CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

EFEITO DE COMPOSTO ORGÂNICO E MICORRIZAS NO CRESCIMENTO DE PLANTAS AROMÁTICAS, UTILIZANDO-SE REJEITOS DE MINÉRIO DE FERRO COMO SUBSTRATO – EXPERIMENTO EM VASOS

NATHÁLIA CORRÊA DAS DORES

BELO HORIZONTE

2019

NATHÁLIA CORRÊA DAS DORES

EFEITO DE COMPOSTO ORGÂNICO E MICORRIZAS NO CRESCIMENTO DE PLANTAS AROMÁTICAS, UTILIZANDO-SE REJEITOS DE MINÉRIO DE FERRO COMO SUBSTRATO- EXPERIMENTO EM VASOS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Profª. Drª. Valéria Cristina Palmeira Zago

BELO HORIZONTE

2019

NATHÁLIA CORRÊA DAS DORES

EFEITO DE COMPOSTO ORGÂNICO E MICORRIZAS NO CRESCIMENTO DE PLANTAS AROMÁTICAS, UTILIZANDO-SE REJEITOS DE MINÉRIO DE FERRO COMO SUBSTRATO- EXPERIMENTO EM VASOS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 24/06/2019

Banca Examinadora:

Prof. Drª. Valéria Cristina Palmeira Zago – Presidente da Banca Examinadora
Orientadora. CEFET – MG.

Drª. Luana Rafaela Maciel Wilda
CEFET – MG

Drª. Syvia Therese Meyer Ribeiro
CIT/SENAI/FIEMG – MG

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me amparado nos momentos de fraqueza, por ter me dado força para chegar até aqui.

À minha mãe, obrigada por toda dedicação, amor e por estar sempre comigo. Sem você nada seria possível.

Ao meu pai, minha gratidão por todo apoio.

Ao meu namorado, agradeço por estar sempre presente. Pelo apoio incondicional, pelo carinho e por tanto me acalmar nos momentos de angústia.

Aos demais familiares, obrigada por todos os conselhos, incentivos e por acreditarem em mim.

Aos meus amigos: do colégio (Luiza, Karina, Bruna, Yuli), do CEFET (Gui, Elis, Thebaldi, Ítalo, Débora, Ana) e para todos aqueles que fizeram presente na minha vida, obrigada por toda amizade, risos e apoio.

Por fim, agradeço ao CEFET-MG e a todos os professores que contribuíram ao longo desses anos na graduação, pelo aprendizado e contribuição na minha formação acadêmica.Em especial a Professora Drª. Valéria Zago, pelas oportunidades, conselhos, auxílio e por toda confiança depositada em mim.

RESUMO

DORES, NATHÁLIA CORRÊA DAS. Efeito de composto orgânico e micorrizas no crescimento de plantas aromáticas, utilizando-se rejeitos de minério de ferro como substrato- experimento em vasos. 2019. 55f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

Em 2015, com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, o distrito de Bento Rodrigues – Mariana, MG., foi um dos mais atingidos. A enxurrada de lama causou mortes e uma degradação ambiental incalculável. Estratégias ambientalmente econômica e socialmente sustentáveis são necessárias para a recuperação das áreas afetadas. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de três espécies de gramíneas aromáticas (*Chrysopogon zizanioides, Cymbopogon citratus e Cymbopogon winterianus*) em rejeito de mineação. Essas três espécies foram plantadas em vasos de polipropileno preenchidos com resíduos de minério de ferro coletados no solo do distrito de Bento Rodrigues. Os vasos foram fertilizados com doses crescentes de composto orgânico associado a micorrizas como estratégia de fito-gerenciamento. Um esquema fatorial 4x2 foi utilizado. As mudas foram fertilizadas com quatro doses de composto orgânico, com ou sem micorrizas. Na dose mais alta do composto orgânico (2 kg.planta^{-1}), a matéria seca total para *C. zizanioides* foi 4,5 vezes maior que a de controle. Para *C. winterianus* e *C. Citratus* foi 3,8 e 2,8 vezes maior que a de controle, respectivamente. A inoculação com micorrizas melhorou a produção de biomassa, especialmente em C. zizanioides. Os níveis de Fe e Mn encontrados na parte aérea das plantas fertilizadas com composto orgânico foram menores do que aqueles que cresceram nos rejeitos de minério de ferro para as três espécies, o que sugere que a matéria orgânica aparentemente ajudou as plantas na exclusão dos elementos minerais potencialmente tóxicos e, portanto, aumentou a tolerância a essas condições ambientais adversas. C. zizanioides, associado à matéria orgânica e micorrizas, seria a espécie recomendada. A estratégia de fitorremediação proposta pode ter uma contribuição significativa para a recuperação gradual da área afetada e também serve como fonte de renda para a população local.
Palavras – Chave: Barragem de Fundão, composto orgânico, plantas aromáticas, micorrizas.

ABSTRACT

DORES, NATHÁLIA CORRÊA DAS. Efeito de composto orgânico e micorrizas no crescimento de plantas aromáticas, utilizando-se rejeitos de minério de ferro como substrato- experimento em vasos. 2019. 55f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

In 2015, the Fundao tailing dam collapsed over the district of Bento Rodrigues, Marina –MG., causing deaths and incalculable environmental degradation. Environmentally, economically and socially sustainable strategies are needed for the recovery of the affected areas.The main goal of this study was to evaluate the development of three species of aromatic grasses (Chrysopogon zizanioides, Cymbopogon citratus and Cymbopogon winterianus).These three species were planted on polypropylene pots filled with the iron ore tailings collected from the topsoil of the Bento Rodrigues district.The pots were fertilized with increasing doses of organic compost associated with mycorrhizae as a phytomanagement strategy.A 4 x 2 factorial scheme was used.The seedlings were fertilized with four doses of organic compost, with or without mycorrhizae.At the highest dose of the organic compost (2 kg.plant^{-1}), the total dry matter (dry matter of the aerial part þ dry matter of the roots) for *C. zizanioides* was 4.5 times higher than the control (tailing only). For *C. winterianus* and *C. Citratus* was 3.8 and 2.8 times higher than the control, respectively.Inoculation with mycorrhizae improved biomass production, especially in C. zizanioides.The Fe and Mn levels found in the aerial part of the plants fertilized with organic compost were lower than those just growing on the iron ore tailings for the three species, which suggest that the organic matter apparently helped the plants in the exclusion of the hazardous substances and therefore increased the tolerance to these adverse environmental conditions. C. zizanioides, associated with organic matter and mycorrhizae, would be the recommended species.The proposed phytomanagement strategy can have a significant contribution to the gradual recovery of the affected area and also serve as a source of income for the local population.

Keywords: Samarco's disaster, Phytoremediation, Aromatic plants, Organic fertilizer, Mycorrizhae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resíduos provenientes do jardim da instituição (folhas secas e podas de árvores), utilizados na compostagem. 22
Figura 2: Resíduos provenientes dos refeitórios campus I e II. 22
Figure 3: Monitoramento do pH e umidade..... 24
Figure 4: Monitoramento de temperatura. 23
Figure 5: Composto orgânico 23
Figure 6: Área experimental no Campus I do CEFET-MG..... 26
Figure 7: Mudas transplantadas. 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análises químicas das amostras de composto orgânico do CEFET-MG e do rejeito de minério de ferro da barragem de Fundão.....28
Tabela 2: Produção de biomassa Massa fresca aérea (MFA) e Massa fresca radicular (MFR) em relação a dosagem de composto orgânico..... 29
Tabela 3: Produção de biomassa MSA e MSR em relação a dosagem de composto orgânico.....30
Tabela 4: Crescimento acumulativo das plantas (diâmetro, altura e número de perfilhos), em relação a dosagem de composto orgânico.....31
Tabela 5: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação presença ou não de micorrizas com a MFA, MFR, MSR, diâmetro, n° de perfilhos e altura.....32
Tabela 6: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação entre a média de percentagem de colonização de micorrizas e espécies.....33
Tabela 7: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação entre a média de percentagem de colonização de micorrizas e a inoculação ou não de micorrizas.... 34
Tabela 8: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação entre a média de percentagem de colonização de micorrizas e espécies.....34
Tabela 9: Níveis de elementos potencialmente tóxicos ($mg.kg^{-1}$) em partes aéreas das espécies C*. zizanioides, C. winterianus* e *C. citratus*, sem e com adição de composto orgânico e micorrizas..... 35
Tabela 10: Teores de macronutrientes ($mg.kg^{-1}$) nas partes aéreas das espécies *C. zizanioides, C. winterianus* e *C. citratus*, sem e com adição de composto orgânico e micorrizas.....38

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....10

2.OBJETIVOS.....13

2.1Objetivo Geral.....13

2.2Objetivos Específicos.....13

3.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....14

3.1O Rompimento da Barragem de rejeito de minério de ferro no subdistrito de Bento Rodrigues.....14

3.2A recuperação do solo através da associação de tecnologias.....15

3.2.1A fitorremediação.....15

3.2.2A associação com composto orgânico e fungos micorrizícos.....17

3.3O uso de plantas aromáticas.....18

4.METODOLOGIA.....21

4.1 Rejeito de minério de ferro.....21

4.2Composto orgânico.....21

4.3Micorrizas.....24

4.4Montagem do experimento.....24

4.5Análises estatísticas.....26

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....27

5.1Característica química do rejeito de minério de ferro e do composto orgânico.....27

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....41

1. INTRODUÇÃO

A busca e o aproveitamento dos recursos minerais sempre estiveram ligados na história do Brasil, desde os tempos de colônia, a atividade mineradora contribuiu para a caracterização da ocupação territorial do país, bem como na oferta de importantes insumos para o mercado nacional e internacional se tornando um setor essencial para a economia do país (Farias, 2002).

Segundo Filho (2013), no Brasil são extraídos e tratados cerca de 80 tipos de minérios através de diferentes tecnologias, que resultam na formação de barragens como disposição final para armazenamento dos rejeitos resultantes da atividade mineraria. As barragens de rejeitos de mineração são estruturas construídas para conter os materiais resultantes do beneficiamento do minério, sendo confeccionadas em etapas, de acordo com a geração de rejeitos (Duarte, 2008).

Em Minas Gerais, no quadrilátero ferrífero encontram-se catalogadas mais de 700 barragens de resíduo de minério de ferro (Filho, 2013). Os resíduos de minério de ferro necessitam de um gerenciamento oneroso e complexo devido à capacidade de causar intensos danos sociais e ambientais (Batista et al, 2016).

Falhas e/ou ruptura de uma barragem de contenção de rejeitos, em sua grande maioria resultam em eventos catastróficos. Isso devido aos grandes volumes de rejeitos que são descarregados no meio ambiente, envolvendo muitas vezes efluente tóxico e outros materiais potencialmente perigosos (Duarte, 2008). O risco de acidentes destas estruturas envolve a possibilidade da perda de vidas humanas, destruição de patrimônios, danos ao meio ambiente, interrupção das atividades produtivas nas zonas afetadas e da impossibilidade de exploração dos recursos hídricos (Menescal et al, 2005; Duarte, 2008).

Um dos exemplos mais recentes é o rompimento da barragem de minério de ferro Córrego do Feijão da mineradora VALE S.A, segundo dados do IBAMA (2019), através da análise realizada pelo Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (Cenima), os rejeitos atingiram cerca de 133,27 hectares de vegetação nativa de mata atlântica e 70,65 hectares de áreas de preservação permanente – APP, no trecho entre barragem da mina Córrego do Feijão até a confluência com o rio Paraopeba. O mar de lama seguiu na calha do rio Paraopeba até chegar a usina hidrelétrica Retiro Baixo em Pompéu - MG. Além do desastre ambiental causado,

segundo informações da Defesa Civil de Brumadinho- MG até o presente momento, já foram identificados 246 mortos, e 24 pessoas ainda se encontram desaparecidas.

