz de aumentar a absorção de P e outros nutrientes, proteção contra patógenos e maior resistência ao estresse hídrico (LYNCH, 2005), dessa forma, favorecendo o crescimento e antecipando o plantio de mudas em campo, promovendo maior sobrevivência das mudas em viveiros e após o transplante no campo e nos períodos secos (VANDRESEN et al., 2007).

Na busca de soluções para a recuperação de áreas a escolha das espécies de leguminosas arbóreas requer um estudo das exigências nutricionais e da capacidade de crescimento em solos alterados (MARTINS et al., 2006). Dentre as vantagens de utilizar espécies nativas está a contribuição para a conservação da biodiversidade regional, que protege ou expande as fontes naturais de diversidade genética da flora e da fauna a ela

associada. As espécies florestais nativas apresentam, ainda, importantes vantagens técnicas e econômicas, em virtude da proximidade da fonte de propágulos, o que facilita a aclimação e perpetuação das espécies (OLIVEIRA-FILHO, 1994). Diversas espécies nativas são promissoras para o revegetação de áreas onde a vegetação foi retirada, desde que suas exigências nutricionais sejam supridas (SCABORA et al., 2011).

Como as espécies arbóreas encontradas em uma área natural têm ritmos de crescimento e necessidades ecológicas diferentes nos diversos estágios de desenvolvimento, o conhecimento da ecologia das espécies é muito importante no estabelecimento de florestas mistas. Assim, nos plantios mistos, deve-se optar pelo uso de espécies arbóreas de diferentes estágios de sucessão, assemelhando-se à floresta natural, que é composta de um mosaico de estágios sucessionais (JESUS, 1994).

A Senna multijuga (Collad.) Irwin et Barn., é uma espécie semi-decídua ou decídua durante o inverno, heliófita, pioneira, indiferente às características físicas do solo, e muito frequente em formações secundárias de regiões de altitude. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis e floresce de maneira exuberante durante vários meses do ano (LORENZI, 1992). Devido ao seu crescimento rápido, essa espécie tem sido utilizada na recuperação de áreas degradadas.

A Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan, Fabaceae, popularmente conhecida como angico, é uma arbórea com potencial para plantio em florestas mistas destinadas à recomposição de áreas degradadas de preservação (LORENZI, 2002).

A *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr., conhecida comumente como pau-jacaré, caracteriza-se por ser pioneira de rápido crescimento, a qual tem sido indispensável nos reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente. O pau-jacaré tem crescimento considerado rápido, atingindo até $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, aos 8 anos de idade, com estimativa de rotação de seis a oito anos para lenha e carvão e de 15 anos para madeira serrada (CARVALHO, 2004).

A *Plathymenia foliolosa* Benth (vinhático) é típica de Mata Atlântica, heliófita, com dispersão irregular e descontínua ao longo de sua área de ocorrência (LORENZI, 2008). Esta planta apresenta potencial de uso econômico e indicação para recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA et al., 1998). Apesar do potencial econômico e ambiental do vinhático há poucas informações sobre sua propagação e germinação em condições de laboratório (LOPES et al., 2010). As melhorias proporcionadas pelos FMA a essas espécies arbóreas micotróficas, nas fases iniciais da sucessão, podem

possibilitar o estabelecimento e o crescimento de plântulas das fases mais tardias da sucessão (ZANGARO FILHO et al., 2000).

O objetivo deste estudo foi avaliar a sobrevivência e crescimento de mudas de espécies nativas de Mata Atlântica em substratos oriundo da mineração de ferro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em Casa de Vegetação no Centro de Propagação de Espécies Vegetais (CIPEF) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) no campus JK em Diamantina, MG.

Foram selecionados na área de mineração dois tipos de substratos que são representativos das áreas em recuperação. Sendo o primeiro um substrato arenoso, de textura média, distrófico, com coloração escura, denominado Substrato 1 (Figura 1A). O outro substrato é arenoso, de textura media, distrófico com coloração clara, apresentando fragmentos de quartzo e canga, denominado Substrato 2 (Figura 1B). Ambos os substratos passaram pelo processo de solarização por 15 dias (RITZINGER, 2010). Para reduzir a ocorrência de fungos nativos foi realizada a extração e observação de esporos no solo antes e depois da solarização.

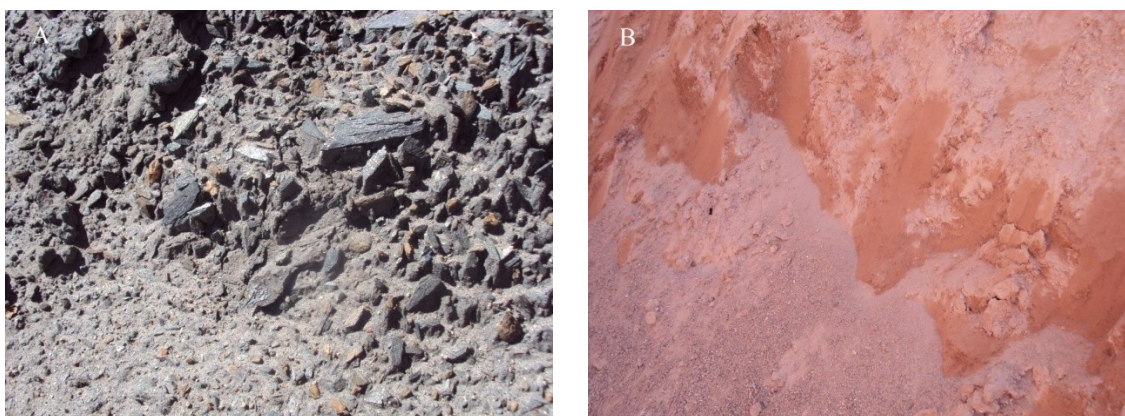


Figura 1: Dois substratos oriundos da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro-MG.

Após a solarização os substratos foram acondicionados em vasos de 17 dm³ e perfurados.

Com base nos dados dos inventários das áreas da empresa, foram selecionadas e coletadas sementes das espécies, *Piptadeniagonoachantha*, *Senna multijuga*, *Plathymeniafoliolosa* e *Anandenanthera colubrina*. As sementes foram beneficiadas e

procedeu-se a quebra de dormência, germinação em BOD contendo areia lavada e esterilizada para obtenção das plântulas.

Foi realizada uma análise química dos substratos para determinação da quantidade de adubo e calcário a ser utilizada nos vasos. Para análise química de P foi recomendado 1ppm de fósforo em água, procedendo-se os testes piloto.

De acordo com a análise química dos substratos foi adicionado 20 g de calcário dolomítico por kg de substrato em cada vaso, juntamente com 30 g de super simples por kg para ambos os substratos.

No momento do plantio as plântulas foram inoculadas com 200 esporos de fungos *Paraglomus oculum* e *Claroideoglomus etunicatum* adicionados por meio de 25 g de solo inoculo (MELO, 2012). Aos 10 e 30 dias após o plantio as plântulas foram adubadas com 100 mg*dm⁻³ de N e K, sendo o N aplicado na forma de 20 mL de solução de uréia por plântula.

Para cada vaso foram transplantadas três mudas, sendo consideradas réplicas. A irrigação foi feita manualmente de acordo com os resultados da capacidade de campo de cada substrato em 70%. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados no esquema fatorial 4x2 sendo quatro espécies e vasos com e sem inoculação, com cinco repetições, sendo isto feito para cada tipo de substrato. A sobrevivência das mudas foi avaliada aos 180 dias após o transplante das plântulas para os vasos.

As variáveis altura total, diâmetro do coleto, número de folhas e área de copa das plantas foram avaliadas aos 180 dias após o plantio. As plântulas foram retiradas dos vasos, separadas em parte aérea e raízes para obtenção da massa seca e contagem de porcentagem radicular colonizada. (KOSKE & GEMMA, 1989).

Para a avaliação da porcentagem comprimento radicular colonizada pelo fungo, as raízes foram colocadas em placas e mergulhadas em solução de KOH 10% em banho maria, por 24 horas. Em seguida, foram lavadas em água corrente e colocadas em solução de HCl (1%) por 5 minutos. As placas foram adicionadas uma solução de azul de tripano em lactofenol (0,05%), mantidas de 20 minutos (PHILLIPS;HAYMAN,1970). A avaliação da colonização micorrizica foi realizada pelo método de Giovanetti& Mosse (1980), com auxílio de microscópio, a fim de determinar a presença ou ausência das estruturas fungicas em interseções de segmentos de raízes, com os retículos espaçados de 1/2 polegada, marcadas em placa de Petri. Para

secagem o material colocado em estufa de circulação de ar a 60°C até atingir peso constante, para determinação da massa seca da parte aérea.

Para a análise de crescimento de raízes principais e secundárias efetuou-se em cada vaso um orifício para adicionar um cano de PVC com diâmetro de 75 mm e 40 cm de comprimento. No momento da leitura do aparelho retirava-se o cano e inseria o *CI600- Root-Manager Scanner*, para acompanhar o desenvolvimento de raízes (Figura 2). Com o programa *Safira* (EMBRAPA,2012) foi feita a medições de presença ou ausência de raízes, os diâmetros das raízes, comprimento visual e divisão de raízes fasciculadas e pivotantes em porcentagens.



FIGURA 2: Detalhes do cano de PVC no orifício para avaliação das raízes(A) e uso do equipamento *CI 600 Root Manager* (B)

Os resultados das variáveis avaliadas (altura, número de folhas, área de compa e diâmetro do coleto) foram submetidos a teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a análise de variância (ANOVA), sendo as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados de contagem de esporos e as porcentagens da colonização radicular foram transformados em $(x+1)^{1/2}$ e arco-seno $(x)^{1/2}$.

De acordo com o teste Shapiro Wilk os dados não apresentaram normalidade. Dessa forma procedeu-se com a transformação dos dados e Anova. A Anova de sobrevivência para o substrato 1 e 2 é apresentado na tabela 3.

Resultados

Verifica-se na tabela 1 que a solarização reduziu o numero de esporos em até 90%.

Tabela 1: Número de esporos em substratos da mineração de ferro após a solarização por 15 dias em Diamantina – MG.

| Substratos | Média de esporos | |
|-------------|------------------|-----------------|
| | Com solarização | Sem solarização |
| Substrato 1 | 3 | 21 |
| Substrato 2 | 3 | 45 |
| Média | 3 | 33 |

Foram observadas para as espécies *Plathymeniafoliolosa* e *Piptadenia gonoacantha* (Tabela 2) as maiores taxas de mortalidade nos dois substratos com e sem inoculação. Por outro lado, a *Senna multijuga* foi a espécie que apresentou a maior sobrevivência das plântulas nos dois substratos com o uso de inoculação. Conforme observado na tabela 2, houve baixa porcentagem de sobrevivência em algumas espécies estudadas.

Tabela 2: Sobrevivência aos 180 dias para quatro espécies da família fabaceae em um experimento com e sem inoculação de FMA em dois substratos de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG.

| Espécie | Substrato 1 | | Substrato 2 | |
|--------------------------------|-------------|-----|-------------|------|
| | I | N.I | I | N.I |
| <i>Plathymeniafoliolosa</i> | 0 | 0 | 0 | 10 |
| <i>Piptadeniagonoacantha</i> | 0 | 0 | 6,6 | 13,3 |
| <i>Senna multijuga</i> | 50 | 0 | 54 | 0 |
| <i>Anadenanthera colubrina</i> | 10 | 0 | 40 | 16,6 |

Em que: I= inoculadas eN.I= Não inoculadas.

A tabela de anova juntamente com teste de tukey a 5% é apresentado na tabela 3 e 4.

Tabela 3: Resumo da análise de variância para sobrevivência aos 180 dias em um experimento com e sem inoculação de FMA de quatro espécies da família fabaceae em dois substratos da mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina,

MG. Em que: ns = não significativo, * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, QM = quadrado médio e CV = coeficiente de variação experimental.

| Fonte de variação | Substrato 1 | Substrato 2 |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| | QM | QM |
| Bloco | 910,62 ^{ns} | 1686,3 ^{ns} |
| Espécie (E) | 3028,9* | 3653,7 ^{ns} |
| Resíduo a | 696,4 ^{ns} | 1927,8 ^{ns} |
| CV exp | 404 | 252 |
| Inoculação (I) | 3746,5* | 3474,1 ^{ns} |
| ExI | 3084,4* | 4710,8* |
| Resíduo b | 323,5 ^{ns} | 1084,2 ^{ns} |
| CV exp | 275 | 189 |

Verifica-se na tabela 3, que não foi influenciada a porcentagem de sobrevivência para tanto para espécies e nem para a inoculação e interação entre estes dois fatores.

Tabela 4: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do coleto, altura de planta, número de folhas e copa aos 180 dias em um experimento com quatro espécies da família fabaceae com e sem inoculação de FMA no substrato 1 de mineração conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG.

| Fonte de variação | Diâmetro | Altura | Número de folhas | Copa |
|-------------------|----------|---------|------------------|----------|
| | QM | QM | QM | QM |
| Bloco | 1,18 | 18,09 | 14,8 | 16895,2 |
| Espécie (E) | 5,79* | 102,1* | 54,14* | 90930,2* |
| Resíduo a | 1,09 | 17,6 | 10,8 | 16397,1 |
| CV exp | 257 | 257 | 235 | 261 |
| Inoculação (I) | 6,6* | 106,4** | 78,4* | 96211,5* |
| E x I | 5,79* | 102,1** | 54,1* | 90930,2* |
| Resíduo b | 1,14 | 17,7 | 11,8 | 16521,7 |
| CV exp | 263 | 258 | 246 | 262 |

Em que: ^{ns} Não significativo. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação experimental.

Tabela 5: Resultados do teste de Tukey a 5% em um experimento com quatro espécies da família fabaceae no substrato 1 de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG.

| Variáveis | Inoculadas | Não Inoculadas |
|-----------|------------|----------------|
|-----------|------------|----------------|

| | <i>Senna multijuga</i> | <i>Anandenanthera colubrina</i> | <i>Senna multijuga</i> | <i>Anandenanthera colubrina</i> |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Sobrevivência (%) | 10Aa | 50 Ba | 0 Aa | 0 Aa |
| Altura (Cm) | 12,8Ba | 0,2 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| Diâmetro (mm) | 3,09 Ba | 0,15 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| Área de copa (Cm ²) | 8,2 Aa | 384 Ba | 0 Aa | 0 Aa |
| Número de folhas | 9,7 Ba | 1,5 Aa | 0 Aa | 0 Aa |

Letras maiúsculas indicam comparação entre colunas. Letras minúsculas indicam comparação entre linhas.

A espécie *Senna multijuga* no substrato 1 apresentou maior media para diâmetro diferindo estatisticamente das demais, pelo teste tukey a 5%. Constatou-se ainda que houve efeito da inoculação no incremento em diâmetro para esta espécie, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Para a interação entre fatores a *Senna multijuga* apresentou-se diferindo significativamente de todas as demais.

Para variável altura, somente a espécie *Senna multijuga* apresentou significância, diferindo de todas as demais. Já para os valores de inoculação, estes foram maiores do que aqueles sem inoculação pelo teste de tukey.

A *Senna multijuga* e a *Anandenanthera colubrina* apresentaram valores que diferiram das demais espécies pelo teste de tukey a 5%. Para número de folhas o tukey apresentou a inoculação diferindo significativamente, assim como na inoculação apresentou interação com a *Senna multijuga* sendo estatisticamente diferente das demais.

Para valores de copa, a espécie *Senna multijuga* foi maior que todas as demais espécies. A inoculação também se apresentou superior para copa, quando houve presença de inoculação. Para interação entre fatores, a espécie *Senna multijuga* apresentou significância quando inoculada, sendo esta a de maior media.

A tabela de Anova e testes de media são apresentados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Resumo da análise de variância aos 180 dias em um experimento com inoculação de FMA em quatro espécies fabáceas no substrato 2 de mineração situado em Diamantina, MG.

| Fonte de variação | Diâmetro | Altura | Número de folhas | Copa |
|-------------------|----------|--------|------------------|------|
|-------------------|----------|--------|------------------|------|

| | QM | QM | QM | QM |
|----------------|-------|--------|--------|-----------|
| Bloco | 1,63 | 26,6 | 41,6 | 43107,2 |
| Espécie (E) | 4,39* | 95,1* | 100,4 | 154877,3 |
| Resíduo a | 1,13 | 19,5 | 25,2 | 442696 |
| CV exp | 176 | 187 | 169 | 283 |
| Inoculação (I) | 7,69* | 133,5* | 141,9* | 189922,8 |
| E x I | 5,47* | 113,3* | 53,9 | 161752,1* |
| Resíduo b | 1,26 | 20,9 | 18,4 | 43295,3 |
| CV exp | 185 | 194 | 144 | 280 |

Em que: ^{Ns} Não significativo. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação experimental.

Tabela 7: Resultados do teste de Tukey a 5% em um experimento com quatro espécies da família fabaceae no substrato 2 de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG.

| Espécie | Sobrevivência (%) | | Altura (Cm) | | Diâmetro (mm) | | Área de copa (Cm ²) | | Número de folhas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----|-------------|-----|---------------|-----|---------------------------------|-----|------------------|-----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| | I | N.I | I | N.I | I | N.I | I | N.I | I | N.I | | | | | | | | | | |
| <i>Plathymenia foliolosa</i> | 0 | aa | 10 | Aa | 0 | a | 0,2 | aa | 0 | A | 0,1 | Aa | 0 | aa | 0,02 | Ab | 0 | a | 0,4 | a |
| <i>Piptadenia gonoachanta</i> | 6,6 | ab | 13,3 | Aa | 0,66 | Aa | 0,6 | Aa | 0,19 | Aa | 0,15 | Aa | 3,9 | Aa | 1,1 | Aa | 0,53 | Aa | 0,52 | Aa |
| <i>Senna multijuga</i> | 54,5 | Bc | 0 | Aa | 13,7 | Ab | 0 | Aa | 3,05 | Ab | 0 | Aa | 51,8 | Bb | 0 | Aa | 8,6 | Ab | 0 | Aa |
| <i>Anadenanthera colubrina</i> | 40 | Bbc | 16,6 | Aa | 2,3 | Aa | 1,2 | Aa | 0,92 | Aa | 0,37 | Aa | 50 | Ba | 20,4 | Aa | 10,2 | Ab | 3,4 | Aa |

Em que: I= Inoculação, N.I= Não inoculação.

Letras maiúsculas indicam comparação entre colunas. Letras minúsculas indicam comparação entre linhas.

Pelo teste de Tukey a 5%, os tratamentos com inoculação diferiram daquelas sem inoculação para as variáveis, diâmetro, altura, número de folhas e copa.

Para diâmetro as *Piptadeniagonoachanta*, *Anadenanthera colubrina* e *Senna multijuga* foram iguais pelo teste de Tukey a 5%. Mas para a interação entre espécie e inoculação somente a espécie *Senna multijuga* (quando inoculada) sendo superior a todas demais.

A *Senna multijuga* e *Anadenanthera colubrina*. foram iguais para a altura, porém para a interação, somente a espécie *Senna multijuga* apresentou-se diferenciando das demais com maiores médias, quando houve presença do solo inoculo.

Em relação ao número de folhas, não houve diferença entre as espécies, mas houve interação entre espécie e inoculação, as espécies *Senna multijuga* e *Anadenanthera colubrina* apresentaram as maiores médias, diferenciando das demais, quando estas foram inoculadas.

A copa não apresentou diferença entre espécies. Mas pela interação entre espécies e inoculante, a espécie *Senna multijuga* apresentou maiores médias, sendo considerada diferente de todas demais para copa.

A porcentagem de comprimento radicular colonizado é apresentado na figura 3. Conforme esperado, percebe-se que houve maior porcentagem de comprimento radicular colonizado onde houve acréscimo de solo-inoculo composto de *Paraglomus ocutum* e *Claroideoglopus etunicatum*.

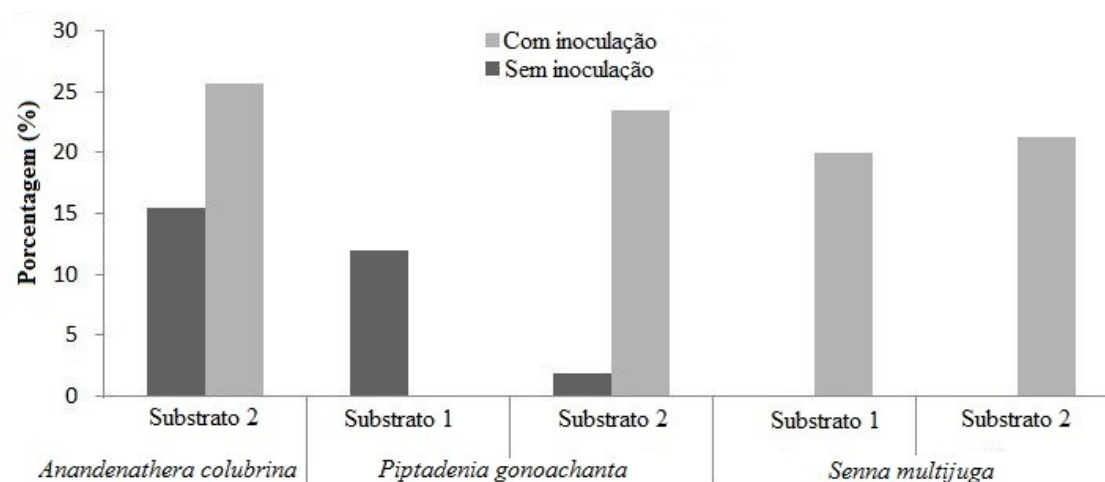


Figura 3: Porcentagem de comprimento radicular colonizado em espécies fabáceas inoculadas com FMAs (*Paraglomus ocutum* e *Claroideoglopus etunicatum*) em substratos de mineração em Diamantina – MG.