Outro incidente ocorrido com rompimento de barragem foi em novembro de 2015, com a barragem de minério de ferro da Mineradora SAMARCO S/A.O acidente é considerado a maior catástrofe ambiental do País, e provocou grandes prejuízos não só na esfera ambiental, mas também social e econômica (IBAMA, 2015).

A enxurrada de rejeitos se espalhou pela região rapidamente causando a destruição de Bento Rodrigues, subdistrito de Mariana, morte e desaparecimento de pessoas, devastação de localidades bem como a desagregação de comunidades, devastação de nascentes e florestas, mortandade da biodiversidade aquática e fauna terrestre, assim como a contaminação do solo e das águas ao longo da bacia do rio Doce. A enxurrada de lama e rejeitos também destruiu áreas agrícolas, lavouras anuais, hortaliças, frutíferas, eucalipto, pastos.

Considerando a complexidade do meio ambiente, e suas diversas variáveis que se interrelacionam, um plano de recuperação e conservação do solo e da água, é impreterível como uma das medidas de reparação dos danos, a médio e longo prazo (IBAMA, 2015).

Um dos métodos que podem ser utilizados no plano de recuperação é a fitorremediação, que têm sido utilizadas com a intenção de recuperar solos contaminados, proporcionando o retorno da funcionalidade e equilíbrio do ecossistema afetado pelo dano causado por atividade mineradora (Camargos, et al. 2015). Segundo Vasconcellos et al. (2012), a fitorremediação é uma tecnologia baseadas no uso de plantas como agentes remediadores, para degradar, extrair, conter ou imobilizar contaminantes do solo e da água.

A busca de tecnologias para a recuperação das áreas degradadas pelo rompimento de barragens e pela deposição de milhões de toneladas de rejeito de minério de ferro no solo, principalmente no distrito de Bento Rodrigues é extremamente relevante do ponto de visto ambiental, social e econômico.

Alguns autores defendem a ideia que as plantas aromáticas possuem grande potencial de fitorremediação (Singer et al., 2003; Gupta et al. 2013; Verma et al., 2014). O uso dessas plantas é uma estratégia segura e sustentável, isso, pois, por possuírem forte cheiro, essas plantas não servem de alimentos para seres vivos, contribuindo para que não ocorra risco dos contaminantes entrarem para a cadeia alimentar (Gupta et al. 2013; Verma et al., 2014). Essas plantas possuem grande

potencial econômico através da extração dos seus óleos, que podem ser destinados para as indústrias terapêuticas, química, cosmética e perfumaria. Assim as plantas aromáticas podem desempenhar um papel valioso e importante na economia.

Assim, o uso de plantas aromáticas como o Vetiver (*Chrysopogon zizanioides), a* Citronela *(Cymbopogon winterianus)* e o Capim Limão (*Cymbopogon citratus)* associado ao uso de fertilizantes de baixo custo, oriundos da compostagem de resíduos orgânicos urbanos ou rurais, pode dar uma contribuição significativa recuperação ambiental dessas áreas destruídas pelo rompimento da barragem do Fundão, além de se tornar uma cultura de viabilidade econômica para os agricultores das áreas atingidas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desenvolvimento vegetativo de três espécies de plantas aromáticas (*Chrysopogon zizanioides,* C*ymbopogon citratus* e *Cymbopogon winterianus)* sob diferentes doses de adubação orgânica e utilização de micorrizas em rejeito de mineração.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar e comparar a influência das diferentes doses do composto orgânico no desenvolvimento vegetativo;
- Avaliar a influência das micorrizas associada ao substrato e diferentes doses de composto orgânico no desenvolvimento vegetativo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O Rompimento da Barragem de rejeito de minério de ferro no subdistrito de Bento Rodrigues

No dia 5 de novembro de 2015, por volta das 16 h e 20 min., a barragem de Fundão, construída para servir de depósito dos resíduos gerados durante o processo de mineração de ferro, localizada na unidade industrial de Germano da mineradora Samarco, no subdistrito de Bento Rodrigues, em Mariana - Minas Gerais entrou em colapso e rompeu-se (Minas Gerais, 2016). Foram despejados cerca de 34 milhões de m³ de lama, e 16 milhões continuou aos poucos sendo direcionados para jusante em direção ao mar, no estado do Espírito Santo (IBAMA, 2015).

Os rejeitos de minério de ferro percorreram quase 700 km em cursos d'água dos estados de Minas Gerais (MG) e do Espírito Santo (ES), atingindo 35 municípios em MG e quatro no ES (Brasil, et al.,2017). A enxurrada de lama e rejeitos de minério de ferro provocou a destruição do subdistrito, dizimou vidas humanas, e de milhares de animais, centenas de pessoas foram desalojadas, o abastecimento de água foi interrompido em algumas regiões e gerou graves danos ambientais e socioeconômicos a toda a Bacia do rio Doce (Minas Gerais, 2016).

O IBAMA (2017) listou os principais impactos socioambientais causados pelo rompimento da barragem de rejeito de minério, entre eles estão o isolamento de áreas habitadas, desalojamento de comunidades pela destruição de moradias e estruturas urbanas públicas e privadas, destruição de áreas agrícolas e pastos, destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa, mortandade de animais domésticos, silvestres e de produção.

De acordo com o Laudo Técnico Preliminar do IBAMA (2015), a contaminação gerada pelo rejeito de minério de ferro pode afetar o solo a curto e longo prazo, por ser um material com característica inerte e não apresentar matéria orgânica, tais aspectos contribui para a desestruturação e alteração do pH do solo. Que impossibilita então a recuperação e desenvolvimento das espécies nativas, e contribui também para a modificação da vegetação local e progressão de ecossistemas diferentes dos originais. Segundo este documento: " o nível de impacto foi tão profundo e perverso

ao longo de diversos estratos ecológicos, que é impossível estimar um prazo de retorno da fauna ao local, visando o reequilíbrio das espécies na bacia do rio Doce”.[1]

Assim, a recuperação das condições ambientais, seja do solo, dos ambientes vegetativos são fundamentais para que a natureza retorne ao seu estado próximo ao original.

3.2 A recuperação do solo através da associação de tecnologias

A remediação de solos contaminados objetiva reduzir os teores de contaminantes a níveis seguros a saúde humana (Tavares, 2013). As tecnologias para remediação de solos podem envolver processos químicos, físicos e biológicos. Mas em sua grande maioria requerem de tecnologias inviáveis, devido a técnicas onerosas e complexas (Martinez, et al. 2013).

As técnicas de remediação in situ são mais usadas devido ao baixo custo, e por não promover contaminações secundárias, que é vista nas técnicas ex situ por ser necessário o transporte do material contaminado para o local de tratamento (Tavares,2013).

Diante do cenário deixado pelo rompimento da barragem de Fundão, alternativas para a remediação das áreas atingidas devem ser buscadas a fim de que o ambiente se restabeleça em um estado mais próximo do original. Devido a extensão e intensidade dos danos, as técnicas de remediação escolhidas devem ser eficientes, viável economicamente, demandar um menor tempo e ser de fácil aplicabilidade (Pires, et al. 2003).

3.2.1 A fitorremediação

Métodos de remediação, como a biorremediação, têm sido utilizados por apresentar eficiência na descontaminação, simplicidade na execução, menor tempo demandado pelo processo e menor custo. A biorremediação é uma técnica que

---

[1] IBAMA. Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. In: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Minas Gerais, 2015.

objetiva descontaminar solo e água por meio da utilização de organismos vivos, como microrganismos e plantas (Pires, et al. 2003).

Dentro da biorremediação insere-se a fitorremediação, que segundo Tavares (2013), se refere ao uso de plantas na descontaminação de solos poluídos. De acordo com Gratão (2005), a fitorremediação é uma tecnologia verde, sendo um método autossustentável, que pode ser associada a outras técnicas (Branches, 2013).

De acordo com Pires et al. (2003), o aproveitamento da remediação depende da seletividade, natural ou desenvolvida, que algumas espécies vegetais possuem a determinados tipos de compostos ou mecanismos de ação.

Segundo Chang et al. (1998) e Vasconcellos et al. (2012), as plantas conseguem remediar os locais contaminados devido a processos como a capacidade de modificar as propriedades físicas e químicas do contaminante no solo e de liberar exsudatos nas raízes promovendo alterações como aumento da matéria orgânica, da aeração e da porosidade.

Na fitorremediação, a remoção e/ou redução de contaminantes podem ocorrer de maneira direta ou indireta. Na forma direta, os compostos são absorvidos e acumulados ou metabolizados nos tecidos dos vegetais, através da mineralização dos contaminantes. Na forma indireta, os vegetais são responsáveis pela extração do contaminante na fonte, ou por propiciar um meio favorável para o desenvolvimento de microorganismos que degrada o contaminante (Tavares,2013).

Segundo Pires et al (2003), a fitorremediação se destaca quando comparada à outras técnicas de remediação de solo. Dentre as vantagens se destacam a facilidade de monitoramento das plantas, e a capacidade de se desenvolverem em solos com concentrações tóxicas impróprias para o desenvolvimento de microorganismos. É uma técnica esteticamente aceita pela sociedade e pode ser aplicada em grandes extensões de áreas. Possibilita a melhoria das características físicas e químicas do solo, já que aumenta a porosidade, a infiltração de água, fornece e recicla nutrientes, e contribui para o controle do processo erosivo. Impede o carreamento de contaminantes com a água e com o solo, e a infiltração dos mesmos para lençol freático.

Apesar das diversas vantagens apresentadas, a fitorremediação apresenta alguns aspectos que limitam sua aplicação como a dificuldade na seleção de plantas, o longo tempo necessário para efetiva descontaminação, além de aspectos como o clima que pode interferir no crescimento vegetativo da espécie escolhida.

3.2.2 A associação com composto orgânico e fungos micorrizícos

Para uma reabilitação bem-sucedida do solo o processo de tratamento deve envolver a presença de microorganismos, adição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes minerais para que em longo prazo o solo possa ser fornecedor de nutrientes para as plantas (Banning et al., 2010; Babu, et al. 2011).

De acordo com Phieler et al. (2013), o uso de microorganismos associados a técnica de fitorremediação pode exercer uma influência positiva no crescimento da planta e na função do solo. Os microorganismos através de suas capacidades funcionais como a fixação de nitrogênio, e de matéria orgânica, simbiose micorrízica e potencial facilitador de estabelecimento de plantas, desempenham uma função importante no restabelecimento das condições iniciais do solo (Hodkinson et al., 2002; Walker et al., 2003).

Os fungos micorrízicos são comumente encontrados nos solos da maioria dos ecossistemas. Eles interagem com as raízes de mais de 80% das plantas terrestres. De acordo com Cândido et al. (2017), os fungos micorrízicos arbusculares aumentam a tolerância das plantas a estresse hídricos, salinidade, a presença de metais pesados, pragas e doenças. Apresentam também a capacidade de interagir positivamente com outros microorganismos benéficos no solo, bem como melhorar a estrutura e estabilidade de agregados dos solos. Esses microorganismos fornecem para as plantas hospedeiras o aumento da absorção de nutrientes como N, P, K, Ca, S, Fe, Mn, Cu e Zn, sendo mais eficiente na absorção de nutrientes imóveis e/ou de baixa mobilidade no solo como o P, Cu e Zn, devido ao desenvolvimento intra e extrarradicular do fungo (Salt; Smith; Read,2008). Segundo Cândido et al. (2017) a absorção também é aumentada graças a maior exploração do solo pelas hifas, que contribui para aumentar a capacidade da planta em explorar o solo e a absorção de água.