Os resultados de massa seca, comprimento de parte aérea e raiz estão apresentados na figura 4.

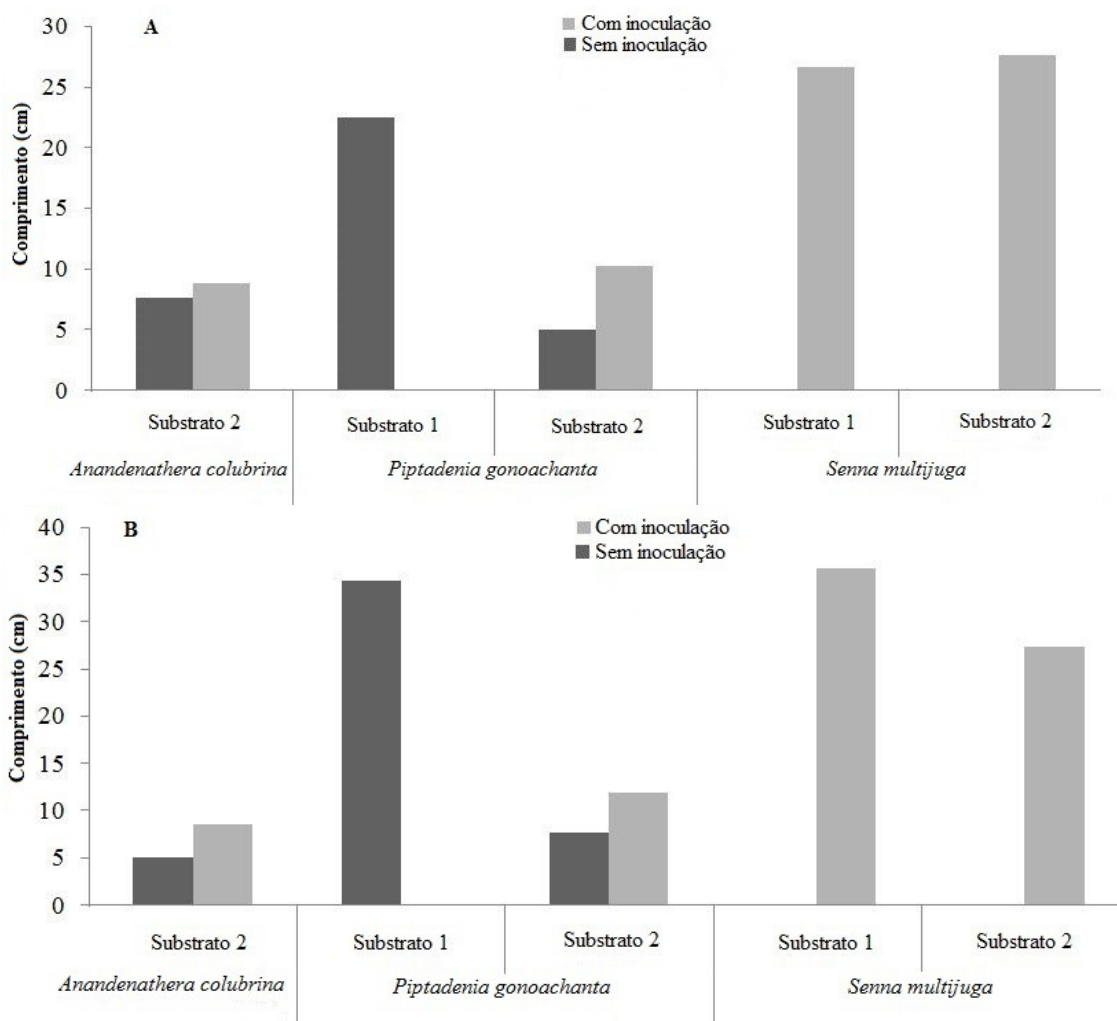


Figura 4: Alongamento de parte área (A) e raiz (B) em espécies fabáceas inoculadas com FMAs em substratos de mineração em Diamantina- MG.

A massa área e de raiz é apresentado na tabela 8.

Tabela 8: Massa de parte aérea e raiz de espécies fabaceas inoculadas com FMAs em substratos de mineração em Diamantina – MG.

| Espécie | Substrato | Inoculação | Parte aérea (g) | | Raiz (g) |
|--------------------------------|-----------|------------|-----------------|--------|----------|
| | | | Úmido | Seco | Úmido |
| <i>Senna multijuga</i> | 2 | Sim | 12,8 a | 4,95 a | 12,76 a |
| <i>Senna multijuga</i> | 1 | Sim | 14,33 a | 6,63 a | 21,16 a |
| <i>Anadenanthera colubrina</i> | 2 | Sim | 1,55 a | 0,4 b | 0,67 b |
| <i>Piptadeniagonoachanta</i> | 2 | Sim | 1,45 a | 0,02 b | 0,75 b |
| <i>Anadenanthera colubrina</i> | 2 | Não | 0,9 b | 0,35 b | 0,35 b |
| <i>Piptadeniagonoachanta</i> | 2 | Não | 0,1 b | 0,02 b | 0,1 b |
| <i>Piptadeniagonoachanta</i> | 1 | Não | 13,45 a | 6 a | 17,55 a |

De acordo com análises pelo aparelho *CI 600 Root Manager* constatou-se a presença de raízes na lateral do tubo e 100% dos vasos com mudas inoculadas, ou seja,

houve alongamento de raízes lateralmente que foram detectadas pelo programa *Safira*. Enquanto que, para os tratamentos nos inoculados verificou-se a presença de raízes laterais em apenas 33% dos vasos.

Discussão

A inoculação resultou em crescimento diferenciado das plântulas para todas as espécies avaliadas. Vários resultados demonstram que a colonização micorrízica e a eficiência micorrízica aumentam com adição de baixos teores de P (MOREIRA-SOUZA; CARDOSO, 2002; MOREIRA et al., 2007;), ou pode ser reduzida em altos teores de P (SENA et al., 2004). Assim como o desenvolvimento das plantas também podem ser afetado pelo teor P no solo (COSTA et al., 2005).

Em geral, a inoculação promoveu maior incremento em todos os parâmetros de crescimento avaliados (Tabelas 5 e 7), ao contrário do que aconteceu com as plântulas não inoculadas, que em todas as características apresentaram valores menores e significativamente diferentes.

Apesar da ausência de especificidade, o estabelecimento da simbiose micorrízica é determinado por fatores edafoclimáticos e aspectos da relação fungo-planta, assim, a utilização de diferentes espécies vegetais resulta em respostas diferenciadas por parte do hospedeiro (CAVALCANTE et al., 2002; COSTA et al., 2001), assim explicando a diferença entre o comportamento entre os fungos e plântulas que houve em algumas espécies enquanto em outras não houve este incremento expressivo. Em outras situações, a associação com *G. etunicatum* não promoveu o crescimento de mangabeira (COSTA et al., 2001) e limoeiro-cravo (MELLONI et al., 2000) em relação ao controle, enquanto que somente porta-enxertos submetidos a inoculação foram superiores atestando com relação ao acúmulo de massa seca da parte aérea e raízes (SILVEIRA et al., 2002). Esses resultados demonstram, mais uma vez, a influência dos genótipos dos simbiontes na eficiência da simbiose e a necessidade de estudos sobre a eficiência de espécies micorrízicas no desenvolvimento de mudas de diferentes espécies vegetais.

O efeito do fungo simbionte sobre o diâmetro e altura do caule para todas as espécies, pode refletir o estágio em que a colonização começa a ser traduzida em benefícios para a planta hospedeira. Essa resposta do fungo pode ser causada pelo fato de que, durante os primeiros dias, as plântulas ainda crescem utilizando as reservas das

sementes, e assim são independentes de nutrição externa ou da colonização micorrizica, porém sendo logo dependentes de um fator catalisador em arrecadação de nutrientes e água. Outro fato que poderia levar a uma demora na resposta de crescimento da planta seria uma redução da disponibilidade de fotossintatos para o crescimento desta, a qual poderia surgir nos estádios mais iniciais da colonização (SCHWB, 1998). Esse atraso temporário no crescimento da planta pode ser causado, provavelmente, pela penetração inicial do fungo nas raízes. O fungo atuando como um forte dreno de carboidratos produzidos pela planta hospedeira, os quais são utilizados para o crescimento do simbionte e para seu próprio metabolismo, pode levar a um atraso em se observar um crescimento mais acentuado nos primeiros estádios da colonização, uma vez que esta ainda se encontra incompleta (SMITH, 1980).

Comparando os resultados obtidos para as plântulas sem inoculação com as plantas com inoculação, pode-se concluir que o ganho na área foliar e número de folhas foi em decorrência da presença do fungo (tabela 4 e 6). Contudo, como já relatado, a taxa de colonização (25%) foi considerada baixa e talvez não tenha sido suficiente para proporcionar o ganho máximo em área foliar. A expansão foliar é estreitamente relacionada a expansão das células epidérmicas (MARSCHENER, 2002) e a concentração interna de fósforo no tecido (LOPEZ-BUCIO *et al.*, 2002), o que possivelmente indica um estado nutricional das plantas ideal para seu desenvolvimento.

O aumento na área foliar implica em aumentos na superfície de captação de luz, aumento na assimilação de CO₂ e produção de fotoassimilados, que no caso das plântulas micorrizadas, é necessário para atender a demanda do sistema micorrizico e da planta hospedeira (PENG *et al.*, 1993; BAGO *et al.*, 2003). Possivelmente, o aumento da área foliar é resultante do aumento na absorção de nutrientes, água pelo FMA e suas implicações em nível fisiológico e bioquímico, como o estímulo da síntese de hormônios, especialmente auxinas (AIB) e citocininas, aminoácidos, proteínas e de fotoassimilados (SENA, 2004).

O acúmulo de massa seca de parte aérea (Tabela 8) foi maior nas plantas inoculadas, em relação aos valores observados para as plantas não inoculadas. Sabe-se que a produção de matéria seca está intimamente relacionada ao estado nutricional da planta, o que justifica a elevada produção observada nas plantas inoculadas mesmo em baixas dosagens de adubo mineral. Especialmente no caso das plantas micorrizadas, a maior produção de matéria seca pode estar associada aos efeitos da associação, que, *a priori*, promove uma maior captação de água e nutrientes para as raízes e, muitos

autores sugerem que a liberação ou a indução da produção de fitohormônios pelos fungos possam contribuir para o crescimento da planta(; KARABAGHLI-DEGRON *et al.*, 1998; KALDORF; LUDWIG-MULLER, 2000; FITZE *et al.*, 2005; DINIZ,2010). Resultados semelhantes encontrados em mudas de gravioleira apresentaram acúmulo de massa seca na parte aérea com uso de FMAs (SAMARÃO, 2011).

O acúmulo de massa seca nas raízes foi maior nas plantas inoculadas (tabela 8), em relação aos demais tratamentos. Soares *et al.* (2003) encontrou aumentos de 560% para a massa seca total das raízes das plântulas de ipê roxo inoculadas com *Gigaspora margarita*, aos três meses após a inoculação, quando comparadas com o controle não inoculado. Raízes de milho inoculadas com FMAs apresentaram um aumento precoce no nível de ácido 3-indol-butírico livre (AIB)(LUDWIG-MULLER *et al.*, 1997; KALDORF; LUDWIG-MULLER,2000), coincidindo com um aumento muito significativo na porcentagem de raízes laterais. Esses resultados poderiam explicar, em parte, o maior aumento na massa seca das raízes das plantas micorrizadas, em relação aos demais tratamentos.

O maior desenvolvimento do sistema radicular proporciona a planta maior capacidade de absorção de nutrientes e água, e serve como fonte de reserva de nutrientes para a planta, além de uma melhor sustentação e capacidade de sobrevivência após o transplante para o campo (SOARES *et al.*, 2003). Um sistema radicular mais desenvolvido torna-se uma vantagem seletiva para sobrevivência, favorecendo o desenvolvimento vegetal.

A baixa porcentagem de sobrevivência de plântulas deste trabalho pode ter outros fatores que não são os tratamentos aplicados como: precocidade de transplante de plântulas, sem rustificação e variação climática extrema durante o período de transplante das mesmas. Outro fato é que o ferro mostrou-se relacionado com os substratos 1 e 2 (capítulo 2) podem ter atuado diretamente sobre os propágulos infectivos, interferindo na micorrização, pois dependendo da concentração de ferro no solo este pode atuar como fungistático(HEPPER,1979), assim como também pode ter competido por sítios de adsorção de nutrientes e causado a deficiência e morte da maioria das plântulas.

As maiores taxas de colonização micorrízica foi encontrada nas raízes onde houve solo inoculo. Pode-se afirmar que fabáceas e gramíneas de interesse agrônomo, plantas medicinais e xerofíticas sob condições de cultivo, são altamente micotróficas, associando-se assim facilmente um fungo benéfico (VILELA;

MIRANDA, 2005). A ocorrência de colonização micorrízica nas raízes das *Leguminosae* tem sido bastante relatada por vários autores (CARNEIRO et al., 1998; PATREZE; CORDEIRO, 2005). Em espécies nativas cultivadas em viveiro e casa de vegetação, a colonização foi de média a alta, e as *Leguminosae* obtiveram índice de 86% de micorrização (CARNEIRO et al., 1998).

Com relação as espécies percebeu-se que a espécie *Senna multijuga*, apresentou-se com maiores medias em ambos substratos e com maior crescimento para as variáveis analisadas, sendo recomendada para estudos e plantios futuros nestes substratos.

Em estudo realizado no Sul do Brasil, destacaram que a taxa de colonização micorrízica é dependente do grupo sucessório a que pertence as plantas na comunidade. Para estes autores, plantas pioneiras(estágio sucessório inicial) apresentam maiores taxas de colonização (ZANGARO, 2007). Nos estágios sucessórios mais avançados as plantas podem se tornar mais independentes da condição micorrízica (SIQUEIRA *et al.*, 2007). Assim as plantas usadas neste trabalho são pertencentes a estágios sucessórios iniciais, apresentando colonização micorrízica.

Quanto ao uso do aparelho CI 600, sabe-se que ele o uso deste aparelho no Brasil ainda é incipiente, mas estudos como o de Villordon (2011), que analisou a estrutura inicial de crescimento de batata doce nos Estados Unidos concluiu que o uso deste aparelho tem potencial de uso no monitoramento na dinâmica de crescimento e arranjo de raízes em culturas alvo. Assim como Romero (2012) que fez o monitoramento de crescimento de raízes grão de bico na Espanha sob diferentes condições de estresse, encontrando resultados similares ao deste trabalho, onde não houve nenhum estresse. Ainda encontram-se trabalhos que dizem que o crescimento de raízes *in loco* é de grande importância para desenvolvimento das culturas de interesse, principalmente em áreas compactadas em sub solo como áreas de agricultura do mediterrâneo (ROMERO, 2010).

Conclusões

As espécies *Plathymeniafoliolosa*, *Anadenanthera colubrina* e *Piptadeniagonoachanta*, apresentaram baixa sobrevivência em ambos substratos.

A *Senna multijuga*apresentou as maiores sobrevivência nos dois substratos avaliados nos tratamentos com uso de fungos micorrizicos arbusculares.

A *Senna multijuga* teve maior crescimento quando inoculada em comparação aos tratamentos não inoculados.

Referencias Bibliográficas

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; CARVALHO, D. DE; BOTELHO, S.A.; SAGGIN JUNIOR, O.J. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Revista Cerne**, v.4, p.129-145, 1998.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R.; CURI, N. Limitação nutricional e efeito de pré cultivo com *Brachiaria decumbens* e da inoculação com *Glomus etunicatum* no crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo degradado. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.3, p.281-288, jul-set, 1995

CARVALHO, P. E. R. **Pau-jacaré (*Piptadeniagonoacantha*)**. Colombo: PR: EMBRAPA, 12p. (Embrapa florestas. Documentos, 91). 2004.

CAVALCANTE, U. M. T. Influencia da densidade de esporos de fungos micorrizicos arbusculares na produção demudas de maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 05, p. 643-649, 2002.

COSTA, C. M. C.. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 03, p. 225-232, 2005.

COSTA, C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n2, p.893-901, 2001.

COSTA, M S.; ALVES, S. M. C.; NETO, M. F.; BATISTA, R. O.; COSTA, L. B.; OLIVEIRA, W. M. Produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente domestico tratado. **Revista Irriga**, Botucatu, v20., n.1 p.408-422, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, p.300,2012.

FILHO, N.; L. SANTOS. G.; R. FERREIRA, R.; L. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira. **Revista Arvore**, Viçosa, v.37, n.4, p.587-597, 2013.

FITZE, D.; WIEPNING, A.; KALDORF, M. & LUDWING-MULLER, J. 2005. Auxins in the development of an arbuscular mycorrhizal symbiosis in maize. **Journal of Plant Physiology, Alemanha**, v.162, n.11. p.1210-1219, 2005.

FRANCO, A. A. et al. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. In: ESTEVES, F. (Ed.) Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas. **Ecologia Brasiliensis**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, p.616, 1995.

FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. Revegetation of acidic residues from bauxite mining using nodulated and mycorrhizal legume trees. **Nitrogen Fixing Trees Research Reports**. p.313-320, 1995.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. Revolution of technique for measuring vesicular arbuscular mycorrhizae infection in roots. **New Phytologist**, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

HEPPER, C.M. **Nutritional and biochemical studies of the fungi involved in vesicular-arbuscular mycorrhiza**. Ph.D. Thesis, University of London. 1979.

HERRERA, M.A.; SALAMANCA, C.P.; BAREA, J.M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystem. **Applied and Environmental Microbiology**, Suíça, v.59, n.1, p.129-133, 1993.

JANOS, D. P. Mycorrhizas, succession and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J.C.; MAGAN, N.; GADD, G. M. **Fungi and environmental change**: British Mycological Society Symposium. Cambridge, v.20, p.129-162, 1996.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. The effect of soil disturbance on vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, Oxford, v.118, n.5, p.471, 1991.

JESUS, R. M. Revegetação: da teoria à prática. Técnicas de implantação. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE

- DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. **Anais Simpósio Sul Americano sobre Recuperação de áreas degradadas**. Curitiba: FUPEF, p. 123-134, 1994.
- KALDORF, M. & LUDWIG- MULLER, J. Fungi might affect the rootmorphology of maize by increasing indole-3-butyric acid biosynthesis. **Physiologia Plantarum**, Finlândia, v.109, n.1.p.58-67, 2000.
- KARABAGHLI-DEGRON, C.; SOTTA, B.; BONNET, M.; GAY, G. & LE TACON, F. The auxin transport inhibitor 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA) inhibits the stimulation of in vitro lateral root formation and the colonization of the tap-root cortex of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings by the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor*. **New Phytologist**, v.140, n.4. P.723-733, 1998.
- KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N.A. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, Cambridge, v.92, n.4, p.486, Jun, 1989.
- LOPES, R.M.F., Freitas, V.L.O., Lemos Filho, J.P. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Plathymenia reticulata*Benth. e *Plathymenia foliolosa*Benth. (Fabaceae - Mimosoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5. p.797-805. 2010.
- LOPEZ-BUCIO, J.L.; HERNANDEZ-ABREU, E.; SANCHEZ-CALDERON, L.; NIETOJACOBO, M.F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the *Arabidopsis* root system. **Plant Physiology**, v.129, n.1. p.244-256, 2002.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**. Ed. Plantarum, São Paulo, Brasil. vol.1. 352 p. 1992.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 5 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, Brasil. v.1. 368 p. 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4.ed Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 188. 2002.
- LOTT, C. P. M.; BESSA, G. D.; VILELA, O. C. R. V. D -Reabilitação de áreas e fechamento de minas. **Brasil Mineral - Edição especial Mineração e Meio Ambiente**, n.228, p.26-31, 2004.
- LUDWIG-MULLER, J.; KALDORF, M.; SUTTER, E.G.; EPSTEIN, E. Indole-3-butyric acid (IBA) is enhanced in young maize (*Zea mays* L.) roots colonized with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. **Plant Science**, v.125, n.2.p. 153-162, 1997.

- LYNCH, J.P.; HO, M.D. Rhizoeconomics: Carbon costs of phosphorus acquisition. **Plant and Soil**, Austrália, v.269, n.2, p.45-56, 2005.
- MARTINS, A. K. E. et al. Crescimento e de parte aérea de cinco espécies de leguminosas submetidas a substrato compactado. **Revista Ciência Agroambiental**, Tocantins, v. 1, n.2, p. 75-81 2006.
- MELLO, A.H.; SILVA, E.M.R.; SAGGIN JUNIOR, O.J. Seleção de fungos micorrizicos arbusculares eficientes para promoção do crescimento da leguminosa *Mimosa artemisiana*. **Revista Agrossistemas**, Pará, v.4, n.2, p.40-51, 2012.
- MELLONI, R.; NOGUEIRA, M.A.; FREIRE, V.F.; CARDOSO, E.J.B.N. Fósforo adicionado e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição mineral de limoeiro-cravo [*Citrus limonia* (L.) Osbeck]. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.p.767-775, 2000.
- MIRANDA NETO, A. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.1035-1043, 2010.
- MIRANDA, J. C. C.; VILELA L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1005-1014, 2005.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras. Editora UFLA, p.262, 2007.
- MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. KTZE. Sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.4, p. 905-912, 2002.
- NEVES, S.C.; ABREU, P.A.A.; FRAGA, L.M.S. Fisiografia. In SILVA, A.C.; PEDREIRA, L.C.V.S.F.; ABREU, P.A.A. (Ed). **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes**. Belo Horizonte, O Lutador. p.47-58, 2005.
- OLIVEIRA, C.E.V. DE, OLIVEIRA, G.M. DE, ALMEIDA, D.S. DE, ZAGO, A.R., FERREIRA, G.W. Comportamento de espécies florestais nativas em plantios homogêneos na região serrana Fluminense. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p.216-218. 1998.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. Lavras-MG. **Revista Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 64-72, 1994.