A associação com fungos micorrízicos pode aumentar a sobrevivência das plantas em solos contaminados com metal, aumentando a sua nutrição e as protegendo do poluente (González, et al. 2004). Segundo (Leung et al., 2007; Wu et al., 2007; Leung et al.,2010b), os fungos micorrízicos em solos contaminados com metal, formam uma interação entre o solo e as raízes das plantas através da associação simbiótica. Os fungos micorrízicos podem colonizar raízes de plantas

hiperacumuladoras em solos contaminados com metal (Leung et al.,2007), fazendo com que essas plantas produzem mais biomassa, e desenvolva um crescimento mais rápido do que plantas sem a presença de micorrizas, devido a relações simbióticas entre as raízes das plantas e os fungos (Leung et al., 2006). Segundo (Leung et al.,2010a; Leung et al.2013), a presença dos fungos aumenta a capacidade das plantas para resistir fitotoxicidade do solo, melhora a nutrição e as protegem das condições severas do ambiente.

As micorrizas podem melhorar a transferência de nutrientes escassos no solo para a planta, e facilitar a captação de metal tóxico.Além da série de vantagens apresentadas sobre a associação de fungos migorrizícos. Leung et al. (2013) afirmam que a presença de micorrizas oferece benefícios para a planta através de suas hifas que aumentam a área disponível para a absorção de nutrientes, são capazes de se espalhar para os poros do solo, podem acessar formas de N e P que não são acessíveis para plantas sem a presença de micorrizas.

Além da adição de micorrizas, a adubação orgânica também promove muitos benefícios. A presença de matéria orgânica em substrato pode contribuir de forma positiva para o efeito da micorrização. Isso devido à estimulação da matéria orgânica no crescimento e ramificação das hifas do fungo, pela formação de ambiente favorável para o crescimento e desenvolvimento das micorrizas (Trindade et al. 2000).

Segundo Santos et al (2001), a adição de composto orgânico no solo, pode agir de forma imediata no solo, ou residual devido ao grau de decomposição do resíduo. A utilização de composto orgânico permite também a recuperação do solo, melhora a fertilidade, contribui como condicionante para a retenção de água, agregação, porosidade, aumento na capacidade de troca de cátions, aumento da fertilidade e da vida microbiana do solo. Tornando melhor as características físicas, químicas e biológicas do solo (Miyasaka et al., 1997; Yuri J. E. et al, 2004).

O substrato exerce influência significativa no desenvolvimento das espécies de plantas, sendo a matéria orgânica um dos componentes do substrato, a sua presença auxilia no aumento da capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas (Caldeira et al., 2007).

3.3 O uso de plantas aromáticas

Em sua grande maioria as espécies vegetais apresentam grande capacidade de se adaptar em diferentes ambientes, sendo raros os locais que são completamente desprovidos de sua presença. Algumas espécies possuem a capacidade de interagir simbioticamente com microrganismos facilitando sua adaptação em solos salinos, ácidos, pobres e ricos em nutrientes ou excessivamente contaminado em elementos químicos como metais pesados (Tavares, 2013).

Para fitorremediação, são indicadas as plantas com grande capacidade de hiperacumulação de contaminantes, alta taxa de crescimento e de biomassa (Martinez et al 2013). Dessa forma a escolha da espécie vegetal é de extrema importância, uma vez que uma planta boa remediadora deve ser capaz de crescer e se desenvolver na presença do contaminante (Pajevic et al., 2009; Vasconcellos et al, 2012).

As propriedades biológicas das plantas aromáticas e medicinais são de grande interesse para os produtores e consumidores devido as suas múltiplas aplicações terapêuticas e nas indústrias química, alimentar, de cosmética e perfumaria.

As gramíneas como o Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), o Capim Limão (*Cymbopogon citratus*) e a Citronela (*Cymbopogon winterianus*) possuem diferentes aplicações por serem plantas aromáticas e medicinais, capazes de formar cordões vegetativos como forma de barreira contra a erosão, e de remediar solos contaminados.

O uso de cordões vegetativos para controle de erosão e estabilização de taludes é uma das técnicas bastante aplicadas, nesse método as raízes das espécies vegetais atuam como fibras que aumentam a resistência ao cisalhamento do solo (Barbosa, 2012). De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), cordões de vegetação podem ser formados com diversas plantas, tais como, cana-de-açúcar, capim vetiver, erva-cidreira, citronela, capim-gordura, entre outras. As espécies utilizadas para a construção dos cordões vegetativos devem apresentar rápido crescimento e formação cerrada para que formem barreira densa junto ao solo.

O capim-limão (*Cymbopogon citratus*) tem a extração e utilização do seu óleo como agente aromatizante na indústria de perfumaria e cosmética, na preparação de sabonetes, colônias e desodorantes. Na indústria química e farmacêutica é utilizado como matéria prima para a vitamina A, e suas folhas possuem propriedades sedativa, sudorífera, febrífuga, diurética, antipirética e antirreumática (Braga, 1976; Blank et al., 2007).

A citronela (*Cymbopogon winterianus*) conhecida por conter em suas folhas um óleo com propriedades antimicrobianas e repelentes (Marco, et al 2007). Segundo Rocha et al. (2000), há uma grande procura pelo seu óleo essencial, no mercado interno e externo.

O capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) é eficaz na estabilização de taludes, devido ao seu rápido crescimento e o alto potencial de penetração das suas raízes (Barbosa, et al 2012). Segundo Santos et al. (2012), o capim vetiver por possuir perfilhação abundante, raízes longas e densas podem ser utilizados na formação de barreiras para contenção do solo em áreas inclinadas, controle da umidade e na conservação de solos e de águas contaminadas.

O óleo extraído de suas raízes é utilizado como fixador de odor na indústria de perfumaria, flavorizante e conservante de alimentos, inseticida e repelente de insetos, antimicrobiano e antioxidante na indústria farmacêutica (Santos, et al., 2012; Truong et al., 2008). Chaves et al. (2013) destacam as características do vetiver como sendo tolerante a extremas variações de temperaturas, e variações climáticas, a grande capacidade de crescimento, a alta eficiência de absorção de nutrientes e metais pesados, a capacidade de permanecer em ambientes na faixa de pH entre 3,3 e 12,5, a tolerância por herbicidas e pesticidas, assim como em solos alcalinos, ácidos entre outros.

4. METODOLOGIA

4.1 Rejeito de minério de ferro

Os rejeitos de minério de ferro foram coletados no solo superficial do distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana-MG, cerca de 9 meses após o rompimento da barragem de Fundão. Todo rejeito foi homogeneizado e peneirado utilizando-se uma peneira com malha de 5 mm, com a finalidade de retirar pedras, pequenos gravetos e outros materiais.

Uma amostra do rejeito de minério de ferro foi recolhida e encaminhada para o Laboratório de Análise de Solo, do Instituto Mineiro de Agropecuária- IMA.O extrator usado para os elementos tóxicos foi o Mehlich-1. As amostras do rejeito de minério de ferro foram analisadas de acordo com as diretrizes recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014).

4.2 Composto orgânico

O composto orgânico utilizado no experimento foi oriundo de uma compostagem realizada no Campus II do CEFET-MG, foram utilizados resíduos de preparos e cortes de frutas e hortaliças, como: cascas, folhas externas e talos dos refeitórios do campus I e II, além de folhas e ramos de podas de árvores e gramados dos jardins do campus II, conforme figuras 1 e 2. A montagem da composteira ocorreu no dia 20 de novembro de 2015, em um espaço localizado no Campus II, em leira modelo “Windrow”, formato trapezoidal, diretamente sobre o solo. Os resíduos de poda foram picados de modo a reduzir as partículas a um tamanho de aproximadamente 1 cm. Para a montagem da leira foram utilizados um total de 215 kg de resíduos do preparo dos alimentos e 176 kg de resíduos de poda.

Figura 1: Resíduos provenientes dos refeitórios campus I e II.

Fonte: Autoria própria (2015).

Figura 2: Resíduos provenientes do jardim da instituição (folhas secas e podas de árvores), utilizados na compostagem.

Fonte: Autoria própria (2015).

A leira foi construída intercalando-se camadas de resíduos de alimentos (05 cm) e resíduos de podas (15 cm). No término de cada camada, os resíduos foram irrigados. Este procedimento foi realizado continuamente até que a leira atingisse aproximadamente 1,2 m de altura.

Para análise dos parâmetros pH e umidade foi utilizado o equipamento Instrutherm pH 2500, estabelecendo-se para o monitoramento, o ponto central da leira (altura x largura). Já para o monitoramento da temperatura foram utilizadas três alturas diferentes da leira: inferior (10 cm da base), média (meio da leira) e superior (10 cm do topo), utilizando-se o Termômetro digital, modelo ITTH 1400, com haste de 90 cm de comprimento (figuras 3 e 4). As leiras foram revolvidas com 15 e 60 dias após a sua montagem, irrigando-a novamente.

Figura 3: Monitoramento do pH e umidade.

Fonte: Autoria própria (2015).

Figura 4: Monitoramento de temperatura.

Fonte: Autoria própria (2015).

A compostagem foi conduzida durante o período de 20/11/2015 a 10/03/2016. O processo foi interrompido quando a temperatura da leira se igualou à temperatura ambiente. O composto foi peneirado, utilizando-se uma peneira com malha de 5 mm, retendo o material orgânico que não foi totalmente decomposto (figura 5). Todo o material foi devidamente identificado e acondicionado em sacos de ráfia fechados para manter o composto bem conservado.

Figura 5: Composto orgânico

Fonte: Autoria própria (2015).

Uma amostra do composto orgânico produzido foi recolhida e encaminhada para o Laboratório Oficial de Fertilizantes e Correlatos de Varginha, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para análise química, seguindo as

diretrizes estabelecidas pelo Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos, oficializado pela Instrução Normativa SDA nº 37 de 13 de outubro de 2017 (BRASIL, 2017).

4.3 Micorrizas

Um coquetel de micorrizas foi fornecido pelo Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia em Seropédica, Rio de Janeiro, composto por: *Acaulospora colombiana*; *Acaulospora morrowiae; Acaulospora scrobiculata; Dentiscutata heterogama; Gigaspora candida; Glomus formosanum; Scutellospora calospora; Scutellospora gilmorei.*

4.4 Montagem do experimento

Para montagem do experimento foram utilizados os seguintes materiais: rejeito de minério de ferro; composto orgânico oriundo da compostagem realizada no CEFET- MG; 96 sacos plásticos preto de polietileno com altura de 16,5 cm e diâmetro interno de 20 cm; 96 placas para identificação das mudas.

O experimento foi realizado no campus I do CEFET-MG, município de Belo Horizonte, entre setembro de 2016 e janeiro de 2017, em condições ambientais normais. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 3 x 4 x 4 x 2 (3 espécies, 4 doses do substrato, 4 repetições, com ou sem micorrizas). Foram utilizadas mudas de *Chrysopogon zizanioides, Cymbopogon citratus e Cymbopogon winterianus.*

As mudas foram transplantadas para os vasos de polipropileno, preenchidos com 3 kg de rejeito de minério de ferro, e adubados com quatro doses crescentes de composto orgânico (0; 0,5; 1 e 2 kg) com quatro repetições sob condições ambientais normais, em metade dos saquinhos foram adicionados 3,7g de um coquetel de micorrizas.