PARROTA, J. A. et al. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness on 7-year-old plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, n. 1/2, p. 21-42, 1997.

PATREZE, C. M.; CORDEIRO, L. Nodulation, arbuscular mycorrhizal colonization and growth of some legumes native from Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v.19, n.4, p.527-537, 2005.

PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; CRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K. & HODGE, N.C. Growth depressions in mycorrhizal citrus at high-phosphorus supply. **Plant Physiology**, Ucraina, v.101, n.3. p.1063-1071, 1993.

PERRY, D.A.; MOLINA, R.; AMARANTHUS, M.P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres and reforestation: current knowledge and research needs. **Journal of Forest Restoration**, Austrália, v.8, n.17, p.929-940, 1987.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, Inglaterra, v.55, n.1, p.158-161, 1970.

RITZINGER, C.H.S.; ROCHA, H.S. **Uso da técnica da solarização como alternativa para o preparo do solo ou substrato para produção de mudas isentas de patógenos de solo**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas- BA, 2010.

RODRIGUES, R. R. et al. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.261, n.2, p.1605-1613, 2011.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. eds. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp/Fapesp, p. 233-247, 2000.

ROMERO, V, M.; VEGA, J.B.; Monitoring wheat root development in a rainfed vertisol: Tillage effect. **European Journal Agronomy**, Espanha, v.33, n.1, p.182-187, 2010.

ROMERO, V.; BELLIDO, L.L.; BELLIDO, R.J. The effects of the tillage system on chickpea root growth. **Field Crops Research**. Espanha, v.128, n.2, p, 76-81, 2012.

SAMARÃO, S. S. RODRIGUES, L.A. MARTINS, M. A. MANHAES T.N. Desempenho de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares

em solo não esterelizado, com diferentes doses de fósforo. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33,n.2, .p.81, 2011.

SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Associação micorrízica em espécies arbóreas , atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, p.289-301, 2011.

SCHWOB, I.; DUCHER, M.; SALLANON, H. & COUDRET, A. Growth and gás exchange responses of *Hevea brasiliensis* seedlings to inoculation with *Glomus mosseae*. **Trees**, México, v.12, n.4.p.236-240. 1998.

SENA, J. O. A. *et al.* Caracterização fisiológica da redução decrescimento de mudas de citros micorrizadas em altas doses defósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p.827-832, 2004.

SILVEIRA, A.P.D.; GOMES, V.F.F. Micorrizas em plantas frutíferas tropicais. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. (Ed.). Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental, Campinas: Instituto Agrônômico, p.57-77, 2002.

SIQUEIRA, J. O. *et al.* Micorrizas e degradação do solo:caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: CERETTA, C.A; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em ciência do solo**.Viçosa: SBCS, p. 219-306. 2007.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In:ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Eds.) SMITH, S.E. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. **Biological Reviews**, Cambridge, v.55, n.4.p.475-510, 1980.

SOARES, A.C.F.; GARRIDO, M. S.; AZEVEDO, R.L.; MENDES, L.N. & GRAZZIOTTI,P.H. Produção de mudas de ipe roxo inoculadas com fungosmicorrizicos arbusculares. **Magistra**, v.15. n.2. P. 123-127. 2003.

SUGAI, M.; A.; A. COLLIER, L.;S.; SAGGIN-JUNIOR, O.; J. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. **Bragatinga**, Campinas, v.70, n.2, p.416-423, 2011.

TRES, D. R. *et al.* Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauraçãonucleadora em áreas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, Brasília, v.5, n.1, p.312-314, 2007.

VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F.R.; TOREZAN, J.M.D.; ZANGARA, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-

transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v.21, n.1, p.753-765, 2007.

VILLORDON, A. Using a scanner base minirhizotron system to characterize sweetpotato adventitious root development during the initial storage bluing stage. **Hort Science**, Louisiana, v.46, n.3, p.517, 2011

WANG, B.; QIU, Y-L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. **Mycorrhiza**, Singapura, v.16, n.1, p.299-363, 2006.

ZANGARO FILHO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.77-87, 2002.

ZANGARO, W. *et al.* Root mycorrhizal colonization and plant responsiveness are related to root plasticity, soil fertility and successional status of native woody species in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, n.3, p. 53-62, 2007.

Capítulo 3

Sobrevivência e crescimento de espécies autóctones inoculadas fungos micorrizicos arbusculares em substratos de mineração de ferro.

Resumo

A mineração, provavelmente, é a mais impactante das atividades antrópicas, pois resulta em grande alteração do habitat. Sendo necessário a recuperação destas áreas após a exploração dos recursos minerais. Dentre as técnicas usadas neste processo destaca-se o plantio de mudas de espécies autóctones adaptadas às condições edafoclimáticas adversas e que possuam associações interespecíficas com microrganismos. Dessa forma o presente estudo teve como objetivo avaliar a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares na sobrevivência e crescimento de mudas de espécies autóctones em dois substratos oriundos da mineração de ferro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial, 4 espécies x 2 com e sem inoculante, para cada substrato. A *Kiellmeyera rubiflora* apresentou maior sobrevivência em ambos os substratos, porém pouca resposta a associação com micorrizas. A *Cecropia sp* e *Dictioloma vandelianum* obtiveram crescimento expressivo no substrato 2, quando inoculadas com FMA.

Palavras chave: Rejeito, estéril, *Paraglomusocultum*, *Claroideoglosetunicatum*

Abstract

The mining is probably the most impactful human activities because it results in extensive habitat alteration. For the restoration of degraded areas by planting seedlings is of paramount importance to study the vegetation occurring in the region and climatic conditions for the correct choice of species to be used in planting. The aim of this study was to evaluate the influence of inoculation with mycorrhizal fungi arbuscular the survival and growth of seedlings of four native species occurring in the southern Espinhaço substrates originated from iron mining. The experiment was conducted in a greenhouse with randomized block in factorial (4 x 2 species with and without inoculation) for each substrate. The *Kiellmeyera rubiflora* species showed higher survival in both substrates but little response to association with mycorrhizae. The

Cecropia sp and *Dictioloma vandelianum* achieved significant growth in the substrate 2 inoculated with FMA .

Key words: Reject barren *Paraglomus oculatum*, *Claroideoglomus etunicatum*

Introdução

A mineração, provavelmente, é a mais impactante das atividades antrópicas, pois resulta em grande alteração do habitat (QUEIROZ, 2013). No Brasil, esta atividade existe desde os tempos de Brasil Colônia, porém somente a partir da década de 1930, já no século XX, com o advento da industrialização e investimento político do governo para exploração desses recursos, a mineração industrial cresceu e passou a focar em diversos tipos de recursos minerais como o minério de ferro (MACHADO; FIQUEIRO, 2001).

A implantação de espécies arbóreas é um procedimento que permite pular as etapas iniciais da sucessão natural, onde surgem primeiramente espécies herbáceas e gramíneas que enriquecem o solo com matéria orgânica e alterando as suas características, permitem o aparecimento de indivíduos arbustivo-arbóreos (PEREIRA, 2012). A revegetação é uma estratégia de conservação fundamental para melhorar os atributos físicos e químicos dos solos, além de fornecer através da cobertura vegetal, a proteção necessária para diminuir a perda de sedimentos por erosão, principalmente por erosão hídrica (GUERRA, 1995; CHAGAS *et al.*, 2001). A diversidade das espécies florestais é de grande importância para recuperação de áreas degradadas, pois acarreta vários benefícios, como, a melhoria da qualidade dos solos devido ao aporte de matéria orgânica e da redistribuição dos nutrientes (PEREIRA, 2012)

O plantio de mudas é uma técnica bastante utilizada, por apresentar rápidos resultados no recobrimento da área contribuindo com o avanço dos processos de sucessão ecológica. Mas, para a restauração de áreas degradadas com plantio de mudas é de suma importância o conhecimento da vegetação ocorrente na região e das condições edafoclimáticas, para a escolha correta das espécies a serem utilizadas no plantio (SILVA, 2013).

Dentre as espécies autóctones ocorrentes na Serra do Espinhaço Meridional com potencial de uso na recuperação de áreas degradadas destacam-se a *Kielmeyera rubiflora* (Spreng) Mart. que é uma espécie caducifólia, típica de áreas mais abertas de cerrado e popularmente conhecida como pau santo. Tem ampla distribuição geográfica,

ocorrendo em 70% das áreas analisadas em termos de composição florística no cerrado e savana (RATTAR et al. 2003); a *Dictioloma vandelianum* que é uma espécie pioneira de rápido crescimento, de porte, ornamental, muito utilizada para paisagismo, como também é indicada para plantios mistos destinados a recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente (PIRANI, 1982; LORENZI, 1992); a espécie *Eremanthus erythropappus* (DC). MacLeisch), pertencente ao grupo ecológico das pioneiras, se desenvolve em sítios com solos pouco férteis, rasos e predominantemente em áreas de campos de altitude (SCOLFORO et al. 2002) e a *Cecropia sp.* que compõe um grupo de espécies que apresentam características pioneiras, rústicas a condições ambientais, atrativa para fauna e ideal para início de reflorestamento (SILVA, 2012).

Estudos sobre a dependência micorrízica são importantes para se conhecer as respostas das plantas a micorrização, pois essas podem apresentar associações micorrízicas compatíveis ou incompatíveis, de acordo com as variações das condições ambientais, tais como nível de fósforo, conteúdo de água, pH, salinidade, temperatura, qualidade e intensidade luminosa, entre outras (MEHROTA, 2005).

Outro aspecto relevante é estudar a eficiência dos FMA nativos que além de ser fácil e rápido de se obter esse inóculo puro, seus benefícios têm sido relatados (HAYMAN, 1982; LAMBERT et al., 1980). O uso de inóculo misto, composto por espécies com diferentes estratégias, pode apresentar resultados melhores para plantas hospedeiras e pode, conseqüentemente, ser mais adequado do que a introdução de uma única espécie de fungo (DAFT, 1983).

O objetivo deste estudo foi avaliar a influencia da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares na sobrevivência e crescimento de mudas de quatro espécies autóctones ocorrentes na Serra do Espinhaço Meridional em substratos oriundos da mineração de ferro.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em Casa de Vegetação no Centro de Propagação de Espécies Vegetais (CIPEF) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) no campus JK em Diamantina, MG.

Foram selecionados na área de mineração dois tipos de substratos que são representativos das áreas em recuperação. Sendo o primeiro um substrato arenoso, de textura média, distrófico, com coloração escura, denominado Substrato 1 (Figura 1A).

O outro substrato é arenoso, de textura média, distrófico com coloração clara, apresentando fragmentos de quartzo e canga, denominado Substrato 2 (Figura1B). Ambos os substratos passaram pelo processo de solarização por 15 dias (RITZINGER, 2010). Para reduzir a ocorrência de fungos nativos foi realizada a extração e observação de esporos no solo antes e depois da solarização.

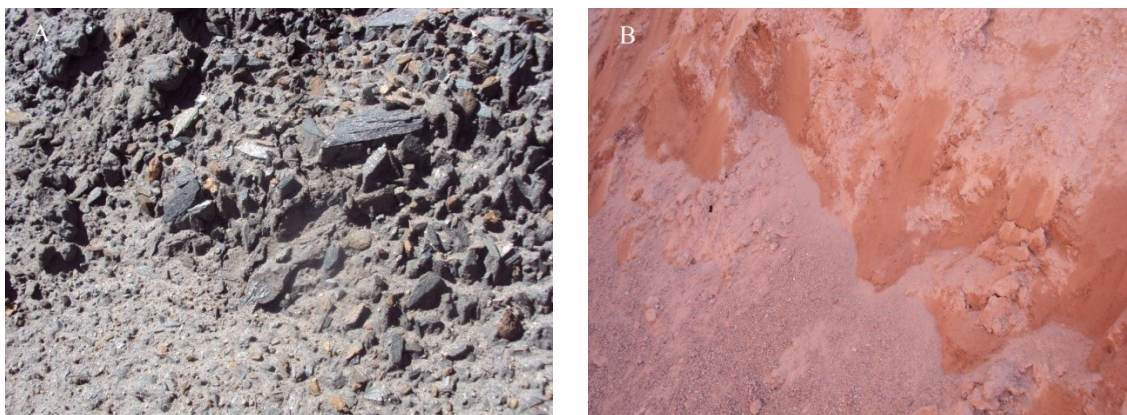


Figura 1: Dois substratos oriundos da mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro-MG.

Após a solarização os substratos foram acondicionados em vasos de 17 dm³ e perfurados.

Com base nos dados dos inventários das áreas da empresa, foram selecionadas e coletadas sementes das espécies, *Piptadeniagonoachantha*, *Senna multijuga*, *Plathymeniafoliolosa* e *Anandenanthera colubrina*. As sementes foram beneficiadas e procedeu-se a quebra de dormência, germinação em BOD contendo areia lavada e esterilizada para obtenção das plântulas.

Foi realizada uma análise química dos substratos para determinação da quantidade de adubo e calcário a ser utilizada vasos. Para análise química de P foi recomendado 1ppm de fósforo em água, procedendo-se os testes piloto.

De acordo com a análise química dos substratos foi adicionado 20 g de calcário dolomítico por kg de substrato em cada vaso, juntamente com 30 g de super simples por kg para ambos os substratos.

No momento do plantio as plântulas foram inoculadas com 200 esporos de fungos *Paraglomusocultum* e *Claroideoglomusetunicatum* adicionados por meio de 25 g de solo inoculo (MELO, 2012). Aos 10 e 30 dias após o plantio as plântulas foram adubadas com 100 mg/dm³ de N e K, sendo o N aplicado na forma de 20 mL de solução de uréia por plântula.

Para cada vaso foram transplantadas três mudas, sendo consideradas replicas. A irrigação foi feita manualmente de acordo com os resultados da capacidade de campo de cada substrato em 70%. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados no esquema fatorial 4x2 sendo quatro espécies e vasos com e sem inoculação, com cinco repetições, sendo isto feito para cada tipo de substrato. A sobrevivência das mudas foi avaliada aos 180 dias após o transplante das plântulas para os vasos.

As variáveis, altura total, diâmetro do coleto, número de folhas e área de copa das plantas foram avaliadas aos 180 dias após o plantio. As plântulas foram retiradas dos vasos, separadas em parte aérea e raízes para obtenção da massa seca e contagem de porcentagem radicular colonizada.

Para a avaliação da porcentagem comprimento radicular colonizada pelo fungo, as raízes foram colocadas em placas e mergulhadas em solução de KOH 10% em banho maria, por 24 horas. Em seguida, foram lavadas em água corrente e colocadas em solução de HCl (1%) por 5 minutos. As placas foram adicionadas uma solução de azul de tripano em lactofenol (0,05%), mantidas de 20 minutos (PHILLIPS; HAYMAN, 1970). A avaliação da colonização micorrizica foi realizada pelo método de Giovanetti & Mosse (1980), com auxílio de microscópio, a fim de determinar a presença ou ausência das estruturas fungicas em interseções de segmentos de raízes, com os retículos espaçados de 1/2 polegada, marcadas em placa de Petri. Para secagem o material colocado em estufa de circulação de ar a 60°C até atingir peso constante, para determinação da massa seca da parte aérea.

Para a análise de crescimento de raízes principais e secundárias efetuou-se em cada vaso um orifício para adicionar um cano de PVC com diâmetro de 75 mm e 40 cm de comprimento. No momento da leitura do aparelho retirava-se o cano e inseria o *CI600- Root-Manager Scanner*, para acompanhar o desenvolvimento de raízes (Figura 2). Com o programa *Safira* (EMBRAPA, 2012) foi feita a medições de presença ou ausência de raízes, os diâmetros das raízes, comprimento visual e divisão de raízes fasciculadas e pivotantes em porcentagens.



FIGURA 2: Detalhes do cano de PVC no orifício para avaliação das raízes(A) e uso do equipamento CI 600 *Root Manager* (B)

Os resultados das variáveis avaliadas (altura, número de folhas, área de compa e diâmetro do coleto) foram submetidos a teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a análise de variância (ANOVA), sendo as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados de contagem de esporos e as percentagens da colonização radicular foram transformados em $(x+1)^{1/2}$ e arco-seno $(x)^{1/2}$.

De acordo com o teste Shapiro Wilk os dados não apresentaram normalidade. Dessa forma procedeu-se com a transformação dos dados e Anova.

Resultados

As *Eremanthus erythropappus* e *Cecropia sp* apresentaram as menores taxas de sobrevivência nos dois substratos com e sem inoculação. Por outro lado, a *Kielmeyera rubiflora* e *Dictioloma vandelianum* foram espécies que apresentaram as maiores sobrevivências das mudas com o uso de inoculação, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Porcentagem de sobrevivência aos 180 dias para quatro espécies em um experimento com e sem inoculação de FMA em dois substratos de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG.

| Espécie | Substrato 1 | | Substrato 2 | |
|---------------------------------|-------------|-----|-------------|-----|
| | I | N.I | I | N.I |
| | -----%----- | | | |
| <i>Kielmeyera rubiflora</i> | 17 | 13 | 66 | 40 |
| <i>Dictioloma vandelianum</i> | 0 | 0 | 20 | 20 |
| <i>Cecropia sp.</i> | 0 | 0 | 40 | 0 |
| <i>Eremanthus erythropappus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Em que: I= inoculadas e N.I= Não inoculadas.

De acordo com o teste Shapiro Wilk os dados de altura, diâmetro do coleto, número de folhas e área de copa não apresentaram normalidade. Dessa forma procedeu-se com a transformação dos dados, Anova e testes de Tukey (tabelas 2 e 3).

Tabela 2: Resumo da análise de variância para sobrevivência aos 180 dias em um experimento com e sem inoculação de FMA de quatro espécies em dois substratos da mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG.

| Fonte de variação | Substrato 1 | Substrato 2 |
|-------------------|--------------------|----------------------|
| | QM | QM |
| Bloco | 284,9 | 705,8 |
| Espécie (E) | 1698,3* | 12255,8* |
| Resíduo a | 191,4 | 1037,8 |
| CV exp | 254,6 | 118,1 |
| Inoculação (I) | 86,3 ^{ns} | 6318 ^{ns} |
| ExI | 29,6 ^{ns} | 2042,1 ^{ns} |
| Resíduo b | 567,6 | 1719,6 |
| CV exp | 438,6 | 152 |

Em que: ns = não significativo, * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, QM = quadrado médio e CV = coeficiente de variação experimental.

Conforme demonstrado na tabela 1, somente houve sobrevivência de uma espécie (*Kielmeyera rubiflora*), assim sua análise é um delineamento em blocos casualizados sem fatorial.

Tabela 3: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do coleto, altura de planta, número de folhas e copa aos 180 dias em um experimento com quatro espécies com e sem inoculação de FMA no substrato 1 de mineração conduzido em casa de vegetação em Diamantina, MG.

| Fonte de variação | Diâmetro | Altura | Número de folhas | Copa |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | QM | QM | QM | QM |
| Bloco | 0,27 | 0,08 | 0,42 | 2,74 |
| Inoculação | 0,35 ^{Ns} | 0,4 ^{Ns} | 0,9 ^{Ns} | 466 ^{Ns} |
| Resíduo a | 0,62 | 0,15 | 0,76 | 3,31 |
| CV exp | 140 | 131 | 124 | 202 |

Em que: ^{Ns} Não significativo. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação experimental.

Nenhum dos fatores avaliados apresentou diferença significativa, assim não procedeu-se o teste de Tukey a 5%, pois todos valores são considerados estatisticamente iguais.

O resultado da ANOVA juntamente com teste do Tukey são apresentados nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Resumo da análise de variância aos 180 dias em um experimento com inoculação de FMA em quatro espécies no substrato 2 de mineração situado em Diamantina, MG. Em que: ^{Ns} Não significativo. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação experimental.

| Fonte de variação | Diâmetro | Altura | Número de folhas | Copa |
|-------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| | QM | QM | QM | QM |
| Bloco | 0,52 | 3,13 | 2,82 | 2513 |
| Espécie (E) | 5,36* | 12,1* | 1,15 ^{Ns} | 11654* |
| Resíduo a | 0,88 | 1,91 | 1,45 | 1279 |
| CV exp | 85 | 89 | 78 | 133 |
| Inoculação (I) | 11,56* | 43,2* | 19,7* | 20800* |
| E x I | 2,35 ^{Ns} | 19,1* | 6,44 ^{Ns} | 11934* |
| Resíduo b | 0,82 | 2,66 | 2,98 | 1705 |
| CV exp | 82 | 106 | 112 | 154 |

Tabela 5: Resultados do teste de Tukey a 5% em um experimento com quatro espécies nativas no substrato 2 de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG.

| Variáveis | Inoculadas | | | Não Inoculadas | |
|------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | <i>D. vandelianum</i> | <i>Cecropia sp.</i> | <i>K. rubiflora</i> | <i>D. vandelianum</i> | <i>K. rubiflora</i> |
| Sobrevivência | 20 ABb | 40 ABb | 66,6 Bb | 20 Aa | 40 Ab |
| Altura | 1,1 Aa | 5,6 Ba | 1,4 Aa | 0,4 Aa | 0,6 Aa |
| Diâmetro | 0,48 Aa | 2,1 Ba | 2,4 Ba | 0,2 Aa | 1,1 Aa |
| Área de copa | 25,7 Ab | 131,7 Bc | 2,7 Aa | 0,7 Aa | 0,7 Aa |
| Número de folhas | 1,2 Aa | 3,3 Aa | 2,5 Aa | 1,1 Aa | 1 Aa |

Letras maiúsculas indicam comparação entre colunas. Letras minúsculas indicam comparação entre linhas.

Para sobrevivência, não houve diferença entre as espécies *Dictioloma vandelianum*, *Cecropia sp.* e *Kielmeyera rubiflora* quando as mudas foram inoculadas.