Os perfilhos foram podados logo após o transplantio, mantendo uma linha base (20 cm acima do colo da planta), para o monitoramento equitativo do crescimento vegetativo dos diferentes tratamentos. Os vasos foram irrigados diariamente, durante as duas primeiras semanas após a implantação do experimento. Posteriormente, as irrigações foram espaçadas, diminuindo para uma vez por semana.

Figura 6: Área experimental no Campus I do CEFET-MG.

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 7: Mudas transplantadas.

Fonte: Autoria própria (2017).

O crescimento vegetativo altura das folhas a partir do colo da planta (medição direta com régua graduada em centímetros), a contagem e diâmetro dos perfilhos (medição usando paquímetro) foram realizados a cada quinze dias e, no final da avaliação foi verificado o crescimento acumulativo.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2017), as temperaturas no período de realização do experimento atingiram o máximo de 34ºC e ocorreram elevadas precipitações principalmente nos meses de novembro e dezembro.

Posteriormente, foi realizada medição do peso da parte aérea e das raízes, da matéria fresca e seca, através de uma balança de precisão. Parte desta etapa foi realizada no Laboratório de Solos e do de Ecologia do CEFET-MG (Campus I). Para a pesagem da matéria fresca da parte aérea, realizou-se o corte rente ao colo das plantas, todo vegetal foi devidamente pesado. Em seguida, as amostras foram colocadas em uma estufa com circulação e renovação de ar, onde permaneceram por cerca de 72 horas onde atingiram o peso constante, em temperatura entre 65 e 70° C, subsequentemente foram realizadas as pesagens da matéria seca. Para a pesagem da matéria fresca das raízes, após separar a parte aérea realizou-se a lavagem das raízes em água corrente para a retirada das partículas de solo. Em seguida, foi retirado o excesso de água para pesagem da matéria fresca. Para a pesagem da matéria seca das raízes foi realizado o mesmo procedimento da parte aérea.

As amostras de matéria seca das partes aéreas foram enviadas para análise química no Laboratório de Análise de Tecidos Vegetais da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O conteúdo de elementos tóxicos foram analisados utilizando a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Para avaliação da colonização de micorrizas, 0,25g de raízes finas e limpas foram separadas,e enviadas para o Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia, que utilizou o método descrito por Cândido et al. (2017).

4.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância e comparações múltiplas de média pelo teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Característica química do rejeito de minério de ferro e do composto orgânico

Os resultados das amostras de rejeito de minério de ferro indicaram alta alcalinidade, níveis muito baixos de nutrientes, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTC), alto teor de Fe (164 $mg.dm^{-3}$), Mn (176 $mg.dm^{-3}$) e saturação de Na a 11%, conforme tabela 1.Os baixos teores de argila contribuíram para a baixa CTC do rejeitos. De acordo com Alcântara et al. (2011), solos com textura argilosa apresentam maior capacidade de reter metais, por apresentar maior CTC, disponibilizando cargas negativas onde os metais pesados podem se ligar.

Segundo Schaefer et al. (2016), o alto valor de pH pode ser devido ao hidróxido de sódio (NaOH) usado no beneficiamento de minério.Estes valores coincidem com outros trabalhos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2015), que analisou os sedimentos da região logo após a ruptura da barragem de Fundao. Silva et al. (2016), em estudo com os sedimentos oriundos da ruptura da barragem do Fundão, também encontraram níveis alcalinos de pH e matéria orgânica muito baixos, assim como o de nutrientes vegetais, CTC, e dos elementos minerais trocáveis Zn,Cd,Cu, Pb e Ni, mas os níveis trocáveis de Mn encontrados foram elevados. Os óxidos totais predominantes nos rejeitos foram SiO_2 e Fe_2O_3 e os minerais mais abundantes foram quartzo e hematita. Os autores concluem que os atributos físicos, químicos e mineralógicos desse rejeito restringem a restauração da vegetação nativa.

Os níveis de Fe e Mn encontrados nas amostras de rejeito foram muito altos, valores superiores a 45 e 12 $mg.dm^{-3}$ de Fe e Mn, respectivamente, são considerados altos em solos (CFSEMG, 1999). O extrator Mehlich, usado para determinar os elementos tóxicos nos rejeitos, remove metais em formas trocáveis da fase sólida, em solução no solo e parte dos complexos (Abreu et al.,2002). Além disso, a saturação de Na encontrada nas amostras de rejeitos de minério de ferro foi equivalente à encontrada em solos salinos (Tomé Júnior, 1997).

Segura et al. (2016) realizaram testes de germinação com cebola (*Allium cepa*) utilizando os rejeitos coletados na mesma área e observaram citotoxicidade nas amostras. O mesmo foi observado com arroz por Andrade et al. (2018). Elementos

como Al, Zn, Fe e Cr liberados no ambiente podem induzir genotoxicidade (De Souza Pohren et al., 2013; Meyer et al., 2015).

As características físicas e químicas do rejeito de minério de ferro não conferem boas condições de desenvolvimento de vegetação, ja que os teores de nutrientes e matéria orgânica são extremamente baixos.No entanto o composto orgânico utilizado no experimento apesar de apresentar baixo teor de P, possui elevado teor de matéria orgânica e CTC, e, assim, pode fornecer nutrientes às plantas avaliadas e melhorar as condições estruturais do solo.

Tabela 1: Análises químicas das amostras de composto orgânico do CEFET-MG e do rejeito de minério de ferro da barragem de Fundão.

		Composto orgânico	**Rejeito de minério de ferro**
pH		6,95	8,0
CTC	$Cmolc.dm^{-3}$	780	-
MO	$g.kg^{-1}$	230	10,6
C		134	6,2
N		22	0,6
P		0,2	0,009
K		3,5	0,00003
Ca		34,9	0,32
Mg		2,6	0,002
S		ND	ND
B		0,12	-
Cu		0,01	0,001
Fe		ND	0,164
Mn		0,42	0,176
Zn		0,07	0,002
Na		ND	0,050
Al		-	0,003

Nota: CTC - Capacidade de Troca Catiônica; MO - Matéria Orgânica; ND - Não Detectado; (-) Não Determinado. Composição do minério de ferro: 89,22% areia; 7,04% silte; 3,74% argila.

Fonte: Laboratório Oficial de Fertilizantes e Correlatos de Varginha e Laboratório de Análise de Solo do Instituto Mineiro de Agropecuária – MAPA, 2017.

4.6 Crescimento das plantas, produção de biomassa e colonização de micorrizas

Para as espécies estudadas (*C. zizanoides, C. winterianus* e *C. citratus*), os parâmetros analíticos apresentaram diferenças significativas em resposta à aplicação das doses crescentes de composto orgânico. Para a dose mais alta (2 $kg.planta^{-1}$) as três espécies apresentaram produção de matéria fresca aérea (MFA) igual a: 126, 127

e 122 g.planta^{-1} para (*C. zizanoides, C. winterianus* e *C. citratus*), respectivamente. Por outro lado, a matéria fresca dos valores radiculares (MFR) de *C. zizanoides*, *C. winterianus* foi (175 e 140 g.planta^{-1}, respectivamente) e superior ao valor de *C. citratus* (84 g.planta^{-1}). (Tabela 2)

As espécies *C. zizanoides e C. winterianus* apresentaram MFA para as diferentes doses estatisticamente diferentes, e superior conforme aumento das doses. Para a *C. citratus* houve diferença significativa apenas na maior dosagem com relação as demais doses. O mesmo aconteceu para a MFR.

Para a *C. zizanioides* houve diferença significativa apenas entre a menor e e a maior dose. Já para a *C. winterianus* entre a menor e as doses 1 e 2 kg.

Tabela 2: Produção de biomassa Massa fresca aérea (MFA) e Massa fresca radicular (MFR) em relação a dosagem de composto orgânico.

	Média					
Dose composto orgânico (Kg)	**MFA-CW**	**MFA-CC**	**MFA-CZ**	**MFR-CW**	**MFR-CC**	**MFR-CZ**
0	17,48 a	19,80 a	18,59 a	15,18 a	13,69 a	30,23 a
0,5	52,7 b	23,16 a	59,66 b	58,64 ab	17,44 a	85,55 ab
1	79,39 c	29,89 a	83,25 c	107,04 b	28,46 a	119,4 bc
2	126,63 d	122,02 b	125,85 d	140,25 b	83,51 b	174,53 c

Nota: Médias seguida de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

Para o teor de matéria seca, na maior dose de composto orgânico, os resultados observados para a parte aérea (MSA) foram 54, 45 e 42 g.planta^{-1}, para a parte radicular (MSR) foram 67, 42 e 28 g.planta^{-1} para (*C. zizanoides, C. winterianus* e *C. citratus*) respectivamente (Tabela 3). Os resultados para a análise de variância coincidiu com os encontrados para a matéria fresca.

Tabela 3: Produção de biomassa MSA e MSR em relação a dosagem de composto orgânico.

	Média					
Dose composto orgânico (Kg)	**MSA-CW**	**MSA-CC**	**MSA-CZ**	**MSR-CW**	**MSR-CC**	**MSR-CZ**
0	11,38 a	8,88 a	11,99 a	9,34 a	5,81 a	14,88 a
0,5	23,88 b	9,91 a	28,17 b	20,3 ab	8,50 a	33,86 a
1	32,44 c	10,26 a	38,53 c	34,42 ab	9,09 a	43,99 ab
2	44,8 d	41,84 b	54,01 d	42,03 b	27,75 b	66,75 b

Nota: Médias seguida de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

De acordo com a análise de variância, não houve interação entre as doses de composto orgânico e o uso micorrizas. No entanto, houve diferenças significativas para o efeito isolado tanto do composto quanto do uso de micorrizas, pelo teste Tukey para $P<0,05$.

O composto orgânico promoveu o crescimento das plantas em todas as doses (0,5; 1 e 2kg. planta^{-1}). A produção de biomassa da parte aérea foi muito semelhante para *C. zizanioides, C. winterianus* e *C.citratus*. Entretanto, na dose testada mais alta do composto orgânico, a matéria seca total do *C. Zizanioides* foi 4,5 vezes maior que a de controle (crecendo apenas no rejeito), enquanto para *C.winterianus* e *C. Citratus* foi de 3,8 e 2,8 vezes maior que a de controle, respetivamente.

Kumar e Maiti (2015), utilizando doses crescentes de composto orgânico, verificou que as biomassas total e seca da parte aérea de *C.citratus* e *C. zizanioides* foram significativamente alteradas com a adição de fertilizantes orgânicos. A biomassa seca total (g.planta^{-1}) de *C. citratus* e *C. zizanioides* foi baixa nas amostras de controle, enquanto a produção de biomassa aérea para todos os níveis de dosagem do composto orgânico foi significativamente maior.

Das e Maiti (2009) verificaram que aplicação de estrumes e misturas solo-adubo resultou em um aumento significativo do pH, condutividade elétrica, carbono orgânico, capacidade de troca catiônica e estado nutricional das plantas que crescem em rejeito de Cu.Nesse trabalho, as plantas cultivadas em rejeito fertilizado com estrume, apresentaram menor teor de Cu e Ni, mas maior de Mn, Zn e aumento da biomassa vegetal proporcionalmente às doses de adubação e misturas solo-adubo, nesse experimento a espécie *C. Citratus* produziu mais biomassa que a *C.zizanioides*.

As amostras apresentaram para diâmetro, altura e número de perfilhos para a maior dose testada de composto orgânico que *C. zizanioides* e *C. winterianus* ultrapassarm 1m de altura , enquanto de *C. citratus* foi de 0,71 m. Os diâmetros dos perfilhos foram 16,16 e 21 mm e número de perfilhos por planta foram 6; 6 e 5,4 para *C.zizainoides*, *C.winterianus* e *C. citratus*, respectivamente.