Para altura, somente a *Cecropia sp.* diferiu das demais quando inoculada, mas isto não ocorre quando não foram inoculadas.

Para diâmetro, as espécies *Kielmeyera rubiflora* e *Cecropia sp.* apresentaram maiores médias e foram diferentes da *Dictioloma vandelianum* quando foram inoculadas. O mesmo padrão não ocorre quando estas não foram inoculadas, sendo consideradas todas iguais.

A área de copa da *Cecropia sp.* foi maior médias, que as demais espécies quando inoculadas, o que não ocorre quando estas não foram inoculadas, sendo consideradas todas iguais.

Nenhuma espécie diferiu quanto ao número de folhas em mudas inoculadas e não inoculadas.

Conforme esperado, percebe-se que houve maior porcentagem de colonização onde houve acréscimo de solo-inoculo composto de *Paraglomus ocutum* e *Claroideoglopus etunicatum* (Figura 3).

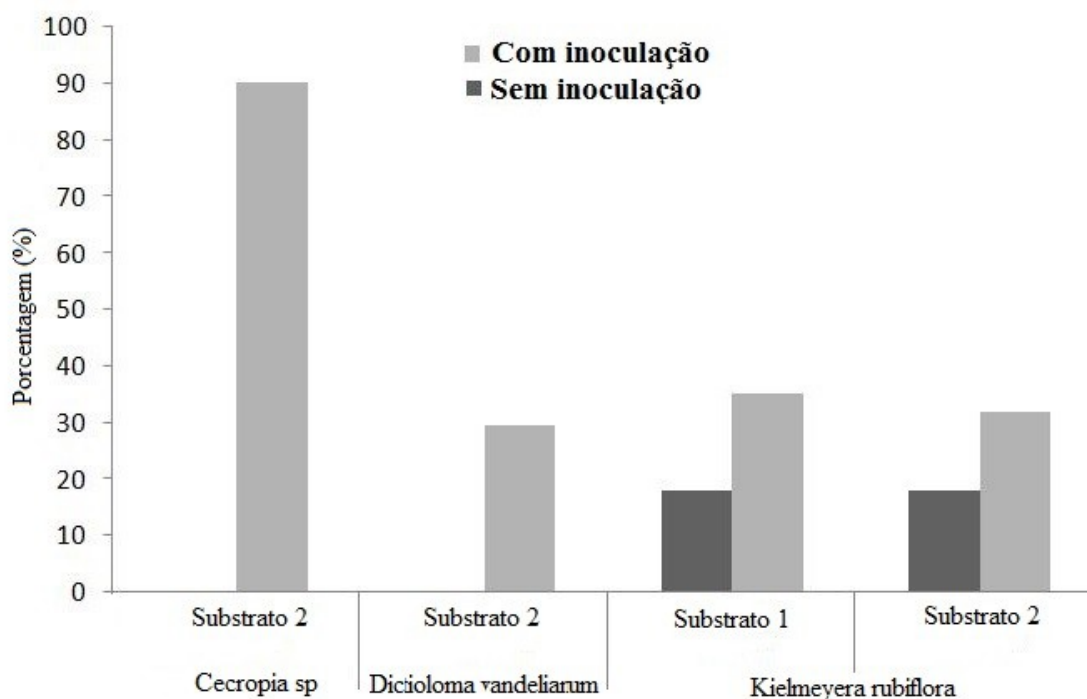


Figura 3: Porcentagem de comprimento radicular colonizado em espécies inoculadas com FMAs em substratos da mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG.

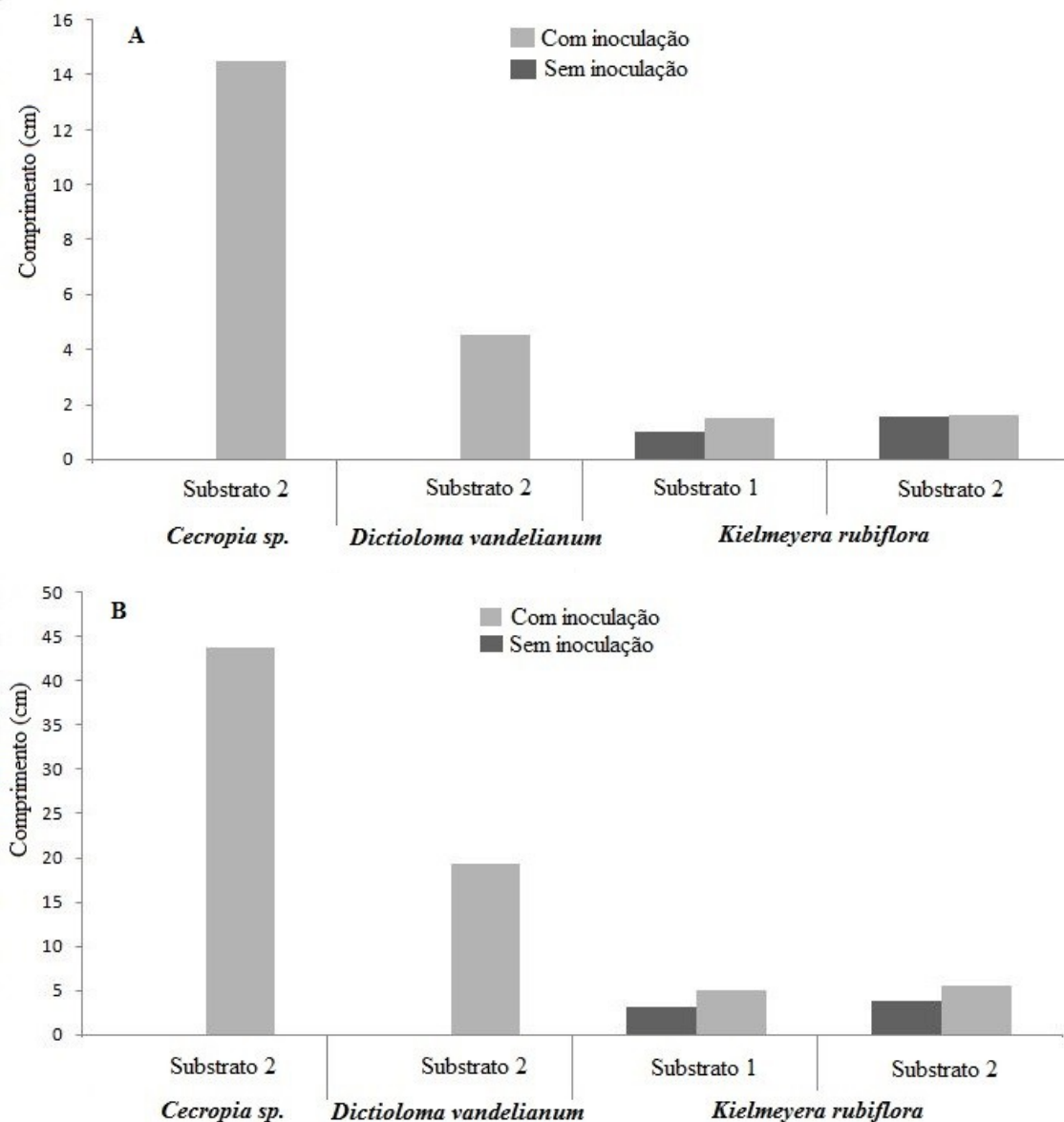


Figura 4: Alongamento de parte aérea (A) e raiz (B) em espécies nativas inoculadas com FMAs em substratos de mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina- MG.

Os dados de massa úmida, seca de parte aérea e raízes das quatro espécies encontram-se na tabela 6.

Tabela 6: Massa úmida e seca de parte aérea e raiz de quatro espécies autóctones em função do uso de inoculação com FMAs em substratos da mineração de ferro conduzido em casa de vegetação em Diamantina – MG.

| Espécie | Substrato | Inoculação | Parte aérea (g) | | Raiz(g) |
|---------|-----------|------------|-----------------|------|---------|
| | | | Úmido | Seco | Úmido |
| | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-----|-----|---|-----|---|-----|---|
| <i>Cecropia sp.</i> | 2 | Sim | 7,4 | a | 3,4 | a | 9,4 | a |
| | | | | | 2 | | 5 | |
| <i>Kielmeyera rubiflora</i> | 2 | Sim | 0,1 | b | 0,1 | b | 0,7 | b |
| | | | 5 | | 5 | | 4 | |
| <i>Dictioloma vandelianum</i> | 2 | Sim | 1,6 | b | 0,5 | b | 0,9 | b |
| | | | 5 | | 5 | | | |
| <i>Kielmeyera rubiflora</i> | 2 | Não | 0,1 | b | 0,0 | b | 0,5 | b |
| | | | 6 | | 3 | | 6 | |
| <i>Kielmeyera rubiflora</i> | 1 | Não | 0,1 | b | 0,0 | b | 0,6 | b |
| | | | | | 3 | | 5 | |
| <i>Kielmeyera rubiflora</i> | 1 | Sim | 0,1 | b | 0,0 | b | 0,9 | b |
| | | | 6 | | 3 | | | |

De acordo com análises pelo aparelho *CI 600 Root Manager* constatou-se a presença de raízes na lateral do tubo e 70% dos vasos com mudas inoculadas, ou seja, houve alongamento de raízes lateralmente que foram detectadas pelo programa *Safira*. Enquanto que, para os tratamentos inoculados verificou-se a presença de raízes em nenhum dos vasos.

Discussão

Para o crescimento e estabelecimento de diversas espécies arbóreas, a inoculação FMA parece ser procedimento vantajoso, favorecendo, a produção de biomassa em razão da maior absorção e fixação de nutrientes (GROSS et al., 2004). Neste estudo, a inoculação com FMA apresentou médias superiores para porcentagem de copa, diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea, confirmando o efeito benéfico da inoculação para as espécies *Kielmeyera rubiflora* e *Cecropia sp.* Em trabalho com paricá, Siviero, (2008) constatou que a inoculação com FMA apresentou melhores resultados, tanto no viveiro quanto no campo. Pesquisas sobre o desenvolvimento de mudas de espécie florestal submetidas à inoculação com FMA também mostraram maior produção de parte aérea e raízes quando comparadas com as mudas não inoculadas (CARNEIRO, 2004)

Todas as variáveis analisadas foram influenciadas pelas espécies vegetais e pela inoculação de FMA para o substrato 2 (Tabela 4). As maiores alturas foram observadas para *Cecropia sp.* porém as três espécies exibiram maiores alturas com os maiores resultados para as plantas que receberam o inóculo de FMA. O crescimento de arbustos em ecossistemas degradado na região mediterrânea, submetidas à inoculação de mistura

de FMA nativos tiveram maior altura, diâmetro basal, massa seca e comprimento de raízes (CARAVACA, 2005).

Constatou-se ainda que houve um incremento em comprimento radicular quando as mudas foram inoculadas em relação aquelas não inoculadas (Figura 4), exceto para *Kiellmeyera rubiflora*. O aumento do comprimento das raízes é de grande importância para mudas destinadas a reflorestamento em locais degradados ou de baixa fertilidade, podendo melhorar as condições de absorção de água e nutrientes e aumentar a sobrevivência no campo após o plantio. O processo de absorção de P é similar na hifa micorrízica e nas raízes, sendo muito influenciado pela extensão da hifa externa, bem como pelo requerimento de P da planta hospedeira (RODRIGUES et al., 2003). A *Kiellmeyera rubiflora* apresentou pouco incremento radicular devido ao comportamento desta espécie em apresentar pouco alongamento de raiz (SILVA, 2013).

Mudas de angico quando submetidas à inoculação com FMAs tiveram maior sobrevivência após seis meses de crescimento no campo em relação às não-inoculadas (VANDRESEN, 2007). As mudas de embaúba inoculadas tiveram maior sobrevivência ao estresse hídrico, principalmente quando associadas ao baixo teor de fósforo (CARNEIRO, 2004). Além da alta capacidade e eficiência de absorção do P, as hifas dos FMAs avançam solo adentro, absorvendo nutrientes fora da zona de esgotamento que é gerada em torno das raízes e transferida para a planta hospedeira nos arbúsculos (SIQUEIRA, 2002).

Com resultados próximos aos verificados no presente trabalho, estudos sobre a resposta à inoculação em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi (PR), em condições de casa de vegetação, relataram que em capixingui e pitangueira a colonização foi muito alta; o ipê-amarelo exibiu alta colonização; a goiabeira, média colonização e o amendoim bravo, baixa colonização radicular (ZANGARO-FILHO, 2002).

Diversos fatores podem prejudicar o estabelecimento da associação FMA, desde os relacionados ao ambiente propriamente dito, como propriedades químicas e físicas do substrato e climáticos, como os diretamente relacionados com os participantes micorrízicos, os quais podem apresentar diferentes graus de afinidade (SMITH; READ, 1997). Todos os materiais vegetais expostos ao ferro, demonstraram nas raízes sintomas típicos de intoxicação por ferro, que pode ser comprovado por coloração castanho-escuras, consistência quebradiça e diminuição das ramificações radiculares (Figura 5).



Figura 5: Raízes de espécies autóctones em substratos de mineração de ferro em Conceição do Mato Dentro- MG.

O escurecimento do sistema radicular pode ocorrer em decorrência da precipitação de ferro sobre as raízes das plantas cultivadas pode, com o tempo, originar a formação de uma placa de ferro que impede a absorção de outros nutrientes e causa dano à estrutura de parede celular (HOWELER 1973). Em um estágio mais avançado, esta formação de placa de ferro tem relação com inibições no crescimento do sistema radicular e parte aérea. De fato, os resultados sugerem a formação de placas de ferro nos materiais vegetais estudados. Além disso, foi descoberto recentemente que algumas plantas podem reduzir os efeitos tóxicos neutralizando os metais e transformando-os em precipitados insolúveis sobre a superfície radicular (CARLI 2008), assim a alta taxa de mortalidade das mudas pode ser atribuído a fatores como o excesso de Fe que causa menor absorção de P, K, Ca, Mg e Mn (SOARES, 2008) e impedimento o desenvolvimento das plântulas. Estudos demonstraram que mudas de aroeira são sensíveis a presença elevada de ferro no solo (SANTOS, 2011). Assim as mudas que obtiveram sobrevivência apresentaram tolerância aos níveis de ferro do solo.

Com base nas análises com o aparelho CI 600 verificou-se que os tratamentos com uso de inoculação de FMA apresentaram 70% de raiz nas laterais dos vasos.

Porém, nas mudas de *Kielmeyera rubiflora* apresentaram pouco alongamento radicular e não foi detectado pelo aparelho. Conforme esperado, não houve alongamento radicular onde não houve inoculação.

Conclusões

A espécie *Eremanthus erithropappus* apresentou 100% de mortalidade nos dois substratos avaliados neste estudo;

As espécies *Dictioloma vandelianum*, *Cecropia sp* e *Kielmeyera rubiflora* apresentaram maior sobrevivência quando inoculadas no substrato 2. Somente a espécie *Kielmeyera rubiflora* apresentou sobrevivência no substrato 1.

A inoculação com FMA proporcionou o maior crescimento em diâmetro, altura e copa para as espécies *Cecropia sp.* e *Dictioloma vandelianum* quando cultivadas no substrato 2;

A inoculação com FMA proporcionou o crescimento de raízes e parte aérea para as espécies *Dictioloma vandelianum* e *Cecropia sp* no substrato 2.

A espécie *Kielmeyera rubiflora* não apresentou diferença no crescimento quando inoculadas com FMAs.

Referencias bibliográficas

CARAVACA, F.; ALGUACIL, M. M.; BAREA, J. M.; ROLDÁN, A. Survival of inocula and native AM fungi species associated with shrubs in a antropized Mediterranean ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, Inglaterra, v.37, n.2, p.227-233, 2005.

CARLI, V. G. **Avaliações fisiológicas, bioquímicas e histoquímica de *Ipomoea pes-caprae* cultivada em diferentes concentrações de ferro**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Fisiologia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG. 2008.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S. & AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de

uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n 2, p.147-157, 2004.

CHAGAS, N. G.; NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da.; BELTRÃO, N. E. M. Efeito de sistema de cultivo e manejo na conservação do solo e produtividade das culturas para agricultores de sequeiro. In: **3 Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no semi-árido**. Campina Grande, 2001.

CHU, E. Y.; MÖLLER, M. DE R. F.; CARVALHO, J. G. DE. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravoieira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.671-680, 2001.

DAFT, M. J. The influence of mixed inocula on endomycorrhizal development. **Plant and Soil**, Austrália, v. 71 n.5, p.331- 337, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, p.300, 2012.

FERREIRA, D.F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: Ufla/DEX/Sisvar, 1998. 141p.

GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, v.28, n.1, p.95-101, 2004.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (eds.). **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**, 2ª edição, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. p.149-209, 1995.

HAYMAN, D. S. Practical aspects of vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: SUBBARAO, N. S. (Ed.). **Advances in agricultural microbiology**. London: Butterworth-Heinemann, p. 325-373. 1982.

HOWELER, R. H. Iron- induced orange disease of rice in relation to physico-chemical changes in flooded oxisol. **Soil Science Society of American Proceedings**, California, v.37, n.2, p.898-903. 1973.

LAMBERT, D. H. *et al.* Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. **New Phytologist**, Ucrania, v. 85, n.4, p.513-520, 1980.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed.Plantarum, 351p. 1992.
- MACHADO, I. F.; FIGUEIRO, S. F. M. 500 years of mining in Brazil: a brief review. **Resources Policy**, Hough, v.27, n.1, p.24. 2001.
- MEHROTA, V. S. **Mycorrhizas: role and applications**. NewDelhi: Allied Publishers, 2005.
- MELLO, A.H.; SILVA, E.M.R.; SAGGIN JUNIOR, O.J. Seleção de fungos micorrizivosarbusculares eficientes para promoção do crescimento da leguminosa *Mimosa artemisiana*. **RevistaAgrossistemas**, Pará, v.4, n.2, p.40-51, 2012.
- PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizada na recuperação de área degradada. **Revista Caminhos da Geografia**. Uberlândia, v.13, n.41. p.102-110. 2012
- PIRANI, J. R. **A ordem Rutales na Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil**. 1982. 244f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 1982.
- QUEIROZ, A. C. M. **Formigas como indicadoras de impacto e reabilitação em áreas de mineração**. 2013, p. 30, Dissertação de mestrado – Departamento de solos, Labras, – UFLA, 2013.
- RITZINGER, C.H.S.; ROCHA, H.S. **Uso da técnica da solarização como alternativa para o preparo do solo ou substrato para produção de mudas isentas de patógenos de solo**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas- BA, 2010.
- RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M.S. M. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. II - absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.593-599, 2003.
- SANTOS, T. C.; OLIVEIRA, M. L. F.; ALEXANDRE, J. R. Crescimento inicial de aroeira e tomate transgênico AVP10X sob diferentes níveis de ferro. **Revista Natureza online**, Guarapará, v.9. n.3. p.152-156. 2011.
- SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. **Manejo sustentável da candeia**. Lavras- UFLA-FAEPE, p.350. 2002.

SILVA, K. A. **Avaliação de uma área em restauração pós mineração de bauxita, município de Descoberto, MG.** Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Viçosa, p.75, Viçosa .2013

SILVA, R .C. V.; GAGLIOTI, A. L.; CARVALHO, L. T. Conhecendo espécies de plantas da Amazônia: Embaubas (Cecropias). – Comunicado técnico. Belém –PA, Agosto 2012.

SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. S.**Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras, Editora UFLA, p.626, 2002.

SIVIERO, A; ABREU, L.S., BELLON, S.; MENDES, R. A emergência das redes de agricultura de base ecológica no sudoeste da Amazônia. In. **Reunião Amazônica de Agroecologia**, v.1 n.1 p.4, Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. 2008.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis.** 3rd ed. London: Academic Press and Elsevier, p 800, 2008.

SOARES, J, C. Teores de ferro, manganês e cobre no cafeeiro recepado em função de diferentes doses de P2O5. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho, 2008.

VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F. R.; TOREZAN, J. M. D.; ZANGARA, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v.21, n.1, p.753-765, 2007.

ZANGARO FILHO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.77-87, 2002.

Considerações finais

As atividades de mineração podem ser consideradas como um das formas mais severas de degradação de um determinado ambiente, devido a necessidade de supressão da vegetação e a retirada da camada superficial do solo (topsoil). Em decorrência do grande impacto aos ecossistemas, a legislação brasileira exige a recuperação de áreas degradadas pela mineração.

O plantio de espécies nativas juntamente com um agente catalizador como os fungos micorrizicos arbusculares podem ser favoráveis aos programas de recuperação de áreas degradadas. A metodologia proposta neste trabalho amplia as possibilidades e necessidades de estudos e métodos adequados para avaliação de substratos com fim de recuperação de áreas assim como o comportamento de cada espécie em associação fúngica. Sendo verificado que a espécie *Kiemelmeyera rubiflora* não apresentou resposta as micorrizas porem obteve sobrevivência em ambos os substratos enquanto as *Cecropia sp.* e *Dictioloma vandelianum* responderam a inoculação, tendo melhores resultados no substrato 2.

O solo é um recurso natural limitado que precisa ser eficientemente recuperado durante as operações de construção da paisagem, por dar suporte a toda vida seja ela vegetal ou não. Neste sentido, o estudo de uso destes substratos juntamente com análises físicas, químicas e elementares podem dar suporte aos cuidados que se deve tomar em seu uso, como por exemplo, recomendação de adubos, provável toxidez de ferro, baixa retenção de água e selamento superficial.

Assim, como formas de recuperar áreas mineradas foi utilizado o plantio de mudas nativas com inoculação de fungos micorrizicos arbusculares, sendo esta técnica potencialmente eficaz (conforme a espécie) para recuperação de ambientes degradados pela extração de ferro.