Em relação ao diâmetro para as espécies *C. winterianus e C.zizanioides* houve diferença significativa apenas em relação a dose de controle e e as demais doses. O mesmo foi encontrado para a altura. O número de perfilhos para as três espécies se diferenciaram estatisticamente entre a dosagem maior e as demais doses.

Tabela 4: Crescimento acumulativo das plantas (diâmetro, altura e número de perfilhos), em relação a dosagem de composto orgânico.

		Média		
	Dose de composto orgânico (Kg)	**Diâmetro (mm)**	**N° de perfilhos**	**Altura (cm)**
C. winterianus	0	7,55 a	1,37 a	69,06 a
	0,5	14,41 b	3,00 a	106,79 b
	1,0	15,32 b	3,12 a	110,95 b
	2,0	16,03 b	6,00 b	111,53 b
C.zizanioides	0	8,63 a	1,57 a	78,93 a
	0,5	14,41 b	3,00 a	106,79 b
	1,0	15,32 b	3,12 a	110,95 b
	2,0	16,03 b	6,00 b	111,53 b
C.citratus	0	7,99 a	0,87 a	31,00 a
	0,5	9,89 a	1,13 a	40,48 a
	1,0	10,89 a	1,63 a	51,31 a
	2,0	20,54 a	5,38 b	71,33 a

Nota: Médias seguida de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

Neste experimento, observou-se que as micorrizas permitiram o aumento da produção de matéria fresca e seca das partes aéreas e raízes das espécies *C. zizanioides* e *C. citratus*, mas não para a *C. winterianus*. Por outro lado, não houve resultados significativos para altura, diâmetro e número de perfilhos relacionados ao uso de micorrizas (Tabela 5). A inoculação micorrízica melhorou a produção de biomassa, especialmente em *C. zizanioides*, que apresentou resultados mais expressivos que as outras duas espécies.O crescimento e a produtividade de diversas culturas de campo têm sido observados pela colonização de raízes de fungos micorrízicos (Tabela 5).

Vários estudos mostraram que a fertilização com composto orgânico associado a micorrizas promove o crescimento das plantas. Kohler et al. (2015) demostraram que a combinação de fertilizantes orgânico e fungo arbuscular micorrízico é um mecanismo adequado para o fito-gerenciamento de rejeitos minerários, embora sua eficácia seja dependente da dose do fertilizante. Em um experimento comparando a adubação com NPK, Ucker (2013) observou que as amostras com adubação orgânica (2,5 L. planta^{-1}) apresentou maior produção de matéria seca aérea , diâmetro e altura em plantas de *C.winterianus*.

Tabela 5: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação presença ou não de micorrizas com a MFA, MFR, MSR, diâmetro, n° de perfilhos e altura.

		Média						
Espécies	**Micorrizas**	**MFA**	**MSA**	**MFR**	**MSR**	**Diâmetro**	**N° de perfilhos**	**Altura**
C. zizanioides	Não	65.6 b	29.86 b	83.73 b	32.7 a	15.74 a	6.12 b	125.25 a
	Sim	78.07 a	36.5 a	121.12 a	47.04 a	17.14 a	7.69 a	128.35 a
C. winterianus	Não	68.20 a	25.94 a	75.25 a	24.89 a	12.82 a	3.19 a	98.62 a
	Sim	68.80 a	29.60 a	84.35 a	27.56 a	12.83 a	3.56 a	100.56 a
C. citratus	Não	68.40 b	27.09 b	49.24 b	18.24 a	19.20 a	3.12 a	77.17 a
	Sim	102.41 a	35.45 a	75.84 a	26.62 a	21.08 a	4.03 a	80.48 a

Nota: Médias seguida de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

Akhzari et al.(2018) obtiveram melhores rendimentos de vermicompostagem associado a micorrizas para *C.zizanioides.* Raízes micorrízicas podem explorar mais volume do solo devido às suas hifas extramatriciais que facilitam a absorção e translocação de mais nutrientes do que plantas não micorrízicas. As micorrizas também podem aumentar a disponibilidade e o fornecimento de íons de difusão lenta, como fosfato para a planta (Nadeem et a.,2014).

Constatou-se nesse experimento que, em relação a colonização de micorrizas não houve diferença significativa entre as doses de composto orgânico. Porém, para *C. zizanioides*, o uso de composto orgânico favoreceu a colonização por micorrizas. Também observou-se houve diferenças significativas entre as espécies e entre adição ou não de micorrizas

Afek et al.(1990) e Angelini et al. (2012) afirmam que a a colonização micorrízica pode ser afetada pela espécie vegetal, idade da planta, densidada das

raízes, dos propágulos de FMA entre outros fatores. De acordo com Ramos, et al. (2012) a colonização micorrízica é influenciada pela interação entre as plantas.

Graham et al. (1982) e Santos et al. (2018) relatam que a baixa percentagem de colonização de fungos micorrízicos pode apresentar alta eficiência micorrízica, ou seja, a menor colonização pode influenciar positivamente o desenvolvimento vegetativo da planta hospedeira. Observou-se neste experimento que em geral todas as espécies apresentaram baixa percentagem de colonização de micorrizas, o menor valor encontrado foi para a *C. zizanioides*, que apresentou por sua vez diferença significativa no teste de Tukey para P<0,05 em relação as demais espécies (Tabela 6).

Tabela 6: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação entre a média de percentagem de colonização de micorrizas e espécies

Espécies	**Média**
C.zizanioides	12,99 a
C.winterianus	16,60 b
C.citratus	16,00 b

Nota: Médias seguida de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

As gramíneas favorecem uma maior esporulação de fungos micorrizicos, por apresentarem sistema radicular abundante e de rápido crescimento, com melhor aderência entre raízes e propágulos de FMAs e grande capacidade de fornecer fotossintatos ao fungo (Daniels et al, 1986 e Angelini et al, 2012). Não foi possível avaliar a importância da associação micorrízica para as gramíneas, em especial para a C. zizanioides, pois apesar de ter apresentado a menor percentagem de colonização de FMA, essa espécie vegetal apresentou melhores condições de desenvolvimento.

Acredita-se que a adição do coquetel de micorrizas nas amostras, contribuiu para a maior colonização das raízes. Costa et al. (2002) afirma que tratamentos inoculados as médias da porcentagem de colonização MA são maiores, mas O'Donnell et al. (1992), realizou estudos onde a inoculação com FMA não afetou a percentagem de colonização das raízes.

Tabela 7: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação entre a média de percentagem de colonização de micorrizas e a inoculação ou não de micorrizas.

Micorrizas	Média
Não	14,27 a
Sim	16,13 b

Nota: Médias seguida de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

Em relação a espécie e dose, observou-se efeito significativo apenas para a espécie *C.zizanioides* em relação a dose de controle e as demais (Tabela 8). Entre as doses de composto orgânico (0,5;1 e 2kg) não houve interação significativa. Soares et al. (2017) evidenciaram em estudo com FMA e composto orgânico no crescimento e nutrição de mudas de sisal, que a adição de composto orgânico estimulou a colonização radicular das mudas de sisal pelo fungo *C. etunicatum*. Outros estudos também evidenciam o aumento da colonização radicular de FMA com a adição de composto orgânico, segundo Junior et al. (2012) a colonização das raízes de mudas de melão pelos fungos G. clarum e G. intradices aumentou após a adição de composto orgânico.

Tabela 8: Resultado análise de variância pelo teste Tukey, relação entre a média de percentagem de colonização de micorrizas e espécies

Espécies	Dose (kg)	Média
C.zizanioides	0	9.03 a
	0,5	13,42 b
	1,0	14.49 b
	2,0	15.05 b

Nota: Médias seguida de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

Geralmente, plantas com raízes superficiais, por exemplo, gramíneas, são apropriadas para remediação, quando a contaminação está na superfície do solo. No entanto, entre as gramíneas, o vetiver parece ser a grama aromática mais adequada para a remediação de contaminantes superficiais e profundos do solo devido ao seu sistema bom e profundamente enraizado, que penetra profundamente no solo devido a sua taxa inicial de crescimento de 0,03 $m.dia^{-1}$ alcançando mais de 2 m em apenas seis meses e 6 m em três anos (Lavania e Lavania,2009). Esta é uma das características mais relevantes desta espécie, o que a torna mais adequada para a contenção de processos erosivos (Tesfaye et al.,2018).

4.7 Concentração de elementos inorgânicos potencialmente tóxicos na parte aérea das plantas

As análises dos níveis de elementos potencialmente tóxicos foram feitas apenas nos tecidos da planta de controle e da maior dose de composto orgânico (2 kg.planta^{-1}). (Tabela 9)

Tabela 9: Níveis de elementos potencialmente tóxicos (mg.kg^{-1}) em partes aéreas das espécies C*. zizanioides, C. winterianus* e *C. citratus*, sem e com adição de composto orgânico e micorrizas.

Espécie	Dose	Micorrizas	Cu	Mn	Zn	Fe	Cd	Cr	Pb	Na
C. citratus	0	Sim	0,41	95,71	13,05	1249,83	nd	10,7	11,93	192
		Não	nd	104,9	7,69	912,13	nd	9,85	52,75	175,8
	2	Sim	0,56	95,84	26,97	695,18	0,09	7,92	29,1	192,2
		Não	0,26	90,26	25,96	697,22	0,57	6,7	22,82	165,6
C. winterianus	0	Sim	0,63	115,02	9,04	1357,9	0,09	7,9	15,87	175,8
		Não	nd	107,95	9,66	1385,48	0,32	11,47	21,03	166,9
	2	Sim	1,7	43,68	30,52	937,79	0,58	7,04	28,28	183,1
		Não	1,05	51,99	30,17	940,53	0,95	6,21	20,04	183,1
C. zizanioides	0	Sim	0,84	133,24	10,28	537,42	0,91	11,8	23,1	207,7
		Não	1,2	172,75	9,9	467,45	1,16	11,8	29,04	215,8
	2	Sim	1,34	65,2	22,9	308,34	1,53	8,44	30,28	167,4
		Não	0,55	74,5	27,61	574,32	1,74	10,94	26,99	183,3

Os teores encontrados na parte aérea das plantas não são tóxicos às plantas em geral, pois estão abaixo dos limites de toxicidade de 5.300 mg.kg^{-1} de Mn, 15 a 30 mg.kg^{-1} de Cu, 100-700 mg.kg^{-1} de Zn, 5 a 10 mg.kg^{-1} de Cd, 1 a 2 mg.kg^{-1} de Cr e 10 a 20 mg.kg^{-1} de Pb (White e Pongrac, 2017). No entanto, o pH do rejeito foi muito alto e pode ter contribuido para a diminuição da absorção desses elementos. A disponibilidade de elementos minerais tóxicos é relativamente baixa em valores de pH variando de 6,5 a 7, porque a mobilidade desses elementos na maioria dos solos, diminui com o aumento dos valores de pH próximos à neutralidade, devido à precipitação de formas insolúveis, como hidróxidos, carbonatos e complexos orgânicos (Tavares et al., 2013).

No entanto, os teores de Fe foram muito elevados, mas abaixo dos níveis verificados nas plantas consideradas hiperacumuladoras para Fe (White e Pongrac, 2017; Houzelot et al.,2018). Nas plantas não hiperacumuladoras, grandes quantidades de oligoelementos se ligam à parede celular ou aos exsudatos das

células radiculares, enquanto pequenas quantidades são absorvidas pelas raízes (Chandra et al., 2018). Entretanto, um fato importante na avaliação da eficiência de absorção de cada espécie do excesso de elementos minerais tóxicos no solo é avaliar a quantidade retida em relação à matéria seca da planta. As plantas hiperacumuladoras possuem baixa produção de biomassa e alto acúmulo de elementos tóxicos e aquelas que produzem mais biomassa, acumulam menos que as hiperacumuladoras. A razão para diferenciar esses tipo de plantas é devido ao fato que o acúmulo de elementos tóxicos em si não é importante o suficiente, mas também a produção de biomassa da espécie, já que a extração por área é o resultado desejado (Tavares et al.,2013).

Neste estudo, pode-se observar que os níveis de Fe e Mn encontrados na parte aérea das plantas fertilizadas com composto orgânico foram menores do que aquelas sem fertilização, ou seja, crescendo apenas no rejeito de minério de ferro. (tabela 9). Os níveis de matéria orgânica e de CTC no rejeito foi extremamente baixo. No entanto, no composto orgânico, esses níveis eram altos. Na ausência de outros câtios nos rejeitos, a matéria orgânica do composto já na forma húmica, pode ter complexado o Fe e o Mn disponíveis, devido às cargas negativas da dissociação H dos grupos COOH ou complexos metalogênicos (Dick et al.,2009).

Nas plantas adubadas com a maior dose do composto orgânico, os teores de Fe nas partes aéreas de C*. zizanioides, C. winterianus* e *C. citratus* foram 12, 31 e 36%, respectivamente, inferiores aos níveis encontrados nas plantas que cresceram apenas nos rejeitos. Para os níveis de Mn, as reduções foram 54,57 e 7%, respectivamente, inferiores também aos níveis encontrados nas plantas que cresceram apenas nos rejeitos. Por sua vez, a *C. zizanioides* também apresentou redução de 17% no teor de Na, diferentemente da *C. winterianus* e *C. nitratus*, para os quais os níveis não parecem ter sido influenciados pela adubação orgânica. Os níveis de Zn foram provavelmente influenciados pela adubação orgânica, uma vez que os teores desses nutrientes nos rejeitos foram muito baixos. Para os metais (Cu,Cd,Cr,Pb) constatou-se que a adubação orgânica não interferiu nas três espécies. (Tabela 9).

Os níveis de Fe nos tecidos da parte aérea de *C. zizanioides* foram muito inferiores às outras espécies. Segundo Melato et al (2016) e Emamverdian et al. (2015), a *C. zizanioides* acumula grande quantidade de elementos tóxicos (metais) nas raízes e restringem sua translocação aos brotos. Os mecanismos de defesa

empregados pelo capim-vetiver contra esses elementos incluem: quelação de metais tóxicos por compostos fenólicos, glutationa transferases e tióis de baixo peso molecular, o seqüestro e acúmulo de metais dentro da parede celular.

Taiz et al. (2017) relataram que a produção de biomassa está associada à tolerância a contaminantes das espécies, obtida por meio de diferentes adaptações bioquímicas que permitem que a planta tolere altas concentrações desses elementos. Esta tolerância pode ser conseguida reduzindo o transporte de membrana, exclusão, formação de péptidos ricos em grupo tiol (fitoquelatinas e metalotioneínas), quelação por ácidos orgânicos e aminoácidos e especialmente a compartimentalização de metal em estruturas subcelulares tais como vacúolos.

A adubação orgânica nas *C. zizanioides* diminuiu a translocação de Na para a parte aérea, mas isso não foi observado em outras espécies. Não foi possível verificar a influência da inoculação com micorrizas no conteúdo de elementos potencialmente tóxicos presentes nas partes aéreas da espécie.

4.8 Concentração de macronutrientes nas partes aéreas das plantas

Os teores de macronutrientes (N, P, Ca, Mg e S) encontrados nos tecidos das partes aéreas foram baixos, insuficientes para uma boa nutrição e desenvolvimento, com exceção de K, segundo Fernandes (2006). No entanto, foi observado em *C. zizanioides* que, com exceção do Ca, os teores dos macronutrientes foram maiores nas plantas adubadas com o composto orgânico (Tabela 10).

Tabela 10: Teores de macronutrientes (mg.kg^{-1}) nas partes aéreas das espécies *C. zizanioides, C. winterianus* e *C. citratus*, sem e com adição de composto orgânico e micorrizas.

Espécies	Dose	Micorrizas	N	P	K	Ca	Mg	S
C. citratus	0	Sim	0,73	0,06	1,09	0,66	0,07	0,18
		Não	0,69	0,05	1,03	0,7	0,06	0,18
	2	Sim	0,87	0,1	1,3	0,82	0,23	0,18
		Não	0,87	0,15	1,6	0,67	0,21	0,18
C. winterianus	0	Sim	0,55	0,08	1	0,53	0,11	0,19
		Não	0,51	0,09	1,18	0,49	0,11	0,19
	2	Sim	0,92	0,14	1,02	0,63	0,26	0,23
		Não	0,73	0,16	1	0,66	0,27	0,24
C. zizanioides	0	Sim	0,49	0,08	1,11	0,47	0,13	0,27
		Não	0,5	0,08	1,21	0,55	0,14	0,29
	2	Sim	0,99	0,08	0,88	0,54	0,2	0,2
		Não	0,94	0,11	1,39	0,48	0,22	0,24

Obs: Dose (kg composto orgânico. planta^{-1})

O baixo teor de matéria orgânica nos solos é uma das principais razões para deficiências nutricionais em plantas. Um dos valores desejados para alguns fertilizantes orgânicos é que eles também contribuem para os componentes orgânicos do solo, melhorando assim a friabilidade, a capacidade de retenção de água, a capacidade de troca de cátions do solo com a formação de húmus, um subproduto da decomposição da matéria orgânica, bem como a adição de nutrientes vegetais que contribuirão para o estado de fertilidade do solo. O ciclo de N especificamente está altamente relacionado com a matéria orgânica no solo e sua decomposição por microorganismos liberando as formas N inorgânicas (NH_4^+ e NO_3^-), que são absorvidas pelas raízes, além da fixação biológica do nitrogênio.

O uso de fertilizantes sintéticos, como o NPK, nas áreas afetadas, despende de alto custo econômico e por serem concentrados necessitam ser solubilizados implicando facilmente na sua perda (Lal e Stewart, 2018), e contribuindo muito pouco para a manutenção desses elementos no solo e à reconstrução das características físicas, químicas e biológicas. O uso destes produtos não podem excluir o uso de matéria orgânica.

4.9 Potencial para a produção de óleos aromáticos e fonte de renda

Segundo IAC (2014), *C. winterianus* e *C. citratus* podem ser colhidos duas ou três vezes por ano para a extração de óleos essenciais e produzir 80 a 120 e 100 a 250 kg.ha^{-1} por ano, respectivamente. As raízes de *C. zizanioides* já podem ser colhidas após 18 a 20 meses e produzir 60 a 100 kg de óleo ha^{-1}. Outra alternativa é a produção de biomassa para combustão direta, gaseificação, suporte para obtenção de energia. A biomassa de partes aéreas de *C. zizanioides* produz entre 5 a 20 t.ha^{-1}, *C. winterianus* produziu 30 a 40 t.ha^{-1} e C.citratus 60 a 90 t. ha^{-1} por ano (Azambuja, 2011).

Não há informações recentes sobre o mercado de óleos essenciais dessas espécies no Brasil. Bizzo et al. (2009) relata que entre as indústrias produtoras desses óleos no Brasil, é possível citar a empresa Raros que produz e beneficia óleos essenciais. Os principais óleos essenciais produzidos pela empresa em 2008 são o vetiver - *C. zizanioides* (24 t.ano^{-1}), capim-limão - *C. citratus* (4 t.ano^{-1}). A produção desses óleos é exportada.

O fitomanejo é baseado na combinação de produtos agropecuários rentáveis como opções de remediação sustentáveis, levando não apenas à redução de contaminantes, mas também à restauração e/ou geração de ganho econômico e outros serviços de local mais amplos. A remediação sustentável envolve muitas tecnologias, incluindo os métodos de remediação acima mencionados baseados no uso de plantas, fungos e / ou bactérias, com ou sem a adição de fertilizantes (Mani e Kumar 2014; Cundy et al., 2016; Thirkell, Cameron, Hodge, 2016).

Embora a fitorremediação tenha como objetivo fornecer mitigação de risco, o fitomanejo estimula o uso de remediação sustentável como parte de uma gestão integrada, na qual, juntamente com a mitigação de riscos, a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais com valor para a humanidade, também é levada em consideração. Assim, a relação custo-benefício esperada é menor com abordagens de fitorremediação. Uma componente chave do fitomanejo é que ele deve custar menos do que outras tecnologias de remediação ou fortificação ou ser uma operação lucrativa, produzindo produtos de biomassa vegetal. Assim, o objetivo do fitomanejo é produzir receita econômica em uma terra contaminada sem causar efeitos prejudiciais à saúde humana e a natureza (Evangelou et al., 2015).

5 CONCLUSÃO

O *C. zizanioides* seria a espécie mais recomendada para conter os rejeitos na área atingida, evitando que eles sejam arrastados para os rios devido ao seu sistema radicular muito vigoroso. Suas partes aéreas podem ser utilizadas para produção de óleo ou biomassa e suas mudas são de fácil obtenção na região. O uso de matéria orgânica desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento das plantas. Insumos constantes de matéria orgânica na área proporcionarão maiores ganhos em biomassa vegetal e produção de óleo.

No entanto, mais estudos ainda são necessários, especialmente os testar as espécies em condições de campo ou associá-las a outros fertilizantes orgânicos e / ou organo-minerais (com diferentes doses), bem como utilizá-las em combinação com as espécies de Fabaceae. Outros estudos podem verificar as concentrações de metais tóxicos na rizosfera da espécie e avaliar sua produção de óleo essencial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, C.A., Abreu, M.F., Berton, R.S., 2002. Chemical analyzes of soil for toxic mineral elements. In: Alvarez, V.H., Schaefer, C.F.G.R., Bastos, N.F., Mello, J.W.V., Costa, L.M. (Eds.), Topics in Soil Science, vol. 2. Brazilian Society of Soil Science, Viçosa, pp. 645-692.

Akhzari, D., Kalantari, N., Mahdavi, S., 2018. Studying the effects of mycorrhiza and vermicompost fertilizers on the growth and physiological traits of Vetiver Grass (Chrysopogon zizanioides L.). Desert 23 (1), 57-62.

Alcântara et al., Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. Revista Brasileira de Geociências. 41(3): 539-548, setembro de 2011.

Alvarenga, P., Gonçalves, A.P., Fernandes, R.M., de Varennes, A., Vallini, G., Duarte, E., Cunha-Queda, A.C., 2009. Organic residues as immobilizing agents in aided phytostabilization: (I) effects on soil chemical characteristics. Chemosphere 74, 1292-1300.

Andrade, G.F., Paniz, F.P., Martins Jr., A.C., Rocha, B.A., da Silva Lobato, A.K., Rodrigues, J.L., Cardoso-Gustavson, P., Masuda, H.P., Batista, B.L., 2018. Agricultural use of Samarco's spilled mud assessed by rice cultivation: a promising residue use? Chemosphere 193, 892-902.

Angelini, et al. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. Semina: Ciência Agrárias, 2012. ISSN 1676-546X.

Azambuja, W., 2011. Chemistry of essential oils and CAS number. Available at: http// oleosessenciais.org/category/padroes_tipos/padroes/q_t_padroes/timol/. (Acessado em 26 de junho 2018).

Babu, A. Giridhar; Reddy, M. Sudhakara. (2011) .Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and nutrient status of bermudagrass grown in alkaline bauxite processing residue. Environmental Pollution 159. 25-29.

Banerjee, R., et al., 2016. Vetiver grass: an environment clean-up tool for toxic mineral elements contaminated iron ore mine-soil. Ecol. Eng. 90, 25-34.

Banning, N.C., Philips, I.R., Jones, D.L., Murphy, D.V., 2010. Development of microbial diversity and functional potential in bauxite residue sand under rehabilitation. Restoration Ecology 17, 350-358.

Barbosa, Michele C. R.; Lima, Hernani M.;Resistência ao cisalhamento de solos e taludes vegetados com capim vetiver. Ver. Brasileira de Ciência do Solo, 37:113-120.2012.

Baser, K.H.C., Buchbauer, G. (Eds.), 2015. Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. CRC Press. Bizzo, H.R., Hovell, A.M.C., Rezende, C.M., 2009. Essential oils in Brazil: general aspects, develop, ent and perspectives. New J. Chem. 32 (3), 588-594.

Batista, Junio O.S.; et al. Relatório Técnico: Utilização de Rejeito de Barragem de Minério de Ferro na Construção Civil. Relatório de Pesquisa em Ciência, Desenvolvimento e Tecnologia. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Abril, 2016.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990. 295p.

Bizzo, H.R., Hovell, A.M.C., Rezende, C.M., 2009. Essential oils in Brazil: general aspects, develop, ent and perspectives. New J. Chem. 32 (3), 588-594.

Blank A.F; Arrigoni Blank MF; Amancio V.F; Mendonça M.C; Santana Filho L.G.M. 2007. Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capim-limão. Horticultura Brasileira 25: 343-349.

Braga R. 1976. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. Fortaleza: UFC. 540p.

Branches, A.M.B.; Rodrigues, V.M. Análise da fitorremediação como método de recuperação de áreas degradadas pela mineração. In: Congresso Brasileiro de Mina, 2013.

Brasil, M. Luana; Pires, Victor. 2017. O que a lama nos deixou: reflexões sobre a tragédia de Mariana, a mídia e a mineração no Brasil. Chronique des Amériques. ISSN 2292-227X. Volume 17, número 3a, out 2017.

BRASIL, Mistério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos. Brasília, DF, 2017. 240 p.

Burges, A., Epelde, L., Benito, G., et al., 2016. Enhancement of ecosystem services during endophyte-assisted aided phytostabilization of metal contaminated mine soil. Sci. Total Environ. 562, 480-492.

Caldeira, M.V.W. et al. Composto orgânico na produção de mudas Aroeira-vermelha**.** Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. 2007.

Camargos, Ludmila Mª G. G.; Corrêa, Ricardo M.; Lacorte, Gustavo A.; Crescimento in vitro de Chrysopogon zizanioides (capim vetiver) e Cymbopogon winterianus (capim citronela) sob presença de metais pesados. VIII Semana de Ciência e Tecnologia, IFMG campus Bambuí. I Seminário dos Estudantes de Pós-Graduação, 2015.

Cândido, et al.;Técnicas Básicas em Micorrizas Arbusculares.Lavras: Ed. UFLA,2017. 132p.: il.

Carmo, F.F., Kamino, L.H.Y., Junior, R.T., et al., 2017. Fundao tailings dam failures. The environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. Perspect. Ecol. Conserv. 15 (3), 145-151.

Carmo, F.F., Kamino, L.H.Y., Junior, R.T., et al., 2017. Fundao tailings dam failures. The environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. Perspect. Ecol. Conserv. 15 (3), 145-151.

Carvalho, M.S., Ribeiro, K.D., Moreira, R.M., de Almeida, A.M., 2017. Concentration of metals in the Driveriver in Mariana, Minas Gerais, Brazil. Acta Brasiliensis 1 (3), 37-41.

CFSEMG, 1999. Recommendations for Use of Correctives and Fertilizers in Minas Gerais, 5th approach. Viçosa, Viçosa, Ed.

Chandra, S., Gusain, Y.S., Bhatt, A., 2018. Metal hyperaccumulator plants and environmental pollution. In: Microbial Biotechnology in Environmental Monitoring and Cleanup, pp. 305-317.

Chang, Y., Corapcioglu, M. Y.(1998). Plant-enhanced subsurface bioremediation of nonvolatile hydrocarbons. Journal of Environmental Engineering, 112, 162–169.

Chaves, Aluísio. Andrade, Tiago. Capim Vetiver (Vetiveria zizanioides): Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas.Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 16 p.; 30cm. - (Programa Rio Rural. Manual Técnico; 39) Niterói-RJ 2013.

Costa et al., Influência da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, da acidez do solo e de fontes de fósforo no crescimento do milho.Maringá, v. 24, n. 5, p. 1583-1590, 2002.

Cundy, A.B., Bardos, R.P., Puschenreiter, M., et al., 2016. Brownfields to green fields: realising wider benefits from practical contaminant phytomanagement strategies. J. Environ. Manag. 184, 67-77.

Daniels-hetrick, b. A.; bloom, J. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia, New York, v. 78, n. 1, p. 32-36, 1986.

Das, M., Maiti, S.K., 2009. Growth of Cymbopogon citratus and Vetiveria zizanioides on Cu mine tailings amended with chicken manure and manure-soil mixtures: a pot scale study. Int. J. Phytoremediation 11 (8), 651-663.

De Souza Pohren, R., da Costa, T.C., Vargas, V.M.F., 2013. Investigation of sensitivity of the Allium cepa test as an alert system to evaluate the genotoxic potential of soil contaminated by toxic mineral elements. Water Air Soil Pollut. 224, 1460.

Dick, D.P., et al., 2009. Chemistry of organic matter. In: Melo, V.F., Alleoni, L.R.F. (Eds.), Soil Chemistry and Mineralogy. II. Applications. Publisher Soil Science Society of Brazil, Viçosa-MG, pp. 1-67.

Duarte, Anderson P.; Classificação das Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e de Resíduos industriais no Estado de Minas Gerais em Relação ao Potencial de Risco. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte MG, 2008.

Dushenkov, S., Mikheev, A., Prokhnevsky, A., et al., 1999. Phytoremediation of radiocesium-contaminated soil in the vicinity of Chernobyl, Ukraine. Environ. Sci. Technol. 33 (3), 469-475.

Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F., Xie, Y., 2015. Toxic mineral elements stress and some mechanisms of plant defense response. Sci. World J. 18.

EMBRAPA, 2015. Evaluation of the Impacts Caused to Soil by the Breakdown of Mining Reject Dam in Mariana, MG: Support to the Plan of Agricultural and Livestock Recovery [Technical Report]. Brazilian Agricultural Research Company, 20 pp.

EPA, 1999. Phytoremediation resource guide. Available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/phytoresgude.pdf. (Acessado em 12 março de 2018).

Epelde, L., Becerril, J.M., Mijangos, I., Garbisu, C., 2009. Evaluation of the efficiency of a phytostabilization process with biological indicators of soil health. J. Environ. Qual. 38, 2041-2049.

Epelde, L., Becerril, J.M., Mijangos, I., Garbisu, C., 2009. Evaluation of the efficiency of a phytostabilization process with biological indicators of soil health. J. Environ. Qual. 38, 2041-2049.

Evangelou, M.W., Papazoglou, E.G., Robinson, B.H., Schulin, R., 2015. Phytomanagement: phytoremediation and the production of biomass for economic revenue on contaminated land. In: Phytoremediation, pp. 115-132.

Farias, Carlos E. G. Mineração e o Meio Ambiente no Brasil. Relatório CGEE. Outubro de 2002.

Fernandes, M.S., 2006. Mineral Nutrition of Plants (No. 04; QK867, N8).

Ferreira, D.F., 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Cienc. agrotec. [online] 38 (2).

Filho, Joaquim N. S.;.Estudos de Reaproveitamento dos Resíduos das Barragens de Minério de Ferro para Uso na Pavimentação de Rodovias e Fabricação de Blocos Intertravados. Dissertação mestrado – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Belo Horizonte, outubro de 2013.

Gohre, V., Paszkowski, U., 2006. Contribution of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. Planta 223, 1115-1122.

Gomez-Sagasti, M.T., Alkorta, I., Becerril, J.M., 2012. Microbial monitoring of the recovery of soil quality during toxic mineral elements phytoremediation. Water Air Soil Pollut. 223, 3249-3262.

González Chávez, C.; Carrillo- González, R.; Wright , S.F. & Nichols, K.A. The role of glomalin, a protein produced by arbuscular mycorrhizal fungi in sequestering potentially toxic elements. Environ. Poll., 130:317-23, 2004.

Gratão, P.L. et al, (2005). Phytoremediation: green technology for the clean up of toxic metals in the environment. Brazilian, Journal of Plant Physiology, Brasília, v.17,n.1, p.53-64.

Gupta, A.K.; verma, S.K.;, khan K.; Verma, R.K.;. Phytoremediation using aromatic plants: a sustainable approach for remediation of heavy metals polluted sites. Environ Sci Technol 47(18):10115–10116. 2013.

Hernandez-Allica, J., Becerril, J.M., Zarate, O., Garbisu, C., 2006. Assessment of the efficiency of a metal phytoextraction process with biological indicators of soil health. Plant Soil 281, 147-158.

Hodkinson, I.D., Webb, N.R., Coulson, S.J., (2002). Primary community assembly on land e the missing stages: why are the heterotrophic organisms always therefirst. Journal of Ecology 90, 569-577.

Houzelot, V., Ranc, B., Laubie, B., Simonnot, M.O., 2018. Agromining of hyperaccumulator biomass: study of leaching kinetics of extraction of nickel, magnesium, potassium, phosphorus, iron, and manganese from Alyssum murale ashes by sulfuric acid. Chem. Eng. Res. Des. 129, 1-11.

IAC- Instituto Agronomico de Campinas Boletim 200, 2014. Instruçoes Agrícolas para as Principais Culturas Economicas. Available in:http://www.iac.sp.gov.br/ publicacoes/porassunto/pdf/boletim200_iac.pdf.(Accessed 5 May 2018).

IBAMA, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Rompimento da Barragem de Fundão destruiu 269 hectares. Janeiro de 2019.

IBAMA, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Rompimento da Barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em

Mariana/MG. Agosto de 2017.

IBAMA. Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. In: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Minas Gerais, 2015.

ICMBio-MMA/Coral Vivo Project, 2016. Samarco mud/feather impact assessment report on coastal and marine environments (ES and BA) with emphasis on conservation units, 1st soloncy moura research ship expedition from CEPSUL/ ICMBio. Brasília 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET (Belo Horizonte). Estação 83587-Belo Horizonte (Precipitação). 2017.

Junior, J.M.T.S, et al., Efeito de esterilização do substrato sobre o crescimento de mudas de meloeiro em presença de fungos micorrízicos arbusculares e composto orgânico. Revista Caatinha. V.25, n.1, p.98-103,2012.

Kohler, J., Caravaca, F., Azcon, R., Díaz, G., Rold an, A., 2015. The combination of compost addition and arbuscular mycorrhizal inoculation produced positive and synergistic effects on the phytomanagement of a semiarid mine tailing. Sci. Total Environ. 514, 42-48.

Kumar, A., Maiti, S.K., 2015. Effect of organic manures on the growth of Cymbopogon citratus and Chrysopogon zizanioides for the phytoremediation of ChromiteAsbestos mine waste: a pot scale experiment. Int. J. Phytoremediation 17 (5), 437-447.

Lal, R., Stewart, B.A. (Eds.), 2018. Soil Nitrogen Uses and Environmental Impacts. CRC Press, 400 pp.

Lavania, U.C., Lavania, S., 2009. Sequestration of atmospheric carbon into horizonsthrough deep-rooted grasses-vetiver grass model. Curr. Sci. 97, 618-619.

Leung Ho-Man, Wang Zhen-Wen, Ye Zhi-Hong, Yung Kin-Lam, Peng Xiao-Ling and CHEUNG Kwai-Chung. Interactions Between Arbuscular Mycorrhizae and Plants in Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils: A Review. *Pedosphere* 23(5): 549–563, 2013.ISSN 1002-0160/CN 32-1315/Pc_2013 Soil Science Society of China Published by Elsevier B.V. and Science Press.

Leung, H. M., Wu, F. Y., Cheung, K. C., Ye, Z. H. and Wong,M. H. 2010a. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate amendment on arsenic uptake, accumulation and growth of *Pteris Vittata* in As-contaminated soil. *Int. J. Phytoremediat.*12: 384–403

Leung, H. M., Wu, F. Y., Cheung, K. C., Ye, Z. H. and Wong,M. H. 2010b. Synergistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate rock on heavy metal uptake and accumulation by an arsenic hyperaccumulator. *J. Hazard. Mater.*181: 497–507.

Leung, H. M., Ye, Z. H. and Wong, M. H. 2006. Interactions of mycorrhizal fungi with *Pteris vittata* (As hyperaccumulator) in As-contaminated soil. *Environ. Pollut.* 139: 1–8.

Leung, H. M., Ye, Z. H. and Wong, M. H. 2007. Survival strategies of plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi on toxic mine tailings. *Chemosphere.* 66: 905–915.

Maia, F.F., 2017. Trace Elements in Sediments and Water Quality of Rivers Affected by the Rupture of the Fundao Dam in Mariana, MG [Thesis of Magister Sciencie], Viçosa-MG, 2017, 54 pp.

Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S., 1997. Evaluation of nutritional status of plants: principles and applications. In: Malavolta, Eurípedes, Cesar Vitti, Godofredo, de Oliveira, Sebastiao Alberto (Eds.), Piracicaba: Potafos.

Mani, D., Kumar, C., 2014. Biotechnological advances in bioremediation of toxic mineral elements contaminated ecosystems: an overview with special reference to phytoremediation. Int. J. Environ. Sci. Technol. 11, 843-872.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos.

Marco C.A; Innecco R.; Mattos S.H; Borges N.S.S; Nagao E.O. 2007. Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. Horticultura Brasileira 25:429-432.

Martinez, Maristela S.; Cruvinel, Daniela F. C.; Baratto, Danilo M. Avaliação da fitorremediação de solos contaminados com metais pelo capim braquiária e mostarda da Índia. Revista DAE. Artigo Técnico. nº191.janeiro-abril 2013.

Melato, F.A., Mokgalaka, N.S., McCrindle, R.I., 2016. Adaptation and detoxification mechanisms of Vetiver grass (Chrysopogon zizanioides) growing on gold mine tailings. Int. J. Phytoremediation 18 (5), 509-520.

Menescal, R. A; Miranda, A. N.; Pitombeira, E. S.; Perini, D. S. Prevenção de acidentes envolvendo barragens: Projeto de diagnóstico da segurança de barragens no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16. 2005.João Pessoa-PG, 2005.

Meyer, D.D., Da Silva, F.M.R., Souza, J.W.M., Pohren, R.S., Rocha, J.V., Vargas, V.M.F., 2015. Pointing to potential reference areas to assess soil mutagenicity. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 22, 5212-5217.

Minas Gerais. Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG. Governo do estado de Minas Gerais Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana. Belo Horizonte. Fevereiro de 2016.

Miyasaka, S.; Nakamura, Y.; Okamoto, H. Agricultura natural. 2. ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, 1997. 73 p. (Coleção agroindústria).

Nadeem, S.M., Ahmad, M., Zahir, Z.A., Javaid, A., Ashraf, M., 2014. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnol. Adv. 32 (2), 429-448.

Newman, L., Strand, S., Choe, N., et al., 1997. Uptake and biotransformation of trichloroethylene by hybrid poplars. Environ. Sci. Technol. 31 (4), 1062-1067.

O'Donnell, J.J. et al. Inoculation of Vigna parkeri with mycorrhizal fungi in an acid Florida spodosol. Trop. Grassl., St Lucia, v.26, p.120-129, 1992.

Pajevic, S., Borisev, M., Nikolic, N., Kristic, B., Pilipovic, A.,; Orlovic, S. (2009). Phytoremediation capacity of poplar (Populus spp.) and willow (Salix spp.) clones in relation of photosynthesis. Archives of Biological Science Belgrade, 61(2), 239-247 doi: 10.2298/ABS0901239P.

Phieler, R, Voit A, Kothe E. 2013. Microbially supported phytoremediation of heavy metal contaminated soils: Strategies and applications. Adv Biochem Engin Biotech DOI: 10.1007/10_2013_200.

Pires, F.R et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. Planta daninha, vol.21; N° 2 Viçosa Maio/Agosto 2003.

Ramos, et al., Diversidade de fungos micorrízicos e colonização radicular, em forrageiras solteiras e em consórcio com milho. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 235-244, Mar./Apr. 2012.

Robinson, B.H., et al., 1998. The potential of Thlaspi caerulescens for phytoremediation of contaminated soils. Plant Soil 203 (1), 47-56.

Rocha S.F.F.; Ming I.C.; Marques, M.O.M.; 2000. Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela Cymbopogon winterianus Jowitt. Revista Brasileira de Plantas Medicinais 3: 73-78.

Salt, D.E., Smith, R.D., Raskin, I., 1998. Phytoremediation. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49, 643-668.

Santos et al., arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytic Fungi on the biomass development of vetiver grass[1]. Rev. Caatinga, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 602 – 611, jul.–set., 2018. ISSN 1983-2125.

Santos T.C; Arrigoni Blank M.F; Blank A.F. 2012. Propagação e conservação in vitro de vetiver. Horticultura Brasileira 30: 507-513

Santos, R. H. S.; Silva, F.; Casali, V. W. D.; Conde, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.1395-1398, 2001.

Schaefer, C.E.G.R., Santos, E.E., Fernandes Filho, E.I., Assis, I.R., 2016. Paisagens de lama: os Tecnosolo para recuperação ambiental de áreas afetadas pelo desastre da barragem ambiental, em Mariana. Boletim Informativo da SBCS 42 (1), 18-23.

Schneider, J., Bundschuh, J., do Nascimento, C.W.A., 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi-assisted phytoremediation of a lead-contaminated site. Sci. Total Environ. 572, 86-97.

Segura, F.R., Nunes, E.A., Paniz, F.P., Paulelli, A.C.C., Rodrigues, G.B., Braga, G.Ú.L., Batista, B.L., 2016. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). Environ. Pollut. 218, 813-825.

Silva, A.C., Cavalcante, L.C.D., Fabris, J.D., Júnior, R.F., Barral, U.M., de Melo Farnezi, M.M., Stumpf, H.O., 2016. Chemical, mineralogical and physical characteristics of the material accumulated in fluvial terraces originating from the mud stream from the dam rupture of iron mining tailings in Bento Rodrigues, Minas Gerais, Brazil. Privacy Policy j UFVJM 44-53.

Singer A.C.;, Crowley D.E.; Thompson I.P..;Secondary plant metabolites in phytoremediation and biotransformation. Trends Biotechnol 21(3):123–130.2003

Soares et al., Fungos micorrízicos arbusculares e composto orgânico no crescimento e nutrição de mudas Sisal.Revista Brasileira de Agroecologia. 12(1):002-009 (2017). ISSN:1980-9735.

Stumpf, L., et al., 2014. Perennial grasses for recovery of the aggregation capacity of a reconstructed soil in a coal mining area in southern Brazil. Rev. Bras. Ciencia ^ do Solo 38 (1), 327e335.

Szczygłowska, M., Piekarska, A., Konieczka, P., Namiesnik, J., 2011. Use of Brassica plants in the phytoremediation and biofumigation processes. Int. J. Mol. Sci. 12 (11), 7760-7771.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A., 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed, Porto Alegre, p. 888.

Tavares, Silvio R. L.; remediação de solos e água contaminadas por metais pesados. Conceitos básicos e fundamentos. Técnicas de Remediação.1°edição.Rio de Janeiro, 2013.147p.

Tesfaye, G., Debebe, Y., Yakob, T., 2018. Adoption and effect of vetiver grass (Vetiveria zizanioideSoiln soil erosion in somodo watershed, south-western Ethiopia. Open Access Libr. J. 5 (05), 1.

Thirkell, T.J., Cameron, D.D., Hodge, A., 2016. Resolving the ‘nitparadox ofdox'of arbuscular mycorrhizas: fertilization with organic matter brings considerable benefits for plant nutrition and growth. Plant Cell Environ. 39 (8), 1683e1690.

Tomé Júnior, J.B., 1997. Manual for Interpreting Soil Analysis. Book Publishing Agropecuaria.

Touceda-Gonzalez, M., Alvarez-L opez, V., Prieto-Fern andez, A., et al., 2017. Aided phytostabilisation decreases metal toxicity, improves soil fertility and enhances microbial activity in Cu-rich mine tailings. J. Environ. Manag. 186 (2), 301-313.

Trindade, Aldo V.; Faria, Nelita G.; Almeida, Florício P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízico.Pesq. Agropecuária brasileira. Brasília, v.35, n°7. P.1389-1394. Jul.2000.

Truong, P.; Van, T. T. & Pinners, E. Vetiver system applications: technical reference manual, 2.ed. Vietnam: The Vetiver Network International, 2008.

Ucker, A.P.F.B., 2013. Development of plants and production of essential oil of citronella (Cymbopogon winterianus jowitt) underfertilizations. In: 67 f. Dissertaçao (Mestrado em Agronomia: Solo e Agua) e Escola de Agronomia. Universidade Federal de Goias, Goiania, 2013.

Vamerali, T., Bandiera, M., Mosca, G., 2009. Field crops for phytoremediation of metal- contaminated land. A review. Environ. Chem. Lett. 8, 1e17.

Vasconcellos, Maria Cristina, Pagliuso Débora, Sotomaior, Vanessa Santos. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. Estud. Biol., Ambiente Divers. 2012 jul./dez., 34(83), 261-267.

Verma, S.K., Singh, K., Gupta, A.K., et al., 2014. Aromatic grasses for phytomanagement of coal fly ash hazards. Engineering 73, 425-428.

Volk, T.A., Daley, D.J., 2016. Sustainable Reuse Demonstration Project Using Short Rotation Woody Crops for Water Budget Honeywell Inc. Syracuse NY, 2003 e current.

Walker, L.. et al.; 2003. Colonization dynamics and facilitative impacts of nitrogen-fixing shrub in primary succession. Journal of Vegetation Science 14, 277e290.

Watanabe, M.E., 1997. Phytoremediation on the brink of commercialization. Environ. Sci. Technol. 31 (4), 182e186.

White, P.J., Pongrac, P., 2017. 12 heavy-metal toxicity in plants. Plant Stress Physiol. 2 (5), 300.

Wong, M.H., 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere 50 (6), 775e780.

Wu, F. Y., YE, Z. H., WU, S. C. and Wong, M. H. 2007. Metal accumulation and arbuscular mycorrhizal status in metallicolous and nonmetallicolous populations of *Pteris vittata* L.and *Sedum alfredii* Hance. *Planta.* 226: 1363–1378.

Wu, S.C., Wong, C.C., Shu, W.S., et al., 2010. Mycorrhizae-remediation of lead/zinc mine tailings using vetiver: a field study. Int. J. Phytoremediation 13 (1), 61e74.

Yuri, J.E.; Resende, G.M.; Rodrigues Júnior, J.C.; Mota, J.H.; Souza, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, jan-mar 2004